

5 . 0

EV

EVALUATION OF  
LOW COST WATER FILTERS  
IN RURAL COMMUNITIES  
OF THE  
LOWER MEKONG BASIN

Dr. R.J. Frankel

Asian Institute of Technology

1974

255.0-74EV

II. 25.5  
(2nd copy)

255.0  
74EV

**Evaluation of Pilot Water Treatment Units Using  
Inexpensive Local Materials as Filter Media for Supplying  
Drinking Water to Rural Communities in the Lower Mekong Basin Countries**

**Richard J. Frankel, Ph.D.  
Project Director and Associate Professor  
Environmental Engineering Division  
Asian Institute of Technology**

conducted for

**The Committee for the Coordination of Investigations of the Lower Mekong Basin**

**Bangkok, Thailand**

**January, 1974**

## TABLE OF CONTENTS

	Page
I. INTRODUCTION	1
II. PILOT FILTER UNITS CONSTRUCTED AND OPERATED UNDER THE PROJECT	3
III. RESULTS OF PILOT PLANT OPERATIONS	9
A. Ban Som, Thailand	9
B. Kambaul, Khmer Republic	12
C. Hamlet Long Thong B, Viet-Nam	13
D. Ban Nong Suang, Thailand	14
IV. RESEARCH DEVELOPMENTS IN THE FIELD AND LABORATORY	16
A. Coagulation and Water Filtration Using Coconut Fiber as a Primary Filter Medium	16
1. Laboratory Research	16
2. Pilot Project Research	19
B. Analysis of Thai and Khmer Rice Husks when Burnt at Various Temperatures	20
V. SUMMARY AND FUTURE RESEARCH NEEDS	26
A. Summary of Findings	26
B. Research Needs	29
ACKNOWLEDGEMENTS	32
APPENDIX	34

## I. INTRODUCTION

This report describes the results of a program for testing the application of a new concept for the filtration of village water supplies derived from surface streams, canals, or ponds in Southeast Asia, including the installation and operation of full-scale pilot units in each of the four lower Mekong basin countries, together with supplemental laboratory testing and research.

The main problem in using surface waters for village water supplies in Southeast Asia is that these waters invariably contain sizeable concentrations of turbidity, mostly clay but also partially organic in nature. In the past the most feasible approach for removing the turbidity was to use the conventional rapid sand filtration process, which depends upon use of chemicals, sufficient to coagulate the turbidity particles, followed by gravity settling of the coagulated particles, and then sand filtration. Extensive experience in attempting to use this methodology in rural villages has proven this method to be unsuitable because of both technical complexities and expense.

The new methodology is a two-stage process wherein the water is first passed through shredded coconut fiber, which achieves an initial reduction in turbidity, then passed through burnt rice husks, which achieves the second or polishing stage. Generally no chemicals are needed, but in certain cases some chemical (at relatively low dosages) may be needed to enhance the removals by the coconut fiber in the first stage. The second stage, in addition to achieving removals by the process of filtration, appears to achieve additional removals through the

process of adsorption, much as is the case in the use of activated carbon. The two steps together provide a unique new approach to filtration technology which has potential for numerous uses, not only in water treatment, but in the processing of sanitary and industrial wastes, and in the entire field of industrial filtration including filtration of sugars, oils, pulps, soaps, etc.

The data reported herein are the results of the pilot plant testing program made possible through a research contract between the Mekong Committee and the Asian Institute of Technology signed on 31 July 1972 for US\$27,930. Financial assistance for the contract was received from the East Asia Research Program, Regional Economic Development Office, USAID. The objectives of the research project were to field test several filter units designed specifically for multiple households and small villages; to collect data on filter efficiencies, lengths of run and effluent quality, using a wide range of raw water sources; to study the operational problems of water treatment by these means associated with local village water use habits; to demonstrate the potential use of local materials in rural community water supply practice; and to test the acceptance of the treated water by the villagers. Pilot units were constructed in Thailand, Laos, the Khmer Republic and the Republic of Viet-Nam.

## II. PILOT FILTER UNITS CONSTRUCTED AND OPERATED UNDER THE PROJECT

The project funded the construction of one small village size filter unit in each of the four lower Mekong Basin countries and one large village size unit in Thailand. The first small size unit was located in Thailand in an effort to gain construction and operating experiences before building similar units in the other countries. Because of difficulties in coordination between the participating parties, the first unit at Ban Som, Changwat Korat, Thailand was not completed until February 1973. It was realized from this initial experience in Thailand that construction of the pilot units, responsibility for running the units, selecting personnel, etc. should be carried out by the host country if they were to benefit equally from the pilot studies and play the dominant role in obtaining villager cooperation. Subsequently, AIT supplied technical supervision and economic assistance only to each of the Ministries of Public Health in Laos, the Khmer Republic, and Viet-Nam. The pilot unit at Kambaul in the Khmer Republic was opened in April, followed by the unit at Hamlet Long Thong B in Viet-Nam in May. Unfortunate delays halted the completion of the pilot unit at Nong Tha Sonth in Laos until November after the official termination of the project.

Design improvements were made for the units in the Khmer Republic and in Viet-Nam as a result of findings from the previous pilot plant. Experience in use of less expensive materials and in simplifying operations were also achieved due to experiences gained in Thailand. The political situation in the Khmer Republic, Laos, and in Viet-Nam made

it difficult to obtain certain construction materials or to get the filter media which otherwise would be readily available. Unfortunately, hostilities in the Khmer Republic forced closing down the pilot unit for a period of time and prevented construction of a second pilot unit at Village Phoum Snor, Srok Samrong Tong, in Kampong Speu Province. Prior to completion of the project some 20 individual family size jar filters were constructed for testing at the refugee centers in and around Phnom Penh but unfortunately no operating data were received. Because the pilot unit in Laos was completed after the close of the project, no operating data were available for inclusion in the final report. However, sufficient funds were left with the Ministry of Public Health to operate the unit for 3 months.

The full scale large village size unit was completed in August at Ban Nong Suang, Changwat Korat, Thailand. Construction costs spiralled throughout the year due to a shortage of construction materials, particularly reinforcement steel bars, causing a long construction delay until a fixed cost contract was reached. The final construction costs were US\$4,000 more than estimated in the original project budget.

A summary of the pilot plant units, indicating their location, capacity, number of persons served and months of operation are listed in Table 1. Data on construction costs and initial operation costs of all the units are given in Table 2. For the small village units, the largest investment costs were the filter boxes, the pump, and the pipework. In all four countries the pumps were imported; in three of the four countries, the pipework was imported; however, in three of the

TABLE 1

Summary of Pilot Water Filter Installations in  
the Lower Mekong Basin Countries

Location of Pilot Plant Installation	Capacity m <sup>3</sup> /hr	Persons Served	Date of Official Opening	Months of Operation
Village Ban Som, Changwat Korat, Thailand	1.25	830	February 23, 1973	9
Village Kambaul, Kandal Province, Khmer Republic	1.50	800	April 11, 1973	<u>1/</u> 3
Hamlet Long Thong B, Village Long An, Dinh Thong Province, Viet-Nam	1.00-2.00	<u>2/</u> 200	May 12, 1973	6
Village Nong Tha Sonth, Tasseng Thong Toum, District Chanthaboury, Laos	1.25	500	<u>3/</u>	0
Village Ban Nong Suang, Changwat Korat, Thailand	15.0	5,000	<u>4/</u> September, 1973	1

- 1/ The unit at Kambaul was shut down officially in July because of insufficient raw water in the pond (which was almost dry in early June), inability of the operator to buy gasoline to operate the pump, and an influx of some 10,000 refugees living in temporary quarters throughout the village. The plant was reopened in late September when rainwaters had partially filled the pond.
- 2/ The unit was to be expanded to serve some 500 people starting November 1973. A distribution system and a large primary filter were constructed for the purpose.
- 3/ The unit was completed after numerous delays in November 1973. No operating data were thus available prior to the close of the project.
- 4/ The unit was not officially turned over to the provincial government, but was operated under AIT supervision to overcome operational problems.



TABLE 2

Summary of Construction and Operating Costs of the  
Pilot Water Filter Plants, in 1973 US Dollars

Location of Pilot Plant	Capacity m <sup>3</sup> /hr	Construction Costs 1/				Investment Cost per Capita	Village Operating Costs per month 2/	Operating Costs per Family per month 3/	
		Equipment and Materials		Transport	Labor				
		Local	Imported						Total
Ban Som, Thailand	1.25	330	74	105	126	635	0.80	26	0.30
Kambaul, Khmer Republic	1.50	105	124	4/ N.A.	11	240	0.30	26	0.35
Hamlet Long Thong B, Viet-Nam	1.00-2.00	373	60	28	64	525	1.10-2.60	5/ 20	0.50
Nong Tha Sonth, Laos	1.25	235	250	N.A.	N.A.	485	.95	N.A.	N.A.
Ban Nong Suang, Thailand	15.0	3,660	2,000	530	1,600	7,850	1.60	6/ 115	0.15

Notes: N.A. = not available

1/ Rates of exchange used were Baht 20.1 = US\$1.00; Riels 230 = US\$1.00; Piasters 450 = US\$1.00; and Kips 605 = US\$1.00.

2/ Based on one full time operator 8 hours per day operation, 30 days per month.

3/ Assuming on equal charge per family regardless of water use or number of family members.

4/ All construction labor and transport supplied free by Ministry of Public Health.

5/ Pilot unit was designed to serve 500 persons. An additional expenditure of only about US\$30.00 is needed to complete the distribution system to serve the other 300 persons. Hence the two values of per capita cost. The pilot unit in Viet-Nam includes a distribution system to public fountains throughout the village.

6/ Assuming "contact" filtration using 120 mg/l of alum as coagulant. Operating costs estimated.

four countries, the most expensive item, the filter boxes, were made locally.<sup>1/</sup> The support structure and storage tanks were always made of local materials. Hence, the local portion of the total investment cost varied from 45 to 85 percent.

For the large village size unit, the single most expensive imported item was the steel reinforcing bars. Essentially all other items were locally produced. The total unit costs (including all materials, equipment, labor and transport) ranged from \$0.30 to \$2.60 per capita. This is considerably less than the \$6.00 - \$8.50 per capita figure required to build conventional water treatment plants in Northeast Thailand.<sup>2/</sup>

Operating costs for all units remained low and varied between \$0.15 - \$0.50 per capita. These costs included labor, fuel, filter media replacement and pump repair (and in the special case of Ban Nong Suang, chemical costs). Even at the low levels of economic income found in these villages, villagers indicated their willingness

---

<sup>1/</sup> In Laos, the filter boxes were prefabricated galvanized iron water tanks imported from Thailand. The tanks were manufactured in Bangkok from imported galvanized iron sheets. Otherwise reinforced concrete water jars or pipe sections were used.

<sup>2/</sup> Athikomrungsarit, C. (1971) Benefits and Costs of Providing Potable Water to Small Communities in Thailand, Master's Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok. The values relate to water treatment plant costs only and would be considerably higher when adjusted to 1973 dollars.

and ability to pay for operation of the unit. In Ban Som, for example, the average water charge per family per month required to maintain the system was Baht 4 (US\$0.20). The average family income for comparison was Baht 2,000 (US\$100.00) per annum. When the village began to operate the system on their own and pay for total operating costs, the village headman set up a dual price system of Baht 5 per family per month after the rice crop was harvested and Baht 1.5 per family per month during the growing season when cash on hand was at a minimum. Insufficient time was available to observe how effectively the villagers would finance the system on their own. However, in comparison with other water systems operating in Northeast Thailand, the water charges needed to operate and maintain the water filter units were one-fourth to one-half the normal village rates charged in similar villages.<sup>3/</sup> A village wide survey made after 4 months of filter operation in Ban Som indicated that the average villager's willingness to pay was Baht 10 (US\$0.50) per family per month.

---

<sup>3/</sup> Frankel, R.J. (1973) Evaluation of the Effectiveness of the Community Potable Water Project in Northeast Thailand, Asian Institute of Technology Research Report submitted to the Environmental Health Division, Ministry of Public Health, Bangkok.

### III. RESULTS OF PILOT PLANT OPERATIONS

#### A. Ban Som, Thailand

Operation of the pilot filter unit at Ban Som was successful throughout the entire 9 months of operation. A summary table showing treatment efficiency in terms of removal of turbidity, apparent color, iron, and coliform organisms, as well as pH changes, is provided in the appendix for the 9 months period. The media were changed once (in June) after 590 hours of filter operation. The coconut fiber was washed in the raw water stream and reused in the filter. The burnt rice husks were replaced with additional burnt husks obtained from the rice mill outside of Korat. The same fiber and husks were still working effectively when the project came to a close on 31 October. Water quality of the treated water was excellent throughout the 9 months of operation and generally met the recommended WHO International Drinking Water Standards for clarity, color, odor, and taste. The bacteriological content of the treated water varied from 0-72 coliforms per 100 ml as measured by the Millipore filter test. Removals of coliform micro-organisms varied between 25 and 100 percent, with greater than 90 percent being most typical. Unfortunately, many field test results were discarded because of poor sampling or incubation techniques in the field.

Operational problems encountered included (1) insufficient treated water for the villagers, but the operator continued to operate only 4-5 hours per day rather than increase the number of hours of plant operation; and (2) three pump breakdowns, totalling 16 days of plant shut-

down, primarily due to the inability of the operator to repair the pump and his lack of tools to handle any such repairs. Tools were made available to him from project funds when the operating costs of the pilot unit became the complete responsibility of the village. An additional 3 day shutdown was incurred when the operator went into Bangkok on personal business, and neglected to appoint a fellow villager to run the unit during his absence.

Acceptance of the water supply by the villagers has been excellent throughout both the wet and dry seasons. In the dry season the filtered water was used exclusively for drinking and cooking. Villagers claimed they liked the taste of the water and had no complaints about taste or odor. The true test of acceptance was made during the rainy season to determine whether or not the villagers would use the filtered water as rain water equivalent. The results of a survey covering 100 families in the village are shown in Table 3. Eighty-three percent of the families continued to use the filtered water for drinking and cooking, and were using it for washing and bathing also knowing that sufficient rain water was available to meet all needs. Seventeen percent of the families were not using the filtered water because they had to walk too far to fetch the water (they lived close to the stream running by Ban Som) and had sufficient rain water storage to meet their drinking and cooking needs. In fact all families stated that during the rainy season they preferred rain water because they did not have to waste time in fetching the water (the villagers catch the rain water through roof gutters which convey the runoff to earthen or concrete storage jars).

TABLE 3

## RESULTS OF QUESTIONNAIRE ON FAMILY WATER USE

BAN SOM, CHANGWAT KORAT, SEPTEMBER 1973

(Questions posed to some 100 families during the Rainy Season)

- (1) How often do you use rain water for drinking?  
 - ... every day  
 - ... when it rains  
 100 ... until the supply is exhausted
- (2) During the rainy season do you use filtered water from the water project for drinking?  
 - ... every day  
 30 ... sometimes  
 53 ... only when rain water is exhausted  
 17 ... do not use the filtered water because pilot filter project too far
- (3) Do you store both rain water and filtered water at the house?  
 25 ... only rain water  
 52 ... both rain water and filtered water but in separate jars  
 23 ... store both waters in the same jar
- (4) Apart from drinking, what else do you use the filtered water for?  
 83 ... cooking  
 83 ... bathing  
 83 ... washing dishes, clothes, house, etc.  
 - ... gardening  
 17 ... have sufficient rain water for all household uses
- (5) Do you prefer drinking rain water over filtered water?  
 - ... No  
 100 ... Yes  
 Give reason why?  
 Because do not have to waste time in fetching the water. Also rain water has no colour or taste.

Interestingly enough 75 percent of all families stored both kinds of water. Fifty percent stored rainwater and filtered water in separate jars; 25 percent of the families stored the two waters together in the same jars. The other 25 percent stored rain water only.

B. Kambaul, Khmer Republic

Operation of the pilot water filter at Kambaul was not completely successful. The primary filter, using coconut fiber as filter medium, worked well in removing 20-200 JTU of turbidity depending upon the raw water quality. However, the secondary filter, using burnt rice husks, did not substantially reduce the remaining turbidity or color as experienced in Thailand and in Viet-Nam. Research work in the AIT laboratory revealed that the Khmer burnt rice husks possessed a weaker structure probably caused by its lower silica content. The structural change might have adversely affected the filtration properties of the husks. A more detailed discussion is presented in the section on research developments.

The pilot unit was reactivated in September using burnt rice husks flown in from Thailand. Unfortunately due to the war, few rice mills in the Phnom Penh area were working and even burnt rice husks were difficult to obtain locally. Only one test of treated water quality was obtained since that time; the turbidity of the treated water was reported at 10 JTU, a value considerably lower than any obtained when the plant was first operated in April and May. No further operating results were available.

C. Hamlet Long Thong B, Viet-Nam

The pilot filter unit at Hamlet Long Thong B has worked extremely well since it was opened in early May. Not one single day of shutdown was reported during the 6 months of operations. Supervision of the unit and technical support for the operation by the Ministry of Public Health has been excellent. The quality of filtered water has been very good and has met the recommended WHO International Drinking Water Standards for clarity, color, taste, and odor. The results of laboratory tests made for selected quality parameters are presented in the appendix.

The data show the dilution effects of the rainy season in the level of chlorides in the water, which are not removed by filtration. The villagers consumed water of 400-2000 mg/l chloride content during the dry season (the recommended WHO International Drinking Water Standard is 250 mg/l), and consumed chlorides of only 10-40 mg/l in the wet season.

Turbidity levels during the high flow period of the river were higher than in the dry season months. The filter unit generally removed more than 90 percent throughout the entire 6 months of operation. Bacteriological removal was good but erratic as indicated by the multiple-tube fermentation test for the most probable number of coliform organisms per 100 ml. Values of zero to more 2,400 coliforms MPN/100 ml were reported in the filtered effluent. The raw water coliform count was estimated to exceed 10,000 MPN/100 ml.

Acceptance of the water by the villagers was tested by an inter-



view survey of the 42 families using the water. All 42 families responded that they used the water for drinking and cooking purposes, that they liked its taste and had no objections to its taste or odor. Nine families indicated that the filtered water had no taste.

D. Ban Nong Suang, Thailand

Start-up of the large village size plant presented a materials handling problem for soaking and washing the 10 cubic meters of shredded coconut husks. The raw water used for the soaking and washing purpose was exceedingly turbid (turbidity greater than 600 JTU) and thus removal of the residual color in the fiber was not thoroughly accomplished. Obtaining and handling the burnt rice husks was no problem.

Selection of Ban Nong Suang as a pilot plant site was an administrative decision and did not involve testing of the water quality prior to construction of the filter project. The raw surface water in the ponds contains extremely high levels of fine colloidal clays (600-1,000 JTU) which do not settle at all following days of precipitation. The coagulant demand of the water is also extremely high, requiring over 200 mg/l alum to form a floc which would settle upon standing. Even if the two-stage filters were able to remove 90 percent of the turbidity the treated water would contain over 60-100 JTU, totally unacceptable from the standpoint of clarity.

The concept of "contact filtration" using small amounts of chemicals was tested for a short time as described in the section on research developments. The results were quite promising, first because at a che-

mical dosage of only about one-half the coagulant demand the particles had agglomerated sufficiently not to settle but to be effectively entrapped and removed by the primary filter using coconut fiber as filter medium. Second, the coconut fiber as a fibrous media is not subject to clogging easily or rapidly due to the accumulation of alum floc with clay particles as would occur with sand or burnt rice husks. In fact, head loss build up was slow and effluent quality was most satisfactory as described in the section on research developments.

#### IV. RESEARCH DEVELOPMENTS IN THE FIELD AND LABORATORY

##### A. Coagulation and Water Filtration Using Coconut Fiber As Primary Filter Medium

Coconut fiber as a filter medium can generally remove 50-60 percent of the turbidity in water and sometimes more. However, for waters containing very fine colloidal material, such as the water at Ban Nong Suang, the medium was ineffective and could not achieve sufficient reductions in the overall turbidity. The addition of small dosages of chemicals was necessary to treat this water in order to produce a clear effluent. Contact filtration, using aluminum sulfate (alum) to coagulate the fine colloidal particles into larger particles that can be removed by the coconut fiber, would appear to be an attractive technique to extend the ability of the simple two-stage filter to treat difficult waters. This would permit the filter to operate effectively with virtually all surface waters encountered in the lower Mekong basin countries.

##### 1. Laboratory Research

An experimental study was carried out to find the minimum amount of commercial alum (50% alum by weight) necessary to remove colloidal turbidity effectively (about 90 percent removal) using shredded coconut fiber as filter media and to determine the length of filter run before clogging and/or build up of a sizeable head loss in the filter media.

Canal water in Rangsit, containing a fine suspension of colloidal particles, was used for the experiment. Coagulant demand was determined using a conventional jar test apparatus with the pH of the raw water un-

controlled as experienced in the field. The coagulant demand was found to be about 180 mg/l for effective coagulation and sedimentation of the turbidity. This is about 70 percent of the coagulant demand of the water at Ban Nong Suang.

### Results

The turbidity and the head losses obtained throughout the filter run are shown in Figure 1. Based on 14 hours of filter operation using the canal water from Rangsit, the following statements can be made:

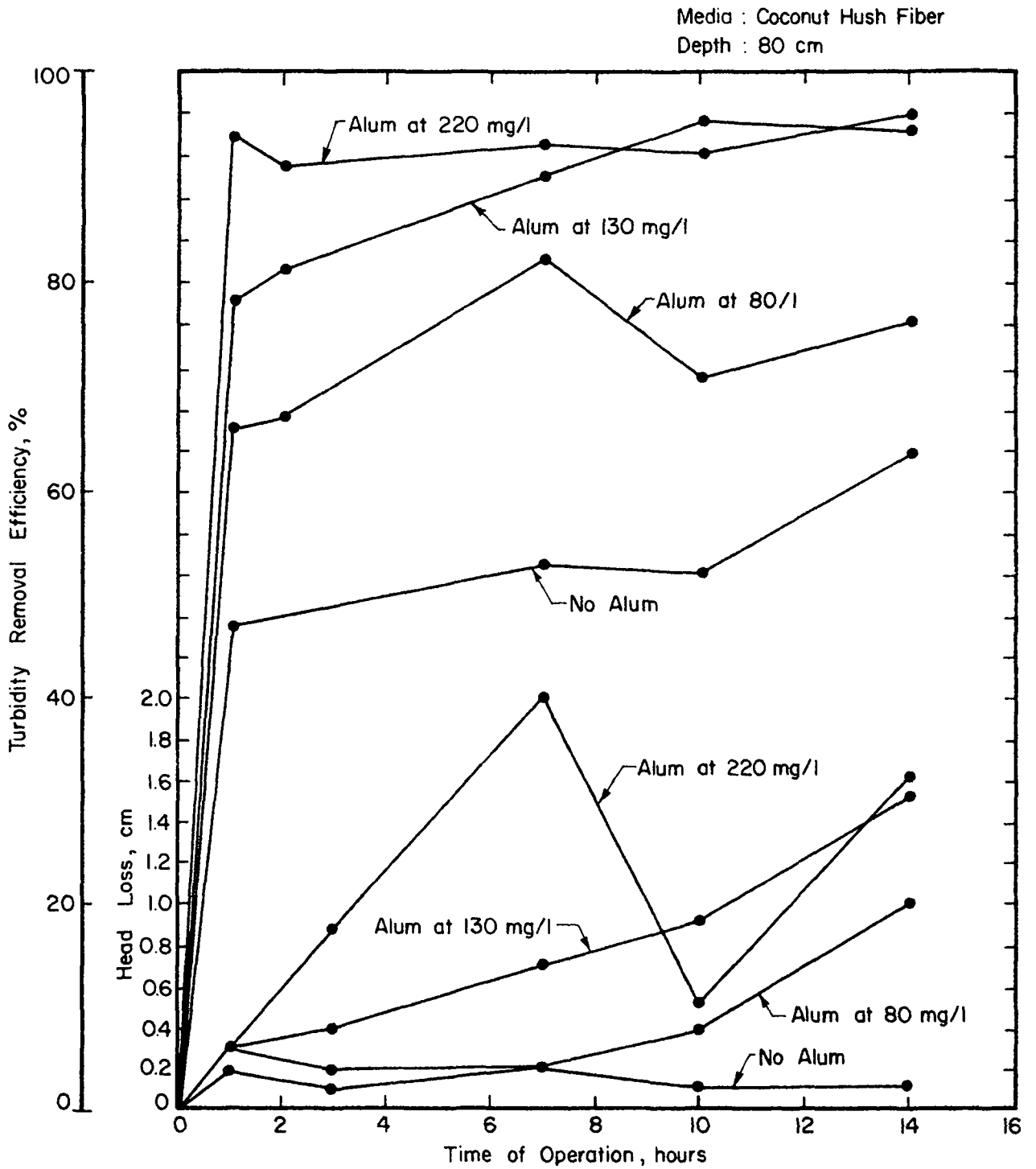
(1) 80 cm depth of coconut fiber removed only 50-65% of the turbidity without the addition of chemical coagulant.

(2) The efficiency of the fiber to remove turbidity was enhanced by the use of alum at dosages of 80 mg/l; the turbidity removal increased to 65-75%.

(3) At an alum dosage of 130 mg/l, the turbidity removal was 80-90% throughout the run.

(4) The addition of alum to the level of 180 mg/l, equivalent to the coagulant demand of the raw water, was not necessary. Savings in chemical dosages appeared to be in the range of 35 percent.

(5) The coconut fiber did not show any clogging tendencies during the 14 hours of filter runs. Maximum head loss was only 1.6 cm. Based on the laboratory tests the use of alum, in dosages less than the coagulant demand but sufficient to initiate agglomeration of colloidal particles, to improve the filtering ability of the coconut fiber appears to be worth further study.



**FIGURE 1**

Turbidity Removal and Headloss Build Up as a Function of Alum Dosage

## 2. Pilot Project Research

### Operation of Pilot Filter Using Chemical Coagulation at Bang Nong

#### Suang, Changwat Korat, October 9-11 and 24-28

The raw water at Ban Nong Suang contains a very high turbidity load of 600-1,000 JTU. The colloidal size particles, with a diameter of less than 1  $\mu$  (micron), amounted to about 38% of the total turbidity. The coagulant demand, as measured by the standard jar test, was 260 mg/l of alum. This amount of coagulant was needed for effective coagulation and sedimentation of the water to reduce the turbidity level to about 20 JTU.

A wooden gutter, with several round-the-end baffles, was built on the end of the inlet trough to improve mixing of the raw water and alum solution before the mixed water flowed down and passed through the filter media. Some 500 liters of commercial alum solution (50% alum by weight) were purchased for the tests. An 80 liter chemical solution tank was used to control the flow rate of alum feed.

#### Pilot Water Filter Tests

The operation of the filter was started using an alum feed of about 140 mg/l of raw water. The quality of raw water was 725 JTU and pH 8.1. No pH adjustment was made during the trial run which might have reduced alum usage or improved its effectiveness.

The influent raw water and alum solution were mixed quite well in the wooden trough with baffle walls. A fine floc was developed with the colloidal particles in the water above the coconut fiber media. The effluent of the primary filter tank was allowed to flow into the second

filter tank containing burnt rice husks as filter medium. After 9 hours of operation using an alum dosage of 140 mg/l the effluent from the first tank contained 90 JTU maximum. After 5 hours of operation the turbidity in the effluent from the second tank contained about 30 JTU. The relatively clear effluent was stored in the clear water storage tank for people to use.

### Conclusions and Discussion

Results of the tests are shown in Table 4. The quality of the effluent water from the first and second tanks was not constant, but the filters produced a relatively clear water (turbidity 6-40 JTU) from a highly turbid source (700 JTU) by using contact filtration at an alum dosage rate of about 50% of the coagulant demand. The operation, if successfully handled on a continuous basis, could thus result in large chemical savings to the community.

#### B. Analysis of Thai and Khmer Rice Husks Burnt at Various Temperatures

Table 5 shows the physical characteristics of two samples of Thai and Khmer rice husks burnt at various temperatures.

Both at temperatures of 250-400°C and at more than 800°C, dry rice husks from both countries could be burnt into a black residue (called burnt rice husks). Observation by eye indicated that the size of the burnt rice husks at 250-400°C was larger than that at 800°C. More than 99.9 percent of the burnt rice husks at 300°C were dark black, but the burnt rice husks burnt at 800°C were not all black, some particles were white, grey, and brown.

TABLE 4Results of Analysis of the Effluent Water Samples,Ban Nong Suang, Changwat Korat

Time of Collection Water Samples		1st filter tank		2nd filter tank		Storage tank	
Day	Time	Turbidity	pH	Turbidity	pH	Turbidity	pH
25/10/73	06.00	18	6.30	6	6.35	18	6.35
	12.00	90	5.60	40	6.40	20	6.38
26/10/73	07.00	10	6.35	8	6.35	-	-
27/10/73	17.30	22	6.15	16	6.20	-	-





The burnt rice husks burnt at 300°C (the black residue) when put into the muffle furnace again at 600°C became white, grey, and brown similar to the color obtained when dry rice husks were burnt initially at 600°C.

Analysis of Table 5 suggests the following:

(a) There is no substantial difference obtained in burning at temperatures of 400°C and above. The variations appear to be differences between samples.

(b) The residue left from burning the Khmer rice husks is some 5 percent less than the obtained from burning the Thai rice husks.

This would suggest that there is considerably less silica or ash in the Khmer rice husks than in the Thai rice husks. Williams (1973)<sup>4/</sup> believed that the silica structure of the Khmer ash was likely to be weaker than the Thai ash because of the lower silica content and thus expected the Khmer ash to breakdown quickly, lose its filtering characteristics, and clog more easily.

#### Analysis of Thai and Khmer Burnt Rice Husks Obtained from the Rice Mills

Samples of burnt rice husks from rice mills in Thailand and the Khmer Republic were analysed for particle size distribution and loss on ignition. The burnt rice husks from the Khmer Republic showed that they were of larger size and darker black particles than those from Thailand. Burning the Khmer burnt rice husks at 600°C for 1 hour produced a large loss of weight (55 percent in one sample, 45 percent in

---

4/ Williams, F.H.P. (1973) Private Communication. Asian Institute of Technology, Bangkok.

another) and the black residue became brownish white. In comparison the Thai burnt rice husks were smaller in size and consisted of black, white, and grey broken burnt rice husks. These husks could not be burnt into a white and grey residue at all, and loss of weight when burned at  $600^{\circ}\text{C}$  for 1 hour was relatively low (2.5 percent in one sample, 12 percent in another). When viewed under a microscope the Khmer burnt rice husks (after they were burnt at  $600^{\circ}\text{C}$  to test their loss of weight on ignition) appeared to be thinner in structure but identical in shape to the burnt husks from Thailand.

The color differences of the burnt husks, as noted above, correspond with findings for husks burnt at  $300^{\circ}\text{C}$  and  $800^{\circ}\text{C}$  as shown in Table 5. It appears at first glance that the temperature of burning of the rice husks in the Khmer Republic and in Thailand might be different, and that this difference might be partly responsible for the difference in filtration properties found when using the burnt rice husks from the two countries.

The two samples of Khmer burnt rice husks, which gave a loss on ignition of 55 and 45 percent respectively, would suggest that the burning temperature was about  $300^{\circ}\text{C}$ . However, it is not certain whether burning at a higher temperature would give a better structure.

The two samples of Thai burnt rice husks which gave a loss on ignition of 2.5 and 12 percent would suggest an original burning temperature of between 300 and  $400^{\circ}\text{C}$  (probably between  $300^{\circ}$  -  $350^{\circ}\text{C}$ ) but not at  $800^{\circ}\text{C}$  as suggested by the color differences. Thai rice husks were not thought to be burnt at  $800^{\circ}\text{C}$  or higher (in fact not higher than  $600^{\circ}\text{C}$ )

because the husks would not have shown even the small loss of weight on ignition (2.5 and 12 percent) if they had previously been burnt at 800°C. The Thai burnt rice husks were smaller in size, the coefficient of uniformity was higher, and the particles were probably stronger than the Khmer husks. Observation through the microscope, as previously noted, showed that the husks were thicker than those from the Khmer Republic - all other properties appeared similar.

The poor filtering characteristics experienced with the Khmer burnt rice husks might not be due therefore to burning at a low temperature. Further research with the husks burnt at temperatures of 600°C and 800°C are recommended to determine if the filtration properties of the Khmer rice hulls will improve with burning at higher temperatures. If not, it appears that the lower silica content in the Khmer rice hulls adversely affects their potential use for water filtration. Samples from rice mills in other regions (e.g., Battambang) should be obtained for complete testing. It should be noted that burnt rice husks obtained in Viet-Nam worked effectively and appeared to have physical properties identical to those found in Thailand.

## V. SUMMARY AND FUTURE RESEARCH NEEDS

### A. Summary of Findings

The findings of the work to date may be summarized as follows:

(1) Successful field testing of several different sizes and designs of filter units have been accomplished in the Lower Mekong riparian countries. Two small village size units, each serving several hundred persons in Thailand and in Viet-Nam, have operated continuously, almost trouble free, for a total testing time of 15 months. Units in the Khmer Republic and in Laos have not operated sufficiently long to judge operational effectiveness. A large village size unit was constructed and operated in Thailand for approximately 5,000 persons. Insufficient experience was gained through construction and operation of the individual family size filters.

(2) Field data have indicated that the filters are capable of treating almost all surface waters successfully without the need for chemicals, except for those waters with abnormally high colloidal turbidities. However, these waters can be satisfactorily treated by the use of small dosages of coagulant chemicals. The required dosage is less than the standard coagulant demand, and is that amount sufficient to begin to induce particle agglomeration.

(3) The physical quality of the treated waters was generally sparkling clear, with a turbidity of less than 5 JTU, colorless, odorless, and of pleasant taste. Turbidity removals were generally greater than 80 percent and as high as 97 percent. Color removal was similarly

effective. Iron removal, where high iron containing waters existed, was sufficient to reduce all waters to within recommended limits. In general treated water met WHO International Drinking Water Standards for clarity, color, taste, and odor.

(4) The bacteriological quality of the treated waters was generally 90 percent or more improved over the untreated raw waters, a removal rate which compared very favorably with removal efficiencies obtained from conventional water treatment plants prior to disinfection. A small dosage of chlorine, probably less than 1 mg/l, would be sufficient to meet the recommended WHO International Drinking Water Standards. However, chlorination was not used because of the possible rejection of the water supply for drinking purposes by the villagers, and because of the questionable need for a "pure" water supply given the sanitation condition and water use habits typical of the villages.

(5) Lengths of filter runs exceeded all expectations based on projections of laboratory findings. The variability of the turbidity loads and the greater range of particle sizes found in the field, as opposed to the more uniformly controlled laboratory raw water quality, allowed for longer duration times of filter media use prior to buildup of the design head loss without loss of filter efficiency or decrease in effluent quality. Thus filters were operated 4-5 months without a change of filter media whereas in the laboratory the filter media had to be changed every month to six weeks.

(6) Operational problems were minimal. The coconut fiber can be washed and reused. The upper portion of the burnt rice husks, some

5-10 cm depth, can be scraped off and discarded. Additional burnt rice husks can then be added to maintain the same depth of filter medium. Pump breakdown was the only significant operational problem, which accounted for some 15 days production loss during the pilot studies. One trip away from the village by the operator caused another shutdown of some 5 days.

(7) Due to hostilities existing in three of the four riparian countries, the supply of agricultural materials was impeded. Thus supplies of rice at the rice mills, coconut fiber at the coconut oil extraction plants, etc. were in short supply and difficulties occurred in finding sufficient coconut fiber and burnt rice husks to supply the initial pilot units. Assuming improvement in the political situation in the riparian countries, the raw materials needed to build and operate the filters should be readily available from local sources.

(8) Village acceptance of the water supply as drinking and cooking water was practically universal during the dry season. In the rainy season villager acceptance of the filtered water was likewise encouraging as surveyed in one Thai village. Some 75 percent of the villagers still collected and stored the filtered water along with rain water, 50 percent in the same earthen jars. An additional 8 percent used filtered water but did not store it in water jars saved exclusively for rain water. Some 17 percent of the families did not collect the filtered water because (1) it was more convenient to catch the rainwater from their roofs, (2) rain water was available in sufficient quantity, and (3) they indicated they preferred the taste of the rain

water to that of the filtered water.

(9) Considerable interest was generated in neighboring villages near the pilot projects, and in several of the Ministries responsible for providing water supply to rural communities, to build and operate other filter plants of similar design.

#### B. Research Needs

Several new ideas and unanswered questions present themselves as attractive research areas for future work as a result of the successful operation of the pilot plants. These include the techniques used to extend the service life of the filter media, to expand the range of waters that can be treated by the two-stage filter to include all types of turbidities of varying characteristics and particle size distributions, and to simplify design and lower capital as well as operating costs. These research areas include the following:

(1) A detailed physical-chemical analysis of the properties of coconut fiber and burnt rice husks as to why these materials work effectively on most waters in removing turbidity, color, taste and odor, including a definition of quality characteristics or properties needed to insure effectiveness of the fiber media;

(2) A pilot study at Ban Nong Suang, Changwat Korat, to determine the potential of using the first filter as a contact filtration unit, in which a minimum amount of coagulant is added to the raw water in order to induce agglomeration of the colloidal materials just sufficient to have them effectively removed by the coconut fiber;

(3) Field tests using ready made coconut fiber mats as a substi-



tute for the loosely packed coconut fiber, which requires a deeper filter box for effective treatment, and use of burnt rice husks as a substitute for sand in village slow sand filter installations;

(4) Further development and field testing of the individual family size jar filters not previously tested in the pilot studies;

(5) Laboratory work and field studies on the use of the materials to treat agricultural and industrial wastes; (preliminary studies at AIT indicate that the coconut fiber might be particularly attractive for treatment of oil wastes, the burnt rice husks for the treatment of sugar wastes, and both for the treatment of sanitary wastes, such as from health clinics, housing projects, schools, etc.);

(6) Laboratory work and an economic feasibility study on the potential use of burnt rice husks as a substitute for activated carbon and other chemicals in the purification (whitening) of sugar; and for the removal of color from industrial wastes, especially textile wastes.

(7) The impact of the water filters on village water use habits, sanitation practices, and village health in terms of the reduction of water related diseases, such as diarrhea and dysentery.

(8) A systematic program of research and development for studying the basic phenomena by which the coconut fiber and burnt rice husks achieve their removals of turbidity, color, bacteria, and other impurities in water, with the objective of developing basic design criteria so that it will be possible, based on tests of a raw water, to design a filter system which will positively achieve the desired removals. The initial stages of this work would be limited to removal of clay

turbidities of various types and particle size distribution. Further stages would investigate removals of bacteria, color, oils, organic pollution, etc. It is envisioned that the two-stage filter system, using both coconut fiber and burnt rice husks in series, with or without chemicals, represents an essentially new tool available to the engineer, competitive to the traditional rapid sand filter process, which has a vast potential for applications in water and waste processing and in industrial filtration processes as with sugars, oils, pulp, etc.

The new concept of filtration, while used so far only for village water supplies, appears to be promising as a breakthrough in both water and waste processing and in materials processing technology. The implications appear to be tremendous, but it must be recognized that the level of research and development effort thus far expended is very small compared to what will need to be done to quantify the underlying basic removal process so that eventually filtration systems employing these materials can be designed with full confidence of performance. At present the technology of the method is empirical, and designs need to be developed on a trial and error basis.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research project was made possible by financial assistance from the East Asia Research Program, Regional Economic Development Office, USAID to the Mekong Committee. The writer gratefully acknowledges the cooperation and assistance of the faculty, graduate students, and staff of the Environmental Engineering Division, AIT, who throughout the course of the project contributed their time, comments and suggestions. The research was assisted by Mr. Sanga Yoomee, and Mr. Pakorn Pakarneseree, Research Assistants: Mr. Chartchai Phynyapesh, Technician; Mr. Low Beng-Peow, Mr. Luo Muh-Huo, and Mr. Fan Soo-Thin, Graduate students and Mrs. Natya Kittiveja and Mrs. Ladawan Boonykietibotra, Secretaries. Professor F.H.P. Williams, Geotechnical Division, freely contributed his ideas and suggestions for improving the usefulness of the filter media and the design of the pilot units. His interest and helpful comments throughout the project were most appreciated by the writer.

The assistance of Mr. Plin Sau, Mekong Committee, is gratefully acknowledged. He helpfully served as a liaison with government officials in each of the riparian countries. The efforts of several individuals in the Ministry of Public Health in the Khmer Republic and in Viet-Nam are note-worthy because their cooperation and interest were responsible for the completion, operation, and success of the pilot units. Assistance of several staff members in the National Mekong Committees are appreciated. Special acknowledgement is given to

Mr. Joseph Hazbun, WHO Sanitarian, who assisted in the construction and operation of the pilot units in both the Khmer Republic and Laos. Lastly, the writer wished to thank his wife, Beverly, for her enthusiasm, and willingness to tolerate an absent husband through much of the project.

APPENDIX A  
Performance of Pilot Water Filter in Ban Som, Changwat Korat

Date 1973	Cumulative Hours of Operation	Turbidity (JTU)		Color (HACH units)		Apparent		Coliforms MPN/100 ml		pH		Total Iron mg/l			
		Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Raw Water	Treated Water	Removal %
23/2	15	40	5	88	120	40	67	80	5	94	7.7	7.3	0.8	0.3	63
24/2	25	40	5	88	140	44	68	100	0	100	7.8	7.5	0.7	0.2	71
25/2	35	40	5	88	130	40	69	60	0	100	7.4	7.3	0.7	0.2	71
1/3	60	38	2	95	120	30	75	-	2	91	8.4	7.5	0.7	0.2	71
6/3	95	40	5	88	150	50	68	24	3	88	8.2	7.3	-	-	-
7/3	101	42	4	91	155	50	93	19	1	95	8.0	7.2	-	-	-
8/3	107	35	3	91	140	10	71	21	2	91	8.5	7.9	-	-	-
9/3	113	48	2	96	135	40	95	18	1	94	8.6	8.4	-	-	-
10/3	119	69	1	98	185	10	93	18	1	94	8.5	8.3	0.7	0.2	71
11/3	125	40	1	98	150	30	83	-	-	-	8.3	7.7	0.7	0.1	86
16/3	155	40	5	88	180	20	83	-	-	-	8.6	8.5	0.7	0.2	71
17/3	161	38	5	87	120	28	84	-	-	-	8.0	7.2	0.7	0.2	71
18/3	167	37	3	92	172	26	85	-	-	-	8.5	7.5	0.7	0.2	71
19/3	173	42	5	88	174	29	83	54	26	52	8.2	7.0	0.7	0.2	71
20/3	180	40	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/4	378	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/5	451	-	-	0.2	-	20	5	75	-	-	-	-	-	-	-
11/5	453	-	-	0.7	-	15	20	neg.	-	-	-	-	-	-	60
12/5	459	-	-	<0.1	-	20	5	50	-	-	-	-	-	-	-
13/5	466	-	-	0.3	-	10	5	25	-	-	-	-	-	-	-
14/5	471	-	-	0.3	-	20	15	25	-	-	-	-	-	-	-
15/5	478	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 1 (Cont'd)

Date 1973	Cumulative Hours of Operation	Turbidity (JTU)			Color (HACH units)		Apparent			Coliforms MPN/100 ml			pH			Total Iron mg/l		
		Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Removal %
16/5	482	-	0.3	-	20	5	5	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/5	484	43	0.3	99	175	5	5	97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18/5	489	-	0.2	-	30	5	5	83	-	-	-	7.7	7.8	-	-	-	-	-
19/5	496	-	<.1	-	30	5	5	83	98	54	45	7.7	7.7	-	-	-	-	-
20/5	503	-	0.2	-	20	<5	<5	>75	-	-	-	7.9	7.7	0.02	-	-	-	-
21/5	507	-	0.3	-	8	<5	<5	>40	-	-	-	7.9	7.8	0.02	0.01	50	-	-
22/5	512	-	0.3	-	15	5	5	>70	-	-	-	7.8	7.6	-	-	-	-	-
23/5	517	-	0.2	-	20	<5	<5	>75	-	-	-	7.9	8.1	-	-	-	-	-
24/5	523	-	0.1	-	5	5	5	0	-	-	-	7.7	7.7	-	-	-	-	-
25/5	527*	14.5	3.1	72	50	30	30	40	98	48	51	7.7	7.8	-	-	-	-	-
26/5	532*	-	3.3	-	35	25	25	30	-	-	-	7.8	7.7	-	-	-	-	-
27/5	537*	-	4.0	-	25	30	30	neg.	-	-	-	7.7	7.7	-	-	-	-	-
28/5	542*	-	0.3	-	40	10	10	75	-	-	-	7.8	7.8	0.4	0.02	95	-	-
29/5	548*	-	1.6	-	55	20	20	55	-	-	-	7.7	7.6	-	-	-	-	-
30/5	555*	34.5	2.2	94	140	20	20	85	-	-	-	7.6	7.7	-	-	-	-	-
31/5	559	17	1.7	90	70	10	10	86	-	-	-	7.6	7.8	-	-	-	-	-
1/6	563	-	2.0	-	25	10	10	60	96	72	25	7.8	7.8	-	-	-	-	-
Filter Operation stopped. Change of filter media made by operator and AIT research associate.																		

\* Operator increased flow through filter system by removing check and float valves. The water was drawn down below the depth of media in the burnt rice husk filter also.

Table 1 (Cont'd)

Date 1973	Cumulative Hours of Operation	Turbidity (JTU)		Color (HACH units)		Apparent Coliforms MPN/100 ml			pH		Total Iron, mg/l			
		Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Removal %	
2/6	2	-	2.5	-	20	20	-	-	7.8	7.7	-	-	-	
3/6	7	-	0.6	-	25	15	-	-	7.9	7.8	-	-	-	
4/6	12	-	2.5	-	30	20	33	-	7.8	7.9	0.2	0.1	50	
5/6	18	-	3.3	-	30	15	50	-	7.8	7.9	-	-	-	
6/6	23	-	3.0	-	25	30	neg.	-	8.0	7.9	-	-	-	
7/6	27	27	1.2	96	100	10	90	-	8.1	8.1	-	-	-	
8/6	33	-	-	-	-	-	-	64	12	81	-	-	-	
9/6	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10/6	43	-	Water samples wasted by road accident on the way to AIT											
11/6	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/6	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/6	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/6	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/6	65	-	0.1	-	10	5	50	-	7.9	7.9	-	-	-	-
16/6	68	-	2.5	-	20	10	50	-	7.9	7.9	-	-	-	-
17/6	71	-	0.1	-	10	5	50	50	12	76	7.9	8.1	-	-
18/6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19/6	-	-	Shut down		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/6	-	-	Shut down		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/6	77	-	0.1	-	10	5	50	-	8.0	7.9	0.07	0.08	neg.	36
24/6	80	-	0.1	-	20	5	75	-	7.9	7.9	-	-	-	-
25/6	82	-	0.1	-	20	5	75	-	7.9	7.9	-	-	-	-

Table 1 (Cont'd)

Date 1973	Cumulative Hours of Operation	Turbidity (JTU)		Color (HACH units)		Coliforms MPN/100 ml			pH		Total Iron mg/l		
		Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Removal %
26/6	84	11.0	0.1	-	40	5	88	-	-	8.0	8.0	-	-
27/6	87	9.8	8.0	97	200	20	90	88	30	7.5	7.5	-	-
28/6	91	80	1.5	98	200	20	90	-	-	7.3	7.5	-	-
29/6	93	100	1.0	99	200	30	85	-	-	7.6	7.4	-	-
1/7	99	105	1.0	99	200	20	90	-	-	7.5	7.4	-	-
2/7	102	95	5.0	95	200	30	85	-	-	7.4	7.3	-	-
3/7	105	87	4.0	96	220	20	90	-	-	7.4	7.5	-	-
4/7	108	85	1.5	98	200	20	90	-	-	7.4	7.5	-	-
5/7	110	65	2.0	97	150	15	90	-	-	7.4	7.3	-	-
12/7	130	-	-	-	-	-	-	-	-	7.4	7.2	-	-
13/7	132	31	6.0	81	60	20	67	-	-	7.6	7.5	-	-
14/7	135	113	6.0	94	200	20	90	-	-	7.3	7.6	-	-
15/7	138	71	5.0	92	150	30	80	-	-	7.3	7.5	2.1	0.3
16/7	141	-	-	-	-	-	-	-	-	7.8	7.5	-	-
17/7	145	-	-	-	-	30	-	-	-	7.8	7.6	-	-
18/7	147	-	-	-	-	30	-	-	-	7.4	7.6	-	-
31/7	190	-	4.0	-	20	15	25	-	-	8.1	8.1	0.4	0.3
1/8	193	-	1.0	-	50	10	80	-	-	8.2	8.2	-	-
6/8	206	27	1.4	95	100	20	80	-	-	7.9	8.0	1.07	0.07
7/8	208	24	0.5	98	90	25	72	-	-	7.8	7.8	-	-
8/8	210	27	0.6	98	75	15	80	-	-	7.7	7.9	-	-
9/8	212	26	0.7	97	90	15	83	-	-	7.8	7.8	-	-
10/8	215	24	0.6	97	90	15	83	-	-	7.8	7.9	-	-





## APPENDIX A

Table 2. Performance of Pilot Water Filter in Hamlet Long Tuong B  
Village Long An, Province Dinh Tuong

Date	Cumulative Volume of Treated <sup>3</sup> Water, m	Turbidity, JTU		Hardness, CaCO <sub>3</sub>		Chlorides, Cl <sup>-</sup>		pH		Coliforms, MPN		
		Raw Water	Treated Water	Removal %	Raw Water	Treated Water	Raw Water	Treated Water	Raw Water	Treated Water	Raw Water	Treated Water
12/5	4.8	170	10	94	180	150	740	405	7.3	7.7	>>>2400	>2400
11/6	148.8	50	2	96	290	175	1650	700	6.8	7.8	>>>2400	460
13/6	158.4	45	10	80	290	180	1750	800	7.0	7.1	>>>2400	>2400
14/6	163.2	65	4	94	250	175	1350	750	6.8	8.2	>>>2400	>2400
18/6	182.4	35	5	86	365	335	2050	1650	6.8	6.8	>>>2400	>2400
26/6	220.8	40	0	100	350	365	1950	2000	7.0	7.1	>>>2400	>2400
29/6	235.2	70	5	93	110	245	450	1200	6.9	6.5	>>>2400	1100
13/7	302.4	30	0	100	175	170	850	750	6.8	6.7	>>>2400	>2400
20/7	335.8	190	5	97	-	-	-	-	-	-	-	-
21/8	485	225	12	95	40	50	5	10	7.5	6.6	>>>2400	neg.
26/10	800	110	10	91	75	90	65	40	6.8	7.0	>>>2400	>2400
6/11	850	60	5	92	100	80	93	30	6.6	7.5	>>>2400	>2400



---

**Asian Institute of Technology**  
**Bangkok Thailand**

research report

---

**EVALUATION OF PILOT WATER TREATMENT UNITS USING  
INEXPENSIVE LOCAL MATERIALS AS FILTER MEDIA FOR  
SUPPLYING DRINKING WATER TO RURAL COMMUNITIES  
IN THE LOWER MEKONG BASIN COUNTRIES**

Conducted for

**THE COMMITTEE FOR  
COORDINATION OF INVESTIGATIONS  
OF THE LOWER MEKONG BASIN**

**EVALUATION DES UNITES PILOTES DE TRAITEMENT D'EAU  
UTILISANT DES PRODUITS LOCAUX PEU ONEREUX COMME  
MILIEUX FILTRANTS POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU  
POTABLE DES COMMUNAUTES RURALES DANS LES PAYS DU  
BASIN INFERIEUR DU MEKONG**

Exécuté pour

**LE COMITE POUR LA COORDINATION DES ETUDES  
SUR LE BASSIN INFERIEUR DU MEKONG**

**Evaluation Des Unités Pilotes De Traitement D'Eau Utilisant  
Des Produits Locaux Peu Onéreux Comme Milieux Filtrants Pour  
L'Approvisionnement En Eau Potable Des Communautés Rurales  
Dans Les Pays Du Bassin Inférieur Du Mékong**

**Dr. Richard J. Frankel  
Principal Responsable de l'Etude  
Division du Génie de l'Environnement  
Institut Asiatique de Technologie**

pour le compte du

**Comité pour la Coordination des Etudes sur le Bassin Inférieur du Mékong**

**Bangkok, Thaïlande**

**Janvier 1974**

## TABLE DES MATIERES

	Page
I. INTRODUCTION	1
II. LES UNITES PILOTES DE FILTRATION CONSTRUITES ET MISES EN OEUVRE DANS LE CADRE DU PROJET	4
III. RESULTATS DE FONCTIONNEMENT DES UNITES PILOTES	11
A. Ban Som, Thaïlande	11
B. Kambaul, République Khmère	14
C. Hameau Long Thong B, Viêt-Nam	15
D. Ban Nong Suang, Thaïlande	16
IV. DEROULEMENT DES RECHERCHES EFFECTUEES EN LABORATOIRE ET SUR LE TERRAIN	18
A. Coagulation et Filtration de l'Eau en Utilisant des Fibres de Noix de Coco comme Milieu Filtrant dans de Filtre Primaire	18
1. Etudes en laboratoire	18
2. Etudes effectuées sur le projet pilote	21
B. Analyse du Son de Riz Provenant de Thaïlande et du Cambodge, Calciné à Différentes Températures	24
V. RESUME ET PERSPECTIVES DE RECHERCHES ULTERIEURES	29
A. Sommaire des Résultats Obtenus	29
B. Perspectives de Recherches	32
REMERCIEMENTS	36
APPENDICE	38

## I. INTRODUCTION

Ce rapport décrit les résultats d'une série d'essais de l'application d'une nouvelle méthode de filtration de l'eau d'alimentation des villages, captée à partir de cours d'eau de surface, de canaux et d'étangs en Asie du Sud-Est. Ce travail couvre également l'installation et la mise en oeuvre d'unités pilotes, en vraie grandeur, installées dans chacun des 4 pays du Bassin inférieur du Mékong, ainsi que les recherches supplémentaires et les expériences de laboratoire qui ont été réalisées.

Le problème majeur dans l'utilisation des eaux de surface en vue de l'approvisionnement en eau potable des villages de l'Asie du Sud-Est réside dans la trop grande turbidité de ces eaux. Cette turbidité, due surtout à l'argile, résulte aussi partiellement de la présence de matières organiques contenues en suspension.

Dans le passé, une des méthodes couramment employées pour la réduction de la turbidité était d'utiliser le procédé conventionnel de filtration rapide, basée sur l'emploi de produits chimiques en quantités suffisamment grandes pour coaguler les particules de turbidité qui, après sédimentation sont éliminées par filtration à travers un lit de sable. Toutefois cette méthode s'est avérée inadéquate, dans le cas des villages ruraux par suite de sa complexité technique et de son coût élevé.

La nouvelle technique proposée est un procédé en deux étapes: la première consiste à pomper l'eau à travers un lit de fibres de noix de coco entassées, qui effectue une première réduction de la

turbidité; au cours de la seconde étape (ou étape de finition), l'eau passe à travers un filtre formé d'une couche de son calciné. De façon générale aucun coagulant ne s'avère nécessaire, mais dans certains cas particuliers de faibles doses de coagulant sont ajoutées pour améliorer l'élimination de la turbidité lors de la première étape de filtration.

La deuxième phase est en fait une étape d'élimination de matières turbides restantes, non seulement par filtration mais encore par adsorption, tout comme si on utilisait du charbon activé. Ces 2 étapes réunies fournissent une nouvelle approche dans la technique de filtration, unique en son genre, et qui présente un potentiel d'utilisations variées, non seulement dans le traitement des eaux, mais aussi dans le traitement des eaux usées (sanitaires et industrielles) et dans le vaste domaine de la filtration industrielle du sucre, de l'huile, de la pulpe, du savon, etc.

Les données recueillies ici sont les résultats d'un programme d'essais d'unités pilotes dont la réalisation a été rendue possible grâce à un contrat de recherche de US\$27.930, entre le Comité du Mékong et l'Institut Asiatique de Technologie le 31 juillet 1972. L'assistance financière du contrat a été fournie par le Programme de Recherches de l'Asie de l'Est, le Bureau Régional de Développement Economique, de l'USAID. Les objectifs de ce projet de recherche visent à expérimenter sur le terrain différentes unités de filtrage spécialement conçues à l'usage des groupes de maisons ou de petites communautés; à recueillir les données relatives à l'efficacité du filtre, à la durée de l'écoulement et à la qualité de l'eau fournie, à

partir d'une gamme étendue de sources d'approvisionnement en eau brute; à étudier les problèmes de la mise en oeuvre des filtres d'eau par les moyens susmentionnés en relation avec les habitudes du village pour l'utilisation de l'eau; à démontrer l'utilité potentielle des matériaux locaux dans l'approvisionnement en eau des communautés rurales; et à tester les réactions d'acceptabilité des villageois à l'égard de l'eau ainsi traitée.

Les unités pilotes étaient construites en Thaïlande, au Laos, en République Khmère et en République de Viêt-Nam.



## II. LES UNITES PILOTES DE FILTRATION CONSTRUITES ET MISES EN OEUVRE DANS LE CADRE DU PROJET

Le projet a financé la construction de 4 filtres de petit format à l'usage de 4 villages des pays riverains du Bas Mékong, et d'un filtre de plus grandes dimensions à l'usage d'un grand village de Thaïlande.

La première petite unité de filtration a été installée en Thaïlande dans le but d'acquérir une expérience de construction et de fonctionnement avant d'implanter des unités analogues dans les autres pays. Mais à cause des difficultés de coordination entre les participants, la première unité installée à Ban Som, Changwat Korat, n'a pas pu être achevée avant février 1973. Compte tenu de cette expérience initiale en Thaïlande pour retirer tout le profit possible de ces études pilotes et obtenir la coopération des villageois en leur confiant le rôle dominant, il s'est avéré nécessaire de solliciter la coopération du pays-hôte dans la construction des unités pilotes, en ce qui concerne la responsabilité du fonctionnement des unités, la sélection du personnel, etc. De cette façon, l'AIT se limitait à fournir l'assistance technique et financière au Ministère de la Santé de chacun des pays du Laos, du Cambodge et du Viêt-Nam. L'unité de filtration à Kambaul (République Khmère) a été inaugurée en avril, puis ce fût celle du Hameau Long Thong B (Viêt-Nam) en mai. De regrettables délais ont retardé l'achèvement de l'unité pilote de Nong Tha Sud (Laos) jusqu'en novembre, c'est-à-dire après la date officielle de la fin du projet.

Les progrès réalisés dans le projet au vu des premières expériences ont été mis à profit pour les unités installées au Cambodge et au Viêt-Nam. L'usage des matériaux peu onéreux et la simplification des opérations ont également été tirés des expériences antérieures en Thaïlande. La situation politique au Cambodge, au Laos et au Viêt-Nam a rendu difficile l'acquisition de certains matériaux ou des milieux filtrants qui pourraient être facilement trouvés en temps normal. Malheureusement les hostilités qui se déroulent dans la République Khmère ont forcé la fermeture de l'unité pilote pendant un certain temps et ont empêché la construction d'une seconde unité dans le village Phoum Snor, Srok Samrong Tong, dans la province Kompong Speu. Avant l'achèvement du projet, une vingtaine de jarres-filtres individuelles de format familial, ont été montées à titre d'essai dans les centres de réinstallation des réfugiés à Phnom Penh et dans ses environs. Toutefois les données sur le fonctionnement de ces jarres-filtres n'ont pas été fournies. De plus comme l'unité pilote installée au Laos a été complétée seulement après la fin du projet, aucune information n'a pu être incluse dans ce rapport. Par contre, les fonds nécessaires ont été confiés aux soins du Ministère de la Santé Publique du Laos en vue de maintenir cette unité filtre en fonction pendant trois mois. La construction d'une unité filtre destinée à l'usage d'un grand village a été complétée en août 1973 à Ban Nong Suang, Changwat Korat, Thaïlande. Les coûts de construction ont augmenté tout au long de l'année, à cause de la pénurie de matériaux de construction, spécialement des barres en acier renforcé.

Cette situation a retardé la construction jusqu'à ce que le coût fixé par le contrat ait pu être obtenu. En définitive les frais de construction ont dépassé de US\$4.000 le montant prévu antérieurement.

Le Tableau 1 montre l'emplacement des unités pilotes ainsi que leur capacité, le nombre des usagers et la durée de fonctionnement. Le Tableau 2 résume les coûts de construction et de fonctionnement. Pour les unités filtres de petites dimensions, les boîtes-filtres, la pompe et les conduites d'eau représentent le plus gros des investissements. Pour les quatre pays, les pompes ont été importées, les conduites d'eau aussi, du moins pour 3 d'entre eux, mais les boîtes-filtres, partie la plus coûteuse, ont pu être fabriquées sur place dans 3 des 4 pays.<sup>1/</sup> La structure de support et les réservoirs ont toujours été faits avec des produits locaux. C'est ainsi que l'investissement dans l'achat des produits locaux varie de 45 à 85%.

En ce qui concerne la plus grande unité-filtre, les seuls produits importés coûteux sont les barres en acier renforcé. Pour chaque unité, les dépenses totales varient de \$0,30 à \$2,60 par usager (y compris le coût des matériaux utilisés, l'équipement, le travail, et le transport). Ces chiffres sont très modestes en comparaison des \$6,00 à \$8,50 par usager requis pour la construction des usines

---

<sup>1/</sup> Pour le Laos, les boîtes-filtres faites de citernes préfabriquées en acier galvanisé sont importées de Thaïlande. Ces citernes sont manufacturées à Bangkok à partir de feuilles d'acier galvanisé. Autrement il faudrait utiliser des jarres à eau en béton armé ou des sections de conduites d'eau.

Tableau 1 - Unités pilotes de filtration d'eau installées dans les pays du Bas Mékong

Localisation des unités pilotes	Capacité en m <sup>3</sup> /hr	Nombre d'usagers	Date officielle de mise en fonction	Nombre de mois de fonctionnement
Village Ban Som, Changwat Korat, Thaïlande	1,25	830	23 février 1973	9
Village Kambaul, Province Kandal, République Khmère	1,50	800	11 avril 1973	<sup>1/</sup> 3
Kameau Long Thong B, Village Long An, Province Dinh Tuong, Viêt-Nam	1,00- 2,00	<sup>2/</sup> 200	12 mai 1973	6
Village Nong Tha Sud, Tasseng Thong Toum, District Chanthaboury, Laos	1,25	500	<sup>3/</sup>	0
Village Ban Nong Suang, Changwat Korat, Thaïlande	15,0	5.000	<sup>4/</sup> septembre 1973	1

- 1/ Le filtre pilote de Kambaul a été officiellement fermé en juillet à cause de l'apport insuffisant d'eau brute venant de l'étang (qui était presque à sec au début de juin), de l'incapacité de l'opérateur à se procurer de l'essence pour faire marcher la pompe, et de l'afflux de quelques 10.000 réfugiés répartis dans différentes installations provisoires du village. L'unité a été remise en marche en septembre dernier, lorsque les pluies ont partiellement rempli l'étang.
- 2/ Ce filtre pilote était conçu pour desservir quelques 500 personnes à partir de septembre 1973. Un système de distribution et un grand filtre primaire ont été construits dans ce but.
- 3/ De nombreux délais ont retardé jusqu'en septembre l'achèvement de ce filtre pilote. Il n'y eut donc pas de données d'opération avant la date de clôture du projet.
- 4/ Cette unité n'a pas été remise à la charge du gouvernement provincial, mais a continué à fonctionner sous la supervision de l'AIT en vue de résoudre les difficultés techniques.

Tableau 2 - Coûts de construction et fonctionnement des filtres pilotes en U.S. dollars, en 1973

Localisation des unités pilotes	Capacité m <sup>3</sup> /hr	Coût de construction 1/			Coût de l'investissement par usager	Coût de fonctionnement pour le 2/ village	Coût de fonctionnement pour chaque famille 3/		
		Equipement et matériaux	Transport	Travail				Total	
									Locaux Importés
Ban Som, Thaïlande	1,25	330	74	105	126	635	0,80	26	0,30
Kambaul, République Khmère	1,50	105	124	4/ N.D.	11	240	0,30	26	0,35
Hameau Long Thong B, Viêt-Nam	1,00-2,00	373	60	28	64	525	1,10-2,50	5/ 20	0,50
Nong Tha Sud, Laos	1,25	235	250	N.D.	N.D.	485	0,95	N.D.	N.D.
Ban Nong Suang, Thaïlande	15,0	3.660	2.000	530	1.600	7.850	1,60	6/ 115	0,15

Notes: N.D. = non disponible

1/ Le taux de change d'un U.S. dollar était 20,1 Baht = US\$1,00; 230 Riels = US\$1,00; 450 Piastres = US\$1,00; 605 Kips = US\$1,00.

2/ La base étant un opérateur à plein temps travaillant 8 heures par jour, 30 jours par mois.

3/ En assumant une charge égale pour chaque famille sans tenir compte de la qualité de l'eau utilisée ni du nombre de membres de la famille.

4/ Les frais de construction et de transport sont assumés par le Ministère de la Santé.

5/ Ce filtre pilote était conçu à l'usage de 500 personnes. Une somme additionnelle d'environ US\$30,00 a suffi à compléter le réseau de distribution pour desservir 300 personnes supplémentaires. Ceci explique les 2 montants du coût par usager. L'unité pilote an Viêt-Nam inclut le réseau de distribution par fontaines publiques dans tout le village.

6/ En assumant l'usage de 120 mg/l d'alun pour la filtration par "contact".

conventionnelles de traitement dans le Nord-Est de la Thaïlande.<sup>2/</sup>

Les frais de mis en oeuvre sont peu élevés pour toutes les unités filtres et varient entre \$0,15 et \$0,50 par usager. Ces coûts incluent le travail, l'huile, les millieux filtrants, l'entretien de la pompe (et, dans la cas particulier de Ban Nong Suang, les produits chimiques). Malgré leurs bas niveaux de revenus économiques, les habitants de village ont montré leur désir et leur possibilité de payer pour le fonctionnement du filtre pilote. A Ban Som par exemple, les frais moyens imposés à chaque famille pour maintenir le système en fonction sont de 4 Baht (US\$0,20). Le revenu moyen annuel de chaque famille est de 2.000 Baht (US\$100,00). Quand le village commence à mettre en oeuvre par lui-même le système de filtration et à payer tous les frais de fonctionnement, le chef de village instaure un double système de prix: chaque famille paie 5 Baht par mois durant la saison de la moisson, et 1,5 Baht pendant la saison morte lorsque les disponibilités en argent liquide sont au minimum. Le manque de temps n'a pas permis de connaître l'efficacité de cet auto-financement par les villageois eux-mêmes. Toutefois, en comparaison avec les autres systèmes de distribution dans les villages similaires du Nord-Est de la Thaïlande,

---

<sup>2/</sup> Athikomrungsarit, C. (1971). Benefits and Costs of Providing Potable Water to Small Communities in Thaïlande. Thèse de Maîtrise, Institute Asiatique de Technologie, Bangkok. Les chiffres se réfèrent aux coûts de l'usine de traitement d'eau seule et seraient bien plus considérables si on les calculait au cours du dollar de 1973.

les coûts d'opération et de maintien de ces unités-filtres sont d'un quart à un demi moins chers. <sup>3/</sup> Une enquête effectuée à l'échelle du village, à Ban Som, après 4 mois d'opération du filtre, montre que le villageois moyen peut payer la charge d'eau de 10 Baht par mois et par famille.

---

3/ Frankel, R.J. (1973). Evaluation of the Effectiveness of the Community Potable Water Project in Northeast Thailand, Institut Asiatique de Technologie. Rapport de recherche soumis à la Division de l'Environnement Sanitaire, Ministère de la Santé, Bangkok.

### III RESULTATS DE FONCTIONNEMENT DES UNITES PILOTES

#### A. Ban Som, Thaïlande

L'opération du filtre-pilote à Ban Som a été un succès pendant toute la période de ses 9 mois de fonctionnement. Le tableau montrant l'efficacité du traitement de l'eau durant ces 9 mois en termes de turbidité, de couleur, des traces de rouille et de coliformes, ainsi que des changements de pH, est joint en Appendice. Les milieux filtrants ont été changés une fois (au mois de juin) après 590 heures d'utilisation. Les fibres de noix de coco ont été lavées dans le cours d'eau brute et réutilisées. Le son de riz calciné a été remplacé, par un nouvel apport de son provenant du moulin situé aux environs de Korat. Les mêmes milieux filtrants donnaient encore un bon rendement à la date de clôture du projet, soit le 31 octobre. La qualité de l'eau traitée durant ces 9 mois était excellente et conforme aux Standards Internationaux de l'Organisation Mondiale de la Santé pour l'Eau Potable en ce qui concerne la couleur, l'odeur et le goût. Le comptage bactériologique de l'eau traitée varie de 0 à 72 coliformes par 100 ml par le test de Millipore. La réduction des coliformes varie entre 25 et 100 pour cent, avec 90 pour cent le plus couramment observé. Malheureusement beaucoup de résultats obtenus lors des tests sur le terrain ont été rejetés faute d'un échantillonnage adéquat ou de techniques d'incubation appropriées.

Les problèmes rencontrés au cours du fonctionnement de ce filtre sont les suivants: (1) malgré l'insuffisance des eaux traitées



par rapport aux besoins des villageois, l'opérateur a continué à ne faire marcher le système que pendant 4 à 5 heures par jour sans augmenter la quantité d'eau; (2) trois pannes de la pompe ont entraîné 16 jours d'arrêt au total. D'abord, l'opérateur n'a pas été en mesure de réparer la pompe faute de l'outillage nécessaire. Mais lorsque le village a pris complètement en charge le fonctionnement du filtre pilote, les outils indispensables ont été fournis grâce aux fonds mêmes du projet. Il y eut 3 autres arrêts de fonctionnement du filtre qui se sont produits pendant que l'opérateur s'était rendu à Bangkok pour affaires personnelles.

Cette source de distribution d'eau a été bien acceptée par les villageois. Pendant la saison sèche, l'eau du filtre a été utilisée exclusivement comme eau de boisson et pour la cuisine. Il n'y a pas eu de plainte en ce qui concerne le goût et l'odeur de l'eau: les villageois ont dit avoir bien aimé le goût de cette eau. Le véritable test d'acceptabilité a été conduit durant la saison des pluies où l'eau de pluie a été aussi bien accueillie que celle du filtre. Le Tableau 3 présente les résultats d'une enquête portant sur 100 familles du village. Quatre-vingt-trois pour cent des familles continuent à utiliser l'eau du filtre pour boire, et pour faire la cuisine. Ils s'en servent aussi pour se laver et pour faire la lessive, tout en sachant qu'ils disposent par ailleurs d'eau de pluie pour tous leurs besoins. Dix-sept pour cent des familles cessent d'utiliser l'eau du filtre parce qu'ils devraient marcher trop loin pour s'en procurer (alors qu'ils demeurent à proximité du cours d'eau qui traverse Ban Som),

Tableau 3 - Résultats du questionnaire relatif à l'utilisation de l'eau, Ban Som, Changwat Korat, septembre 1973. (Questionnaire soumis à 100 familles durant la saison des pluies)

- (1) A quelle fréquence utilisez-vous l'eau de pluie pour boire?
- ... tous les jours.
  - ... quand il pleut.
  - 100 ... jusqu'à épuisement des réserves.
- (2) Durant la saison des pluies, utilisez-vous l'eau traitée du filtre pilote?
- ... tous les jours.
  - 30 ... parfois.
  - 53 ... seulement à défaut de l'eau de pluie.
  - 17 ... pas du tout parce que le filtre est trop éloigné de la maison.
- (3) Gardez-vous en réserve à la fois l'eau de pluie et l'eau provenant du filtre pilote?
- 25 ... seulement l'eau de pluie.
  - 52 ... à la fois l'eau de pluie et l'eau filtrée mais dans des jarres séparées.
- (4) Utilisez-vous l'eau du filtre pilote pour boire ou pour d'autres usages?
- 83 ... pour les besoins culinaires
  - 83 ... pour les bains
  - 83 ... pour laver la vaisselle, les vêtements, la maison, etc.
  - 83 ... pour le jardinage
  - 17 ... l'eau de pluie est utilisée pour tous les usages domestiques.
- (5) Préférez-vous l'eau de pluie ou l'eau filtrée?
- ... Non
  - 100 ... Oui

Pour quelles raisons?

Pour ne pas perdre de temps à aller chercher de l'eau filtrée et de plus parce que l'eau de pluie n'a ni couleur ni odeur.

ils avaient d'ailleurs une réserve d'eau de pluie suffisante pour leurs besoins en eau potable et en eau de cuisson. En fait pendant la saison des moussons, toutes les familles déclarent préférer l'eau de pluie parce qu'elles n'ont pas à perdre leur temps à aller chercher l'eau du filtre. L'eau de pluie peut être captée directement des gouttières du toit et drainée par des conduites aux jarres faites de terre cuite ou de béton. Fait assez intéressant à noter: 75% de toutes ces familles gardent en réserve les deux sortes d'eau. 50% emmagasinent l'eau de pluie et l'eau du filtre dans des jarres différentes; 25% dans les mêmes jarres; 25% font leur réserve en eau de pluie seulement.

#### B. Kambaul, République Khmère

La mise en fonctionnement du filtre pilote à Kambaul n'a pas été un succès complet. Le filtre primaire qui utilise les fibres de noix de coco comme milieu filtrant s'est avéré efficace, avec l'élimination de 20-200 JTU de turbidité selon la qualité de l'eau brute. Mais le filtre secondaire, qui emploie le son de riz calciné ne réduit pas substantiellement le reste des matières turbides ou colorantes, comme en Thaïlande ou au Viêt-Nam. Les recherches effectuées au laboratoire de l'AIT ont révélé que le son de riz calciné utilisé à Kambaul possède une structure plus lâche, probablement due à sa faible teneur en silice. Cette différence de structure aurait peut-être nui aux propriétés filtrantes du son. Une discussion plus détaillée est présentée dans la section "Perspectives de Recherche".

Le filtre pilote a été remis en marche en septembre en utilisant cette fois du son calciné envoyé de Thaïlande. Malheureusement, à cause de la guerre, très peu de moulins à riz fonctionnent aux environs de Phnom Penh, et même le son de riz calciné a été difficile à trouver sur place. Juste un seul test relatif à la qualité de l'eau traitée a été réalisé depuis cette date. La turbidité de l'eau filtrée est codée à 10 JTU. C'est un chiffre remarquablement bas en comparaison avec tous ceux obtenus depuis le début du fonctionnement du filtre en avril et en mai. Aucun autre résultat n'a pu être obtenu au sujet du fonctionnement.

#### C. Hameau Long Thong B, Viêt-Nam

Depuis sa mise en route au début de mai, ce filtre pilote a fonctionné admirablement bien. Pas un seul jour d'arrêt n'a été rapporté tout au long de ces 6 mois de fonctionnement. La surveillance et l'aide technique pour faire fonctionner ce filtre ont été assumées de façon excellente par le Ministère de la Santé Publique. La qualité de l'eau filtrée a été très bonne et conforme aux Standards Internationaux de l'Organisation Mondiale de la Santé pour l'Eau Potable, en ce qui concerne la limpidité, la couleur, le goût et l'odeur. Les résultats des tests réalisés en laboratoire concernant les paramètres sélectifs de qualité sont fournis en Appendice.

Les données recueillies montrent les effets de dilution de la saison des pluies sur le niveau des chlorures dans l'eau qui ne peuvent être enlevés par filtration. Les villageois consommaient une eau dont

la teneur en chlorures variait de 400 à 2.000 mg/l durant la saison sèche (l'OMS recommande le chiffre standard de 250 mg/l), et durant la saison des pluies, la teneur en chlorures dans l'eau consommée n'était que de 10 à 40 mg/l.

Durant la saison des hautes eaux de la rivière, les niveaux de turbidité sont plus élevés qu'en saison sèche. La réduction bactériologique était bonne, mais des erreurs se sont glissées au cours du test de fermentation à tubes multiples pour le calcul du nombre le plus probable des coliformes par 100 ml. Des valeurs allant de 0 à 2.400 coliformes par 100 ml ont été relevés dans l'effluent sortant du filtre. Le comptage bactériologique des coliformes dans l'eau brute s'élève à plus de 10.000 MPN/100 ml.

L'acceptabilité de l'eau par les villageois a été testée par une enquête portant sur 42 familles utilisant l'eau filtrée. Ces 42 familles ont toutes répondu qu'elles utilisaient l'eau filtrée pour boire et pour faire la cuisine et qu'elles en aimaient le goût. Aucune plainte n'a été rapportée au sujet du goût ou de l'odeur. Neuf familles ont dit que l'eau filtrée n'avait aucun goût désagréable.

#### D. Ban Nong Suang, Thaïlande

La mise en opération de cette unité, la plus grande de toutes, présentait des difficultés dans la manipulation des milieux filtrants, à savoir le problème du trempage et du lavage des 10 m<sup>3</sup> de fibres de noix de coco. L'eau brute utilisée à ces fins était excessivement trouble (turbidité >600 JTU). C'est pourquoi l'élimination de la

couleur résiduelle dans les fibres n'a pas été complète. Il n'y a eu aucun problème quant à l'obtention et la manipulation du son de riz calciné.

Le choix du village Ban Nong Suang pour y installer le filtre pilote a résulté d'une décision administrative et n'a été précédé d'aucune analyse de la qualité de l'eau brute. L'eau de l'étang contenait une qualité élevée d'argile en très fine suspension (600-1.000 JTU) qui se prêtait mal à la sédimentation.

De plus la quantité d'alun nécessaire à la formation des floccs a été élevée et dépassait 200 mg/l. Même si la turbidité de l'eau brute était réduite de 90 pour cent, l'eau traitée contenait encore 60-100 JTU et était donc d'une qualité inacceptable.

L'idée d'une "filtration par contact" utilisant de faibles quantités de produits chimiques a été essayée pendant une courte période, comme il est indiqué dans la section "Déroulement des Recherches". Les résultats étaient tout à fait prometteurs. A faibles doses de produit chimique (environ la moitié de la demande en coagulant), les particules s'aggloméraient suffisamment, non pour se déposer, mais pour être effectivement retenues et éliminées dans le filtre primaire utilisant les fibres de noix de coco comme milieu filtrant. D'autre part, les fibres de noix de coco, en qualité de matière filtrante, se prêtent difficilement au blocage par les floccs formés par l'alun et les particules d'argile, comme ce serait le cas avec du sable ou du son calciné. En fait, la perte de charge est lente et la qualité de l'effluent est des plus satisfaisantes, telle qu'on la trouvera décrite dans la section "Déroulement des Recherches".

#### IV. DEROULEMENT DES RECHERCHES EFFECTUEES EN LABORATOIRE ET SUR LE TERRAIN

##### A. Coagulation et Filtration de l'Eau en Utilisant des Fibres de Noix de Coco comme Milieu Filtrant dans le Filtre Primaire

Les fibre de noix de coco utilisées comme milieu filtrant réduisent généralement la turbidité de l'eau de 50 à 60 pour cent, et parfois davantage. Toutefois, avec des eaux contenant de très fines particules en suspension, comme à Ban Nong Suang, ce milieu filtrant s'est avéré inefficace pour réduire la turbidité de l'eau dans son ensemble. L'addition de faibles quantités de produits chimiques était donc nécessaire pour traiter ces eaux et obtenir un effluent clair et limpide. La filtration par contact utilisant le sulfate d'aluminium (alun) pour coaguler les fines particules colloïdales en de plus grosses susceptibles d'être éliminées par les fibres de noix de coco, semblerait une technique prometteuse pour étendre la capacité du filtre à double phase au traitement des eaux difficiles à traiter. Grâce à cette technique, le filtre serait en mesure de traiter de façon efficace toutes les eaux de surface dans les pays du Bas Mékong.

##### 1. Etudes en laboratoire

Une étude expérimentale a été menée pour déterminer la quantité minimale d'alun commercial (50% en poids) nécessaire pour éliminer la turbidité colloïdale de façon efficace (environ 90 pour cent de réduction) en utilisant les fibres de noix de coco comme milieu filtrant. Il fallait aussi déterminer la longueur de vie du filtre avant blocage et (ou) établir le niveau de perte de charge dans le milieu filtrant.

Dans les expériences, on utilisait l'eau du canal de Rangsit, car cette eau contient de fines particules en suspension à l'état colloïdal. La demande en coagulant était déterminée à l'aide de l'appareil conventionnel pour l'épreuve de coagulation et de floculation, le pH de l'eau n'étant pas ajusté au cours des expériences effectuées sur le terrain. La demande en coagulant s'est révélée être d'environ 180 mg/l pour obtenir une coagulation et une sédimentation efficaces des matières turbides. Ceci représente environ 70 pour cent de la demande en coagulant pour l'eau de Ban Nong Suang.

### Résultats

La turbidité et les pertes de charge obtenues sont présentées à la Figure 1. En prenant pour base 14 heures de filtrage de l'eau du canal de Rangsit, les observations suivantes ont pu être notées:

(1) Une couche de 80 cm de fibres de noix de coco élimine seulement 50-60% des matières turbides sans addition de coagulant chimique.

(2) L'élimination des matières turbides augmente jusqu'à 65-75% avec addition de 80 mg/l d'alun pour améliorer l'efficacité des fibres de noix de coco.

(3) Avec addition de 130 mg/l d'alun l'élimination des matières turbides s'élève à 80-90% tout au long de l'expérience.

(4) L'addition d'alun à 180 mg/l, dose équivalente à la demande en coagulant de l'eau brute ne s'est pas avérée nécessaire. L'économie en coagulant chimique est donc de l'ordre de 35%.

(5) Les fibres de noix de coco ne montrent aucune tendance à se



Milieu filtrant : fibres de noix de coco  
 Profondeur : 80 cm

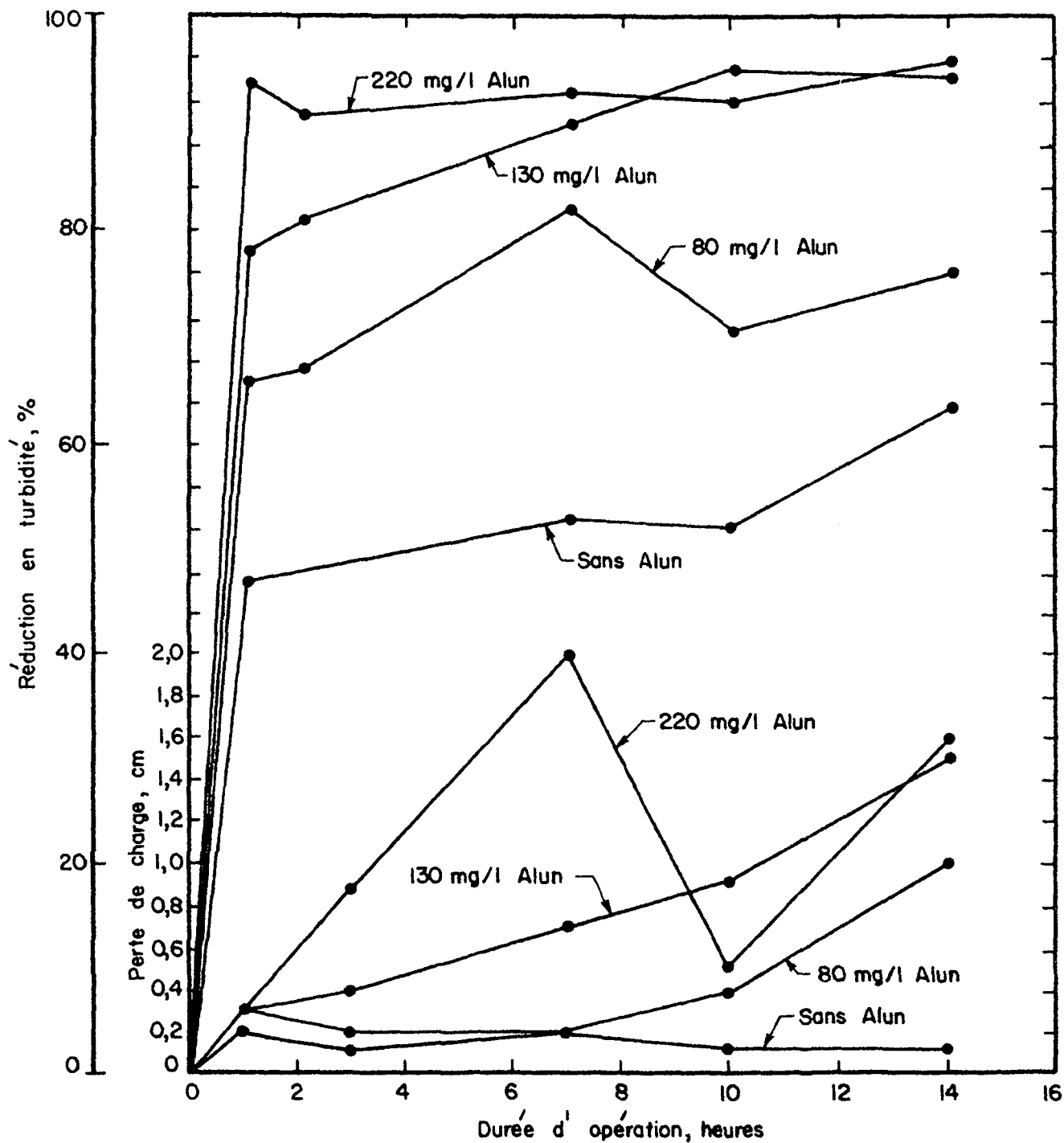


FIGURE 1

Elimination de la Turbidité et Perte de Charge en Fonction du Dosage d'Alun

former en bouchons obstruants au cours des 14 heures de filtrage. La perte de charge maximale est de 1,6 cm. D'après les tests en laboratoire, il serait intéressant d'approfondir l'étude de l'emploi de l'alun à des doses inférieures à la demande en coagulant, mais suffisantes pour amorcer l'agglomération des particules colloïdales en vue d'améliorer la capacité filtrante des fibres de noix de coco.

2. Etudes effectuées sur le projet pilote - Fonctionnement du filtre pilote à Ban Nong Suang, utilisant les coagulants chimiques, Changwat Korat, 9-11 octobre et 24-28 octobre 1973.

A Ban Nong Suang l'eau brute a une turbidité très élevée (600-1000 JTU). Les particules en suspension colloïdale ont un diamètre inférieur à 1 micron et représentent 38% de la turbidité totale. La demande en coagulant, déterminée par le test standard de coagulation et de floculation, est de 260 mg/l d'alun. Cette quantité de coagulant est nécessaire pour effectuer une coagulation-sédimentation permettant de réduire le niveau de la turbidité à 20 JTU environ.

Une gouttière en bois, coupée de nombreuses chicanes, a été construite à l'entrée du filtre afin de permettre un bon brassage de l'eau brute et de la solution d'alun avant que le mélange ne s'écoule à travers le milieu filtrant. Quelques 500 litres de solution commerciale d'alun (50% en poids) ont été nécessaires pour effectuer ces expériences. Le débit d'alimentation en solution d'alun était régularisé grâce à un réservoir contenant environ 80 litres de cette solution.

### Expérience de filtrage

La mise en marche du filtre a été effectuée avec un débit d'alun d'environ 140 mg/l. La qualité de l'eau brute était 785 JTU et pH 8,1. Aucun ajustement du pH n'a été effectué au cours de l'expérience, dans le cas contraire la quantité d'utilisation de l'alun pourrait peut-être réduite ou son efficacité augmentée.

La solution d'alun était mélangée à l'eau brute grâce à un système de chicanes en bois à l'entrée du filtre primaire. Les particules colloïdales s'étaient ramassées en floccs au-dessus de la couche filtrante faite des fibres de noix de coco. L'effluent du filtre primaire s'écoulait dans le second filtre avec du son calciné comme milieu filtrant. Après 9 heures de fonctionnement en utilisant une dose d'alun de 140 mg/l, l'effluent à la sortie du premier filtre avait une turbidité maximale de 90 JTU. Après 5 heures de fonctionnement supplémentaires, la turbidité de l'effluent du second filtre était de 30 JTU. Cette eau, relativement claire, était emmagasinée dans le réservoir pour être distribuée aux villageois.

### Discussion et Conclusion

Les résultats des essais sont présentés au Tableau 4. La qualité de l'eau sortant du premier et du second filtre n'est pas constante. Toutefois, l'eau traitée est relativement claire, 6-40 JTU. L'opération peut conduire à une plus grande économie de coagulant chimique si elle est réalisée avec succès sur une base continue.

Tableau 4 - Résultats d'Analyse des Echantillons d'Eau  
de l'Effluent, Ban Nong Suang, Korat

Dates des prises d'échantillons d'eau		1 <sup>er</sup> Filtre		2 <sup>e</sup> Filtre		Réservoir de Stockage	
Jour	Heure	Turbidité	pH	Turbidité	pH	Turbidité	pH
25/10/73	06,00	18	6,30	6	6,35	18	6,35
	12,00	90	5,60	40	6,40	20	6,38
26/10/73	07,00	10	6,35	8	6,35	-	-
27/10/73	17,30	22	6,15	16	6,20	-	-

B. Analyse du son de riz provenant de Thaïlande et du Cambodge  
Calciné à différentes températures

Le Tableau 5 montre les caractéristiques physiques de deux échantillons de riz provenant de Thaïlande et du Cambodge lorsqu'ils sont calcinés à des différentes températures.

Aux températures de 250-400°C et plus de 800°C, les deux échantillons de son sec provenant de chacun des deux pays ont pu être calcinés en donnant un résidu noir (appelé son de riz calciné). L'examen à l'oeil nu a montré que la taille des particules de son de riz calciné à 250-400°C est plus grande que celle des particules de son calciné à 800°C. Plus de 99.9% du son calciné à 300°C était noir foncé, mais le son calciné à 800°C n'a pas noirci totalement, quelques particules étaient blanches, grises ou brunes.

Le son déjà calciné à 300°C (le résidu noir), lorsqu'il est regrillé au four à 600°C, prend alors la couleur blanc-gris-brun, semblable à celle obtenue avec le son sec calciné directement à 600°C.

L'analyse du tableau 5 permet les observations suivantes:

(a) Il n'y a pas de différence notable entre les échantillons brûlés à 400°C et plus. Les variations semblent résulter des différences entre les échantillons.

(b) Le résidu de calcination du son khmer est de 5% environ inférieur à celui du son thaï.

Il serait donc permis de penser que le son khmer contient moins de silice ou de cendre que le son thaï. Selon Williams (1973)<sup>4/</sup>

---

<sup>4/</sup> Williams, F.H.P. (1973). Communication Personnelle. Institut Asiatique de Technologie, Bangkok.

Tableau 5 - Caractéristiques du son de riz de provenance thai et khmère calciné à différentes températures

Température de Calcination, °C	% Perte de poids du son de riz sec (à 60°C)		% de Résidu du son de riz sec (à 60°C)		Couleur du Résidu	
	Thai	Khmer	Thai	Khmer	De Provenance thai	De Provenance khmère
60	7,42	6,91	92,58	93,09	} Pour déterminer la teneur en humidité Noir Brun foncé, noir, blanc D'un blanc tirant sur le gris très clair D'un blanc grisâtre clair D'un blanc tirant sur le gris clair Noir et gris D'un blanc tirant sur le gris D'un noir tirant sur le gris blanchâtre	Noir Brun foncé, blanc D'un blanc tirant sur le brun D'un blanc tirant sur le brun clair D'un blanc tirant sur le brun très clair D'un blanc tirant sur le brun très très clair Noir, blanc Noir
105	9,46	8,45	90,54	91,55		
300	52,58	57,70	47,42	42,30		
400	76,09	79,54	23,91	20,46		
500	74,53	79,74	25,47	20,26		
600	75,40	79,98	24,60	20,02		
700	76,44	81,57	23,56	18,43		
800	76,47	80,75	23,53	19,25		
860	76,17	79,89	23,83	20,11		
900	75,96	80,99	24,04	19,01		

Remarques:

(1) La Procédure d'Analyse est la suivante:

Son de riz brut  $\xrightarrow{\text{à } 60^{\circ}\text{C}}$  Son de riz sec calciné à différentes températures  $\rightarrow$  Résidu  
dans Four à Air dans le four pendant 1 heure

(2) Calciner à une température donnée (800°C par exemple) signifie que le son de riz séché a été mis instantanément dans le four pour être calciné à cette température (800°C) pendant une heure (le four a été antérieurement porté à la température désirée, 800°C dans ce cas).

(3) Le son de riz brut provenait de l'Université Kasetsart, Bangkok, Thaïlande, et d'un moulin à riz à Phnom-Penh, République Khmère. Le son de riz de provenance thai était de la variété 99.1.

(4) Les valeurs en % de perte de poids et en % de résidu sont basées sur le poids sec originel après séchage à 60°C (excepté pour l'échantillon séché à 105°C).

la structure de silice des cendres du son khmer serait probablement plus lâche que celle du son thai à cause d'une teneur plus faible en silice. Il faudrait donc s'attendre à ce que les cendres du son khmer s'émiettent plus rapidement, à ce qu'elles perdent plus facilement leurs propriétés de milieu filtrant et se forment plus aisément en corps obstruants.

Analyse du son calciné provenant des moulins à riz de Thaïlande et du Cambodge

Des échantillons de son de riz calciné aux moulins à riz de Thaïlande et de République Khmère ont été analysés pour la distribution en dimension de leurs particules et pour leur perte en poids après calcination. Le son khmer calciné présente des particules plus grandes et plus noires que celui de Thaïlande. Après une heure de calcination à 600°C, le son khmer subit une grande perte de poids (55% pour un échantillon et 45% pour un autre) et le résidu noir devient brun tirant sur le blanc. Par comparaison, le son thai calciné donne des particules de plus petites dimensions et de couleur noir-blanc-gris. Ces particules n'ont pas pu être calcinées avec un résidu blanc et gris, et la perte de poids après une heure de calcination à 600°C a été relativement peu élevée (2.5% pour un échantillon et 12% pour un autre).

En comparaison avec le son thai calciné (à 600°C pour évaluer la perte en poids après ignition), les particules calcinées de son khmer se présentent à l'examen microscopique comme ayant une structure plus délicate mais de forme identique aux particules de son thai.

Les différences de couleur mentionnées ci-dessus, entre les particules de son calciné correspondent aux observations relatives aux particules calcinées à 300°C et 800°C, et sont représentées au Tableau 5. A première vue, il apparaît que la température de calcination du son de riz thai et khmer pourrait être différente, et que cette différence serait partiellement responsable des variations de propriétés de filtration constatées dans l'emploi du son calciné en provenance de ces deux pays. Les deux échantillons de son calciné de provenance khmère qui présentaient respectivement une perte de 55 et 45% après ignition, laisseraient croire que la température de calcination était de 300°C. Pourtant, il n'est pas certain qu'une température de calcination plus élevée donnerait une meilleure structure.

Les 2 échantillons de son thai calciné qui présentatent une perte de 2.5% et 12% après ignition, suggéreraient une température initiale de calcination de 300 à 400°C (probablement entre 300 et 350°C et non de 800°C, comme suggérée par les différences de couleur. Il ne semble pas que le son de riz thai ait été calciné à 800°C ou plus (en fait, pas plus de 600°C), parce que les particules n'auraient même pas subi après ignition la petite perte de poids (2.5% et 12%), si elles avaient été antérieurement calcinées à 800°C. Les particules de son thai calciné présentent des dimensions plus petites, un coefficient d'uniformité plus élevé, et probablement une structure plus forte que celles du son khmer. L'observation au microscope montre que les particules de son thai calciné sont plus épaisses que celles de provenance khmère, par contre, toutes les autres propriétés sont les mêmes.



D'après les expériences, la faible capacité filtrante du son de riz khmer calciné pourrait ne pas être dû à la calcination à basse température. Des recherches plus poussées sur le son calciné à 600°C et à 800°C sont recommandées afin de déterminer si les propriétés de filtration du riz khmer sont améliorées avec l'élévation de la température de calcination. Dans le cas contraire, il devient apparent que la basse teneur en silice du son de riz khmer affecte de façon inverse les propriétés filtrantes du son de riz calciné. Il est à suggérer que d'autres échantillons provenant des moulins à riz dans les régions environnantes (Battambang par exemple) devraient être expérimentés pour compléter les essais. Il serait bon de noter que le son de riz calciné venant du Viêt-Nam s'emploie efficacement et présente des propriétés physiques identiques à celles des échantillons en provenance de la Thaïlande.

## V. RESUME ET PERSPECTIVES DE RECHERCHES ULTERIEURES

### A. Sommaire des Résultats Obtenus

Les résultats obtenus jusqu'à présent peuvent être résumés comme suit:

(1) Plusieurs unités filtres de grandeur et de conception différentes ont été essayés avec succès dans les pays riverains du Bas Mékong. Deux unités de petite grandeur desservant chacune plusieurs centaines de villageois en Thaïlande et au Viêt-Nam, ont fonctionné continuellement presque sans problème pendant une durée d'essais de quinze mois au total. Les unités installées dans la République Khmère et au Laos n'ont pas fonctionné assez longtemps pour que l'on puisse évaluer leur efficacité. La plus grande unité filtre était construite et installée en Thaïlande pour desservir quelques 5.000 personnes. L'expérience acquise dans la construction et la mise en oeuvre des filtres individuels de format familial reste insuffisante.

(2) Les données recueillies sur le terrain démontrent que les filtres sont capables de traiter avec succès toutes les eaux de surface sans recours aux produits chimiques, sauf dans les cas particuliers où l'eau présente une trop grande turbidité. Toutefois ces eaux peuvent être traitées de façon satisfaisante à l'aide de faibles doses de coagulant chimique. Le dosage requis est inférieur à celui qui serait normalement exigé par la demande en coagulant et s'avère suffisant pour amener l'agglomération des particules.

(3) L'eau traitée présente les qualités physiques suivantes: clarté transparente, avec une turbidité de moins de 5 JTU, sans couleur,

sans odeur et d'un goût agréable. L'élimination des matières turbides est généralement supérieure à 80% et atteint 97% dans bien des cas. La suppression de la couleur est également effective. L'élimination du fer dans les eaux riches en cette substance est suffisante pour respecter les normes recommandées. De façon générale, l'eau traitée satisfait les Standards Internationaux de l'OMS pour l'Eau Potable en ce qui concerne la couleur, le goût, et l'odeur.

(4) Au point de vue bactériologique, la qualité de l'eau traitée est généralement améliorée de 30% ou plus par rapport à l'eau non traitée. Le taux d'élimination des bactéries se compare de façon très favorable à celui obtenu dans les usines de traitement conventionnel de l'eau avant la désinfection. Une petite dose de chlore, probablement moins de 1 mg/l, serait suffisante pour satisfaire les Standards Internationaux de l'OMS pour l'Eau Potable. Pourtant la désinfection par le chlore n'a pas été utilisée de crainte d'un éventuel refus de la part des villageois de boire de l'eau chlorée, et aussi à cause de leurs habitudes traditionnelles dans l'usage de l'eau.

(5) Les durées de fonctionnement de ces filtres dépassent toutes les prévisions basées sur les résultats en laboratoire. Quoique la variation dans la turbidité et la distribution des gros-seurs des particules dans l'eau brute sur le terrain soient différentes de la qualité de l'eau brute étudiée en laboratoire dont le contrôle est assez uniforme, la durée des milieux filtrants avant la formation des pertes de charge s'est allongée, et ce, sans diminution dans l'efficacité du filtre et dans la qualité de l'eau traitée. Ainsi

les filtres fonctionnent-ils de 4 à 5 mois sans changement de milieux filtrants, tandis qu'au laboratoire ces milieux devraient être changés tous les mois ou toutes les six semaines.

(6) Les problèmes de fonctionnement sont minimes. La fibre de noix de coco peut être lavée et réutilisée. La partie supérieure du son de riz calciné, sur 5-10 cm d'épaisseur, peut être raclée et rejetée. Un apport additionnel de nouveau son de riz calciné ramène le milieu filtrant à son épaisseur initiale. Les pannes de la pompe constituent le principal problème de fonctionnement, causant environ 15 jours de perte de production durant l'étude des unités pilotes. Le voyage d'un opérateur en dehors du village a causé un autre arrêt de 5 jours.

(7) Les hostilités qui affectent trois des quatre pays riverains du Bas Mékong ont entravé l'approvisionnement des matériaux agricoles. C'est ainsi qu'est affectée l'arrivée du riz aux moulins à riz et des noix de coco aux usines d'extraction d'huile de coprah et qu'il est devenu difficile d'approvisionner les premiers filtres pilotes en fibres de noix de coco et en paddy de riz calciné. A supposer que la situation politique s'améliore dans les pays riverains du Bas Mékong, on pourrait trouver facilement sur place les matières premières nécessaires pour monter les filtres et les maintenir en opération.

(8) L'acceptabilité de l'eau filtrée est universelle de la part des villageois à la fois comme eau potable et comme eau à usages domestiques durant la saison sèche. Durant la saison des pluies, l'utilisation de l'eau filtrée reste encore très encourageante, comme

le démontre l'enquête réalisée dans un village thai. Quelque 75% des villageois continuent à recueillir et à tenir en réserve à la fois l'eau filtrée et l'eau de pluie, 50% le font dans les mêmes jarres. 8% des villageois utilisent l'eau filtrée, mais gardent seulement en réserve l'eau de pluie. Quelque 17% des familles ne recueillent pas l'eau filtrée parce que: (1) il leur est plus facile de capter l'eau de pluie; (2) la quantité d'eau de pluie est suffisante; et (3) ces villageois préfèrent le goût de l'eau de pluie à celui de l'eau filtrée.

(9) Un courant d'intérêt s'est créé dans les villages environnant les filtres pilotes et dans plusieurs ministères gouvernementaux responsables de l'approvisionnement en eau dans les communautés rurales, afin d'installer et de faire fonctionner d'autres systèmes de filtration de conception similaire.

#### B. Perspectives de Recherches

Comme conséquence du succès de l'opération des filtres pilotes, plusieurs idées nouvelles et questions non résolues se présentent naturellement comme d'intéressants champs de recherches futures. Cela comprend les techniques utilisées pour prolonger la durée de service des milieux filtrants, pour étendre la variété des eaux susceptibles d'être traitées par les filtres à double étage en y incluant tous les types de turbidité de caractéristiques variées et de grosseurs diverses de particules, et pour simplifier la conception et en même temps diminuer le capital investi ainsi que les coûts de fonctionnement. Ces domaines de recherche portent sur les points suivants:

(1) Il serait bon d'effectuer une étude physico-chimique détaillée des propriétés des fibres de noix de coco et de son de riz calciné pour trouver la cause de l'efficacité de ces matériaux comme milieux filtrants dans l'élimination de la turbidité, de la couleur, du goût et de l'odeur de la plupart des eaux de surface. Cette étude devrait inclure une définition des caractéristiques propres à assurer l'efficacité des milieux filtrants.

(2) Une étude pilote effectuée à Ban Nong Suang, Changwat Korat, aiderait à déterminer le potentiel d'utilisation du premier filtre comme unité de filtration par contact dans laquelle une quantité minimale de coagulant serait ajoutée à l'eau brute pour amorcer l'agglomération des substances colloïdales. Cette quantité de coagulant serait la mesure exacte pour permettre l'élimination de ces colloïdes par les fibres de noix de coco.

(3) Il faudrait effectuer des essais sur le terrain avec des fibres de noix de coco préalablement tressées en tapis en remplacement des fibres tassées de façon assez lâche et qui nécessitent une boîte-filtre plus profonde pour un traitement efficace; des essais également avec du son de riz calciné comme substitut au sable dans les filtres à sables lents utilisés dans les villages.

(4) Mener plus profondément l'étude et l'expérimentation sur place des jarres filtres individuelles de format familial, qui n'ont pas été essayées dans les études pilotes.

(5) Etudier en laboratoire et sur le terrain l'utilisation des milieux filtrants en question pour traiter les eaux usées agricoles

et industrielles: (des études préliminaires à l'AIT indiquent que les fibres de noix de coco pourraient être particulièrement intéressantes pour le traitement des déchets huileux, et le son de riz calciné pour les eaux usées riches en sucres, et que ces deux matériaux peuvent être utilisés pour traiter les eaux usées sanitaires, par exemple, des hôpitaux, des habitations, des écoles, etc).

(6) Effectuer des expériences en laboratoire pour étudier la rentabilité économique de l'usage éventuel du son de riz calciné comme substitut du charbon activé et des autres produits chimiques dans la purification du sucre, et dans l'élimination des couleurs des eaux usées industrielles, particulièrement des industries textiles.

(7) Enquêter sur l'impact de l'eau filtrée sur les habitudes de consommation en eau des villageois, sur les pratiques sanitaires et sur la santé du village en termes de réduction des maladies dues à l'eau, telles que la diarrhée et la dysenterie.

(8) Développer un programme systématique de recherche pour l'étude du phénomène de base grâce auquel les fibres de noix de coco et le son de riz calciné réussissent l'élimination de la turbidité, couleur, bactéries et autres impuretés de l'eau. Ce programme aura pour objectif de développer les critères de base pour la réalisation, à l'aide des essais faits sur les eaux brutes, de la conception d'un système de filtre qui accomplira effectivement les taux d'élimination désirés. L'étape initiale de ce programme se limiterait à étudier le processus d'élimination de la turbidité due aux différentes sortes d'argile et également la distribution des grosseurs des particules.

L'étape suivante serait consacrée à l'étude de l'élimination des bactéries, couleur, huiles, pollution organique, etc. Ce système de filtration à double phase, utilisant en série les fibres de noix de coco et le son de riz calciné, offrira à l'ingénieur un nouvel outil de travail qui supporte avantageusement la comparaison avec le procédé conventionnel des filtres à sables rapides, et présentera également un vaste champ d'applications potentielles dans le traitement des eaux potables et des eaux usées industrielles, avec des impuretés telles que sucres, huiles, pâte à papier, etc.

Cette nouvelle méthode de filtration dont le but initial est de traiter l'eau potable pour la consommation dans les villages, semble pleine de promesses pour son application à des opérations fondamentales des industries. Les conséquences semblent très intéressantes, mais il faut reconnaître que le niveau de l'effort de recherche déployé jusqu'à présent est très faible, comparé à ce qui devra être fait pour quantifier le processus de base de l'élimination, de telle sorte que le système éventuel de filtration utilisant ces matériaux filtrants puisse être développé en offrant toute garantie de bonnes performances. Jusqu'à présent, la technologie de cette méthode est empirique, et sa conception devra être améliorée par des essais successifs.



REMERCIEMENTS

Ce projet de recherche a été réalisé grâce à l'assistance financière provenant du Programme de Recherche de l'Asie de l'Est, Office de Développement Economique Régional, USAID, qui a été accordée au Comité du Mékong. L'auteur apprécie avec reconnaissance la coopération et l'aide des enseignants, des étudiants de Maitrise et du personnel de la Division du Génie de l'Environnement (AIT), qui, au cours de ce projet, y ont contribué par leurs temps, commentaires et suggestions. La recherche a bénéficié de l'aide de MM. Sanga Yoomee et Pakorn Pakarneseree, Assistants de Recherche; MM. Low Beng-Peow, Luo Muh-Huo, et Fan Soo-Thin, Etudiants de Maitrise; Mme. Nataya Kittiveja et Mme. Ladawan Boonykietibotra, Secrétaires. Le Professeur F.H.P. Williams, de la Division de Géotechnique (AIT), a gracieusement contribué, de par ses idées et suggestions, à l'amélioration de l'utilisation des milieux filtrants ainsi que la conception des unités pilotes. Son intérêt et ses précieux commentaires tout au long du projet ont été des plus appréciés.

L'auteur se plaît à reconnaître l'aide de M. Plin Sau, du Comité du Mékong, qui a rempli à merveille son rôle d'agent de liaison avec les officiers gouvernementaux des pays riverains. Les efforts de plusieurs personnalités du Ministère de la Santé Publique au Cambodge et au Viêt-Nam méritent d'être soulignés: leur coopération et leur dévouement ont fait de la construction et de la mise en opération des unités pilotes un succès. La collaboration de plusieurs membres du

personnel dans les Comités Nationaux du Mékong est reconnue avec gratitude, en particulier celle de M. Joseph Hazbun, de l'OMS, qui a consacré beaucoup de son temps pour la construction et le fonctionnement des unités pilotes au Cambodge et au Laos. Finalement, l'auteur désire exprimer sa reconnaissance envers sa femme, Beverly, pour son enthousiasme, sa perspicacité, et sa patience tout au long du projet.

APPENDICE A

Tableau 1 - Performances du Filtre-Pilote à Ban Som, Changwat Korat

Date 1973	Période cumulative de fonctionnement (hr)	Turbidité (JTU)			Couleur (Unités Hach)			Coliformes MF/100 ml			pH			Teneur en Fer, mg/l		
		Eau brute	Eau traitée	% Réduction	Eau brute	Eau traitée	% Réduction	Eau brute	Eau traitée	% Réduction	Eau brute	Eau traitée	% Réduction	Eau brute	Eau traitée	% Réduction
23/2	15	40	5	88	120	40	67	80	5	94	7,7	7,3	0,8	0,3	63	
24/2	25	40	5	88	140	44	68	100	0	100	7,8	7,5	0,7	0,2	71	
25/2	35	40	5	88	130	40	69	60	0	100	7,4	7,3	0,7	0,2	71	
1/3	60	38	2	95	120	30	75	-	-	-	8,0	7,4	-	-	-	
6/3	95	40	5	88	150	50	67	21	2	91	8,4	7,5	0,7	0,2	71	
7/3	101	42	4	91	155	50	68	24	3	88	8,2	7,3	-	-	-	
8/3	107	35	3	91	140	10	93	19	1	95	8,0	7,2	-	-	-	
9/3	113	48	2	96	135	40	71	21	2	91	8,5	7,9	-	-	-	
10/3	119	60	1	98	185	10	95	18	1	94	8,6	8,4	-	-	-	
11/3	125	40	1	98	150	10	93	18	1	94	8,5	8,3	-	-	-	
16/3	155	40	5	88	180	30	83	-	-	-	8,3	7,7	0,7	0,2	71	
17/3	161	38	5	87	120	20	83	-	-	-	8,6	8,5	0,7	0,1	86	
18/3	167	37	3	92	172	28	84	-	-	-	8,0	7,2	0,7	0,2	71	
19/3	173	42	5	88	174	26	85	-	-	-	8,5	7,5	0,7	0,2	71	
20/3	180	40	4	90	175	29	83	-	-	-	8,2	7,0	0,7	0,2	71	
25/4	378	-	-	-	-	-	-	54	26	52	-	-	-	-	-	
10/5	451	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11/5	453	-	0,2	-	20	5	75	-	-	-	-	-	-	-	-	
12/5	459	-	0,7	-	15	20	neg	-	-	-	-	-	-	-	-	
13/5	466	-	<,1	-	20	5	75	-	-	-	-	-	-	-	-	
14/5	471	-	0,3	-	10	5	50	-	-	-	7,6	7,6	0,1	0,04	60	
15/5	478	-	0,3	-	20	15	25	-	-	-	-	-	-	-	-	
16/5	482	-	0,3	-	20	5	75	-	-	-	-	-	-	-	-	
17/5	484	43	0,3	99	175	5	97	-	-	-	-	-	-	-	-	
18/5	489	-	0,2	-	30	5	83	-	-	-	7,7	7,8	-	-	-	
19/5	496	-	<,1	-	30	5	83	98	64	45	7,7	7,7	-	-	-	
20/5	503	-	0,2	-	20	<5	>75	-	-	-	7,9	7,7	0,02	-	-	
21/5	507	-	0,3	-	8	<5	>40	-	-	-	7,9	7,8	0,02	0,01	50	
22/5	512	-	0,3	-	15	5	>70	-	-	-	7,8	7,6	-	-	-	

Tableau 1 - (Suite)

Date 1973	Période cumulative de fonctionnement (hr)	Turbidité (JTU)			Couleur (Unités Hach)			Coliforms MF/100 ml			pH		Teneur en Fer, mg/l		
		Eau brute	Eau traitée	% Réduc-tion	Eau brute	Eau traitée	% Réduc-tion	Eau brute	Eau traitée	% Réduc-tion	Eau brute	Eau traitée	Eau brute	Eau traitée	% Réduc-tion
23/5	517	-	0,2	-	20	≤5	>75	-	-	-	7,9	8,1	-	-	-
24/5	523	-	0,1	-	5	5	0	-	-	-	7,7	7,7	-	-	-
25/5	527*	14,5	3,1	72	50	30	40	98	48	51	7,7	7,8	-	-	-
26/5	532*	-	3,3	-	35	25	30	-	-	-	7,8	7,7	-	-	-
27/5	537*	-	4,0	-	25	30	neg	-	-	-	7,7	7,7	-	-	-
28/5	542*	-	0,3	-	40	10	75	-	-	-	7,8	7,8	0,4	0,02	95
29/5	548*	-	1,6	-	55	20	55	-	-	-	7,7	7,6	-	-	-
30/5	555*	34,5	2,2	94	140	20	85	-	-	-	7,6	7,7	-	-	-
31/5	559	17	1,7	90	70	10	86	-	-	-	7,6	7,8	-	-	-
1/6	563	-	2,0	-	25	10	60	96	72	25	7,8	7,8	-	-	-
Arrêt de l'opération du filtre: changement des milieux filtrants.															
2/6	2	-	2,5	-	20	20	-	-	-	-	7,8	7,7	-	-	-
3/6	7	-	0,6	-	25	15	-	-	-	-	7,9	7,8	-	-	-
4/6	12	-	2,5	-	30	20	33	-	-	-	7,8	7,9	0,2	0,1	50
5/6	18	-	3,3	-	30	15	50	-	-	-	7,8	7,9	-	-	-
6/6	23	-	3,0	-	25	30	neg	-	-	-	8,0	7,9	-	-	-
7/6	27	27	1,2	96	100	10	90	-	-	-	8,1	8,1	-	-	-
8/6	33	-	-	-	-	-	-	64	12	81	-	-	-	-	-
9/6	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/6	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11/6	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/6	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/6	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14/6	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/6	65	-	0,1	-	10	5	50	-	-	-	7,9	7,9	-	-	-
16/6	68	-	2,5	-	20	10	50	-	-	-	7,9	7,9	-	-	-
17/6	71	-	0,1	-	10	5	50	50	12	76	7,9	8,1	-	-	-
Les échantillons d'eau ont été renversés par suite d'un accident de la route en direction vers AIT															

\* L'opérateur a augmenté le flot dans le système filtrant en enlevant la valve de régularisation et le flotteur. L'eau est également soutirée en-dessous de la profondeur du milieu filtrant de paddy de riz calciné.

Tableau 1 - (Suite)

Date 1973	Période cumula- tive de fonc- tionne- ment (hr)	Turbidité (JTU)			Couleur (Unités Hach)			Coliforms MF/100 ml			pH			Teneur en Fer, mg/l		
		Eau brute traitee	% Réduc- -tion	Eau brute traitee	Eau brute traitee	% Réduc- -tion	Eau brute traitee	Eau brute traitee	% Réduc- -tion	Eau brute traitee	% Réduc- -tion	Eau brute traitee	% Réduc- -tion	Eau brute traitee	% Réduc- -tion	
18/6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19/6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20/6	-	Période de non-fonctionnement														
21/6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22/6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23/6	77	-	0,1	10	5	50	-	-	8,0	7,9	0,07	0,08	neg	-		
24/6	80	-	0,1	20	5	75	-	-	7,9	7,9	-	-	-	-		
25/6	82	-	0,1	20	5	75	-	-	7,9	7,9	-	-	-	-		
26/6	84	110	0,1	40	5	88	-	-	8,0	8,0	-	-	-	-		
27/6	87	98	3,0	200	20	90	88	30	66	7,5	7,5	-	-	-		
28/6	91	80	1,5	200	20	90	-	-	7,3	7,5	-	-	-	-		
29/6	93	100	1,0	200	30	85	-	-	7,6	7,4	-	-	-	-		
1/7	99	105	1,0	200	20	90	-	-	7,5	7,4	-	-	-	-		
2/7	102	95	5,0	200	30	85	-	-	7,4	7,3	-	-	-	-		
3/7	105	87	4,0	220	20	90	-	-	7,4	7,5	-	-	-	-		
4/7	108	85	1,5	200	20	90	-	-	7,4	7,5	-	-	-	-		
5/7	110	65	2,0	150	15	90	-	-	7,4	7,3	-	-	-	-		
12/7	130	-	-	-	-	-	-	-	7,4	7,2	-	-	-	-		
13/7	132	31	6,0	60	20	67	-	-	7,6	7,5	-	-	-	-		
14/7	135	113	6,0	200	20	90	-	-	7,3	7,6	-	-	-	-		
15/7	138	71	5,0	150	30	80	-	-	7,3	7,5	2,1	0,3	86	-		
16/7	141	-	-	-	-	-	-	-	7,8	7,5	-	-	-	-		
17/7	145	-	-	-	30	-	-	-	7,8	7,6	-	-	-	-		
18/7	147	-	-	-	30	-	-	-	7,4	7,6	-	-	-	-		
31/7	190	-	4,0	20	15	25	-	-	8,1	8,1	0,4	0,3	25	-		
1/8	193	-	1,0	50	10	80	-	-	8,2	8,2	-	-	-	-		
6/8	206	27	1,4	100	20	80	-	-	7,9	8,0	1,07	0,07	94	-		
7/8	208	24	0,5	90	25	72	-	-	7,8	7,8	-	-	-	-		
8/8	210	27	0,6	75	15	80	-	-	7,7	7,9	-	-	-	-		
9/8	212	26	0,7	90	15	83	-	-	7,8	7,8	-	-	-	-		



Tableau 2 - Performance du Filtre-Pilote au Hameau Long Thong B, Village Long An, Province de Dinh Tuong

Date	Volume cumulatif de l'eau traitée, m <sup>3</sup> .	Turbidité JTU			Dureté, CaCQ		Chlorures, Cl <sup>-</sup>		pH		Coliformes, MPN	
		Eau brute	Eau traitée	% Réduction	Eau brute	Eau traitée	Eau brute	Eau traitée	Eau brute	Eau traitée	Eau brute	Eau traitée
12/5	4,8	170	10	94	180	150	740	405	7,3	7,7	2400	2400
11/6	148,8	50	2	96	290	175	1650	700	6,8	7,8	2400	460
13/6	158,4	45	10	80	290	180	1750	800	7,0	7,1	2400	2400
14/6	163,2	65	4	94	250	175	1350	750	6,8	8,2	2400	2400
18/6	182,4	35	5	86	365	335	2050	1650	6,8	6,8	2400	2400
26/6	220,8	40	0	100	350	365	1950	2000	7,0	7,1	2400	2400
29/6	235,2	70	5	93	110	245	450	1200	6,9	6,5	2400	1100
13/7	302,4	30	0	100	175	170	850	750	6,8	6,7	2400	2400
20/7	335,8	190	5	97	-	-	-	-	-	-	-	-
21/8	485	225	12	95	40	50	5	10	7,5	6,6	2400	neg.
26/10	800	110	10	91	75	90	65	40	6,8	7,0	2400	2400
6/11	850	60	5	92	100	80	93	30	6,6	7,5	2400	2400