

## **QUATRIEME PARTIE**

### **POSSIBILITE D'EXPLOITATION DU PUISARD**

## CHAPITRE VI

### MODELISATION DE LA NAPPE AQUIFERE

La synthèse de toutes les remarques , sur la hauteur maximale  $h_{\max}$  de l'eau et les différentes valeurs du débit  $Q$  de Septembre 2004 à Mai 2005 , permet de proposer la forme de la paroi interne de la nappe aquifère .

#### VI-1 MODELISATION DE LA NAPPE AQUIFERE

Des chercheurs considèrent que la nappe aquifère a la forme d'une cuvette de grande dimension [8] , dont le bord supérieur ne se trouve pas à la même hauteur par rapport à un plan de référence . Le début d'écoulement se produit lorsque l'eau arrive à ras bord et déborde pour passer dans les conduits souterrains .

D'autres ouvrages relatent que le bord supérieur de la cuvette est ébréché [8] , [11] et sert d'exutoire lorsque l'eau arrive à ce niveau .

Des études soutiennent également qu'ils existent des orifices situés sur la paroi de la cuvette et servent d'exutoire à la nappe .

Les différentes valeurs du débit que nous avons obtenues permettent de modéliser la nappe aquifère . Elle peut être aussi considérée comme une cuvette dont la paroi interne est imperméable . Elle a la forme d'un escalier dont les paliers horizontaux sont séparés par des parois verticales de hauteurs différentes . Des fentes peuvent se trouver sur la paroi de cette cuvette pour donner naissance à l'écoulement souterrain alimentant le puisard .

Lorsque la pluie tombe , l'eau arrivant sur le sol se divise en ruissellement et infiltration .Le volume d'eau stocké dans la nappe devient important pour produire une certaine pression et provoquer la sortie de l'eau par une ou plusieurs fentes dont la section totale est très faible par rapport à celle de ce grand réservoir .Si l'infiltration continue , la pression hydrostatique s'accroît , le débit entrant devient supérieur au débit sortant qui augmente et garde une valeur constante ( Tableaux 11 , 12 et 13 ) . Et en même temps la section de la nappe est également constante. La nappe continue à débiter même si elle n'est plus ré alimentée pendant plusieurs jours . Le niveau de la surface de l'eau diminue et peut se trouver pendant quelques jours en présence d'une section constante . Dans ce cas , le débit sortant par le puisard est encore constant (Tableaux 14 , 15 et 16) .

## **VI- 2 HYPOTHESES D'ETUDE**

Pour modéliser la paroi interne de la nappe , il faut considérer un certain nombre d'hypothèses :

- a- Les conduits souterrains desservant le puisard sont alimentés par deux fentes situées à deux niveaux différents sur la paroi latérale de la nappe .
- b- Le volume d'eau se trouvant au dessous des fentes ne fait pas l'objet de cette étude
- c- La nappe peut contenir des matériaux de natures géologiques différentes dont on fait abstraction . L'essentiel est que l'eau puisse s'y frayer librement un passage .
- d- La nappe aquifère , les conduits souterrains et le puisard constituent un système de vases communicants .

## **VI – 3 FORME DE LA PAROI INTERNE DE LA NAPPE**

Deux périodes différentes sont à considérer pour faire la modélisation de la paroi de la nappe .

La première concerne le suivi de la hauteur maximale  $h_{\max}$  du niveau de l'eau dans le puisard . La seconde correspond à celle où l'eau sort par la bouche avaloir et les études s'effectuent en fonction des débits .

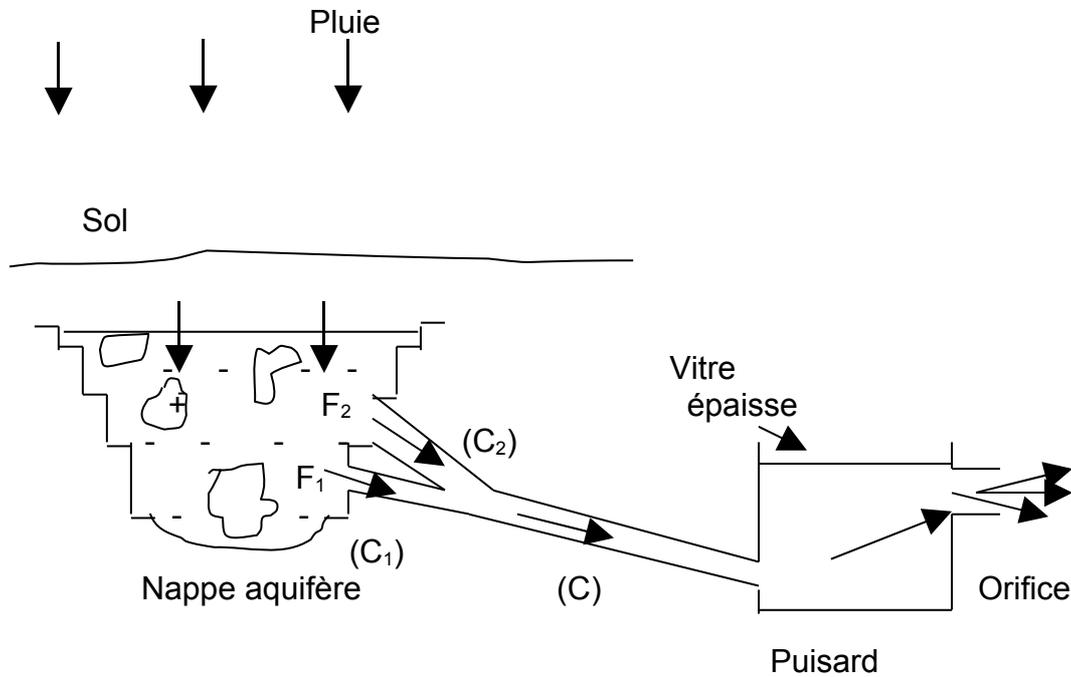
### **VI- 3.1 Première période : Octobre – Novembre 2004**

L'étude de l'évolution de  $h_{\max}$  pendant cette première période a déjà laissé entrevoir la forme de la paroi interne de la nappe . L'interprétation du Tableau 10 montre qu'elle peut être considérée comme un **empilement de cylindres verticaux coaxiaux de sections différentes** . La fente  $F_1$  ( Figure 35 ) située au dessus de la grande réserve d'eau sert d'exutoire pour alimenter le conduit (  $C_1$  ) .

Ce même tableau montre que la différence entre deux valeurs successives de  $h_{\max}$  est en général de 1 cm , le maximum est de 4,4 cm . Par conséquent , on peut admettre que la **longueur de chacune des parties verticales de la paroi de la nappe aquifère est de l'ordre de quelques centimètres** . Lorsque l'état d'équilibre des vases communicants est obtenu , le niveau de l'eau dans le puisard est constant .

### **VI- 3.2 Deuxième période : Décembre 2004 – Mai 2005**

On est maintenant en présence d'une situation différente de celle de la précédente . La quantité d'eau dans la nappe devient importante pour que la fente  $F_2$  située au dessus de  $F_1$  débite également dans un autre conduit souterrain (  $C_2$  ) . L'eau sort alors par l'orifice d'évacuation du puisard ( Figure 35 ) . Le volume d'eau débité peut être obtenu facilement et le calcul du débit ne pose aucune difficulté . Les conduits (  $C_1$  ) et (  $C_2$  ) se rejoignent au delà de la nappe aquifère pour devenir un seul (  $C$  ) qui dessert le puisard .



**Figure 35** : Fentes  $F_1$  et  $F_2$  débitant en même temps

La synthèse de toutes les remarques formulées auparavant lors de l'étude des débits de Décembre 2004 à Mai 2005 peut être rassemblée dans le Tableau 24 .

**Tableau 24 : Fréquence d'observation de certains débits****Décembre 2004 – Mai 2005**

Dé (l/h)	$10^{-5}(m^3/s)$	(j)	d'observation	d'observation
		1	De	
12,0	0,33	3	Mr	2
14,4	0,40	3	Ma	1
18,0	0,50	9	Ma	1
36,0		1	De	
	1,00	3	Ma	2
		3	De	
54,0	1,50	3	Ma	2
72,0	2,00	19	Av	1
108,0	3,00	10	Av	1
		1	Mr	
126,0	3,50	1	Av	2
		1	Ja	
144,0	4,00	5 – 4	Mr	4
		1	De	
		1	De	
		2	Ja	
162,0	4,50	2 – 7	Fe	7
		3 – 1 – 3	Mr	
		1 – 2 – 2 – 1 – 1	Ja	
180,0	5,00	1 – 5 – 6	Fe	11
		3 – 1 – 1	Mr	
		5	De	
		2 – 1	Ja	6
198,0	5,50	2 – 2	F	
		6	Mr	
216,0	6,00	2 – 3	Ja	2
		1	De	
252,0	7,00	1	Ja	2

De : Décembre , Ja : Janvier , Fe : Février

Mr : Mars , Av : Avril , Ma : Mai

Ce tableau permet également de montrer que la paroi interne de la nappe est constituée par des parties verticales considérées comme des portions de cylindres coaxiaux de hauteurs différentes . En effet , tant que le niveau de l'eau dans la nappe traverse une section constante , le débit du puisard reste constant pendant plusieurs jours .

Pour délimiter les cylindres, on considère pour chaque débit la plus grande durée , correspondant à un volume déterminé et par conséquent à la hauteur de la portion de cylindre . Ce qui fait l'objet du Tableau 25 .

**Tableau 25 : Délimitation de chacune des portions de cylindre**

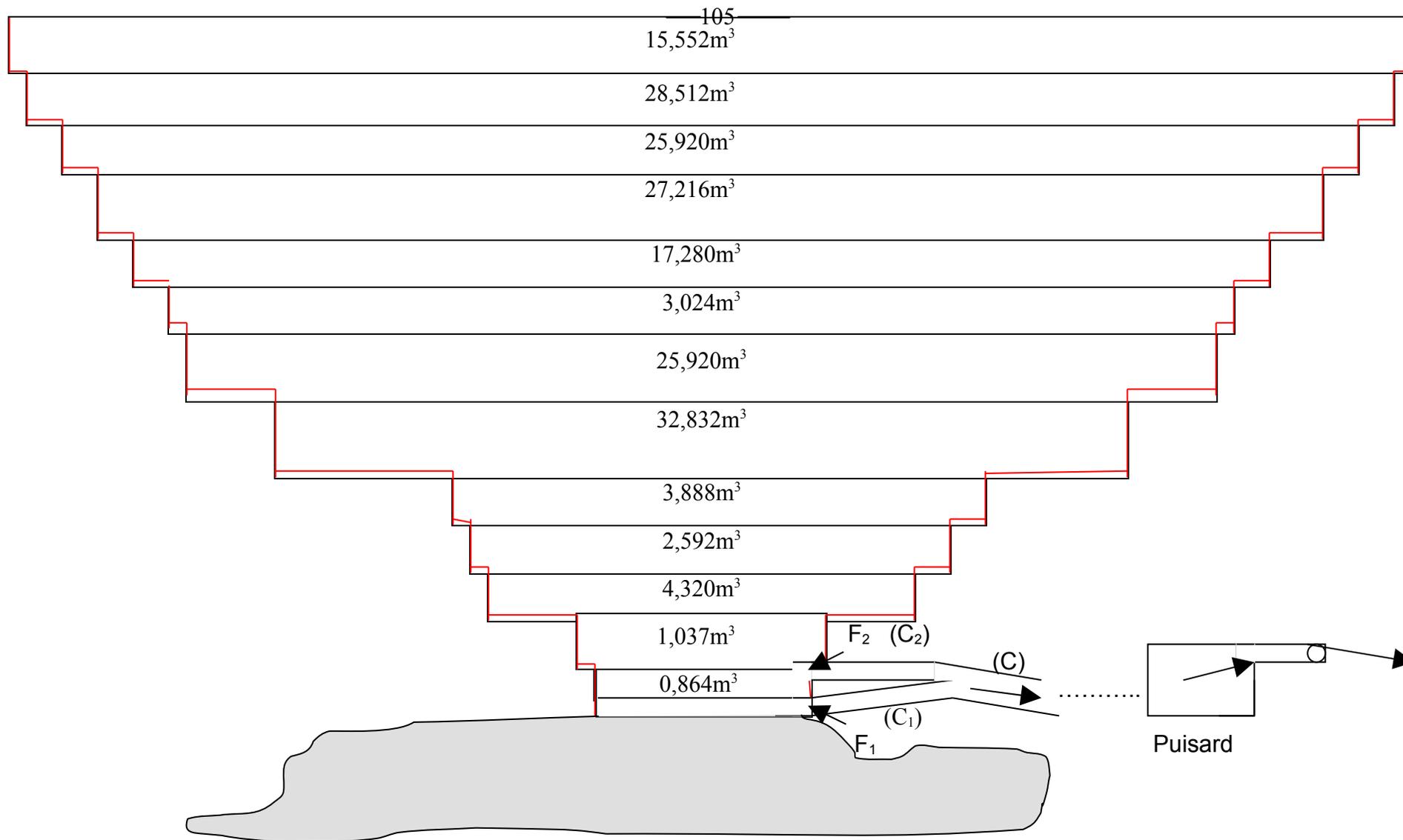
Débit $10^{-5}(\text{ m}^3/\text{s})$	Durée (j)	Volume de chaque cylindre ( $\text{m}^3$ )
$0 \leq 0,33 \leq Q_1$	3	0,864
$Q_1 \leq 0,40 \leq Q_2$	3	1,037
$Q_2 \leq 0,50 \leq Q_3$	10	4,320
$Q_3 \leq 1,00 \leq Q_4$	3	2,592
$Q_4 \leq 1,50 \leq Q_5$	3	3,888
$Q_5 \leq 2,00 \leq Q_6$	19	32,832
$Q_6 \leq 3,00 \leq Q_7$	10	25,920
$Q_7 \leq 3,50 \leq Q_8$	2	3,024
$Q_8 \leq 4,00 \leq Q_9$	5	17,280
$Q_9 \leq 4,50 \leq Q_{10}$	7	27,216
$Q_{10} \leq 5,00 \leq Q_{11}$	6	25,920
$Q_{11} \leq 5,50 \leq Q_{12}$	6	28,512
$Q_{12} \leq 6,00 \leq Q_{13}$	3	15,520

Le domaine de validité d'un débit  $Q$  est donné par :

$$Q_i \leq Q \leq Q_{i+1} \quad (42)$$

où l'indice  $i$  peut varier de 1 à 12 car le nombre de portions de cylindre inventorié constituant la nappe est de 13 . Le segment  $Q_i - Q_{i+1}$  représente la délimitation d'un cylindre .

La forme de la paroi interne de la nappe est obtenue en empilant les cylindres coaxiaux et en procédant par ordre chronologique des débits . On commence par le plus petit égal à  $0,33 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  ou ( 12 l/h ) . L'origine est prise au niveau de la fente  $F_2$  . Le rayon des cylindres augmente en fonction des débits . La hauteur dépend du volume . Le respect des différentes valeurs consignées dans le Tableau 25 permet d'obtenir la Figure 36 .



**Figure 36 : Forme de la paroi interne de la nappe aquifère**

### VI- 3.3 Vérification des résultats

Le site Antsahameva et la colline d'Ambohidempona où est implanté l'Institut et Observatoire de Géophysique d'Antananarivo ( IOGA ) font partie des hauts plateaux malgaches . La faible distance de 856 m les séparant laisse penser qu'il existe une certaine similitude sur la structure de leur sol . C'est la raison pour laquelle , à titre de vérification de notre assertion et pour avoir une idée si la forme de la paroi interne de la nappe a une réalité physique , nous avons jugé utile de photographier un flanc de la colline de l' IOGA . La Photo 3 montre que des roches stratifiées présentant des fissures apparaissent à une certaine profondeur du sol à cause de l'érosion . Cette stratification présente beaucoup de ressemblance à la disposition en escalier que nous avons obtenue dans l'étude de la nappe . Notre résultat est d'autant plus confirmé lorsqu'on voit que l'épaisseur de ces roches stratifiées est de l'ordre de quelques centimètres . Cette première vérification peut alors être considérée comme qualitative .



**Photo 3 : roches stratifiées sur un flanc de la colline d'Ambohidempona**

Une autre vérification quantitative consiste à regarder l'évolution des débits ayant servi à définir la paroi interne de la nappe . Le Tableau 26 obtenu à partir des Tableaux 11 à 15 montre que quelque soit la variation des débits , qu'elle soit croissante ou décroissante , l'ordre chronologique est toujours respecté . La durée d'un débit peut être de plusieurs jours . Ces remarques sont importantes pour montrer l'existence des parois verticales donnant naissance à des débits constants au niveau du puisard .

**Tableau 26 : Mise en évidence de l'ordre chronologique des débits**

Période	Evolution des débits		Durée (j)	Variation des débits	Date d'alimentation du site
	l/h	$10^{-5}$ (m <sup>3</sup> /s)			
22 – 31 Déc	144	4,00	1	Croissante	19 , 22 , 23 , 29 et 30 Décembre
	162	4,50	1		
	198	5,50	5		
	216	6,00	2		
2 – 12 Fev	162	4,50	2	Croissante	3 , 4 , 8 , 9 et 10 Février
	180	5,00	5		
	198	5,50	2		
	216	6,00	2		
12 - 28 Fev	216	6,00	1	Décroissante	10 Février
	198	5,50	2		
	180	5,00	6		
	162	4,50	7		
1 – 13 Mar	198	5,50	6	Décroissante	28 Février
	180	5,00	3		
	162	4,50	3		
14– 22 Mar	198	5,50	1	Décroissante	12 Mars
	180	5,00	1		
	162	4,50	1		
	144	4,00	5		
1 – 30 Avr	126	3,50	1	Décroissante	21 Mars
	108	3,00	10		
	72	2,00	19		

Dec : Décembre Fev : Février Mar : Mars Avr : Avril

Le Tableau 25 a permis d'inventorier 13 segments verticaux reliés par 13 paliers horizontaux . Ces différentes valeurs respectent un ordre chronologique de variation sauf pour certains cas étudiés dans le paragraphe V – 6 .

D'autres valeurs du débit peuvent également se présenter entre celles qui ont permis de faire l'étude de la paroi de la nappe . Il leur correspond des paliers légèrement inclinés par rapport à l'horizontal . On peut citer , entre autres , les cas se produisant dans les périodes :

du 15 au 17 Mars 2005

du 29 au 31 Mars 2005