

INDICES KARSTIQUES RENCONTRES EN FORAGE DE PRODUCTION D'EAU

par

Jean-Paul BIRON ¹

(2 figures et 4 tableaux)

RESUME.- Les forages réalisés dans les nappes calcaires offrent de bonnes possibilités de débit et permettent dans un grand nombre de cas, par développement, un accroissement significatif de leur rendement.

L'examen des indices karstiques revêt donc un intérêt particulier.

Dans la première partie de la communication seront exposés les différents modes d'observation qui peuvent être utilisés et la seconde partie, consacrée à la présentation de divers exemples, illustrera l'importance d'un développement des observations dans ce domaine.

ABSTRACT.- Karst indicators in water-supply boreholes.

Boreholes in limestone aquifers often provide good opportunities for water supply. The study of karst indices in boreholes is thus of high interest.

The first part of this paper deals with various techniques of investigation and the second one gives a few examples of the importance of improving observations in this field.

1.- INTRODUCTION

Chaque fois que les conditions géologiques le permettent, le forage de production d'eau est implanté dans une nappe calcaire, étant donné la capacité généralement importante de celle-ci et le débit élevé des puits.

La localisation, en surface, des zones de fracturations préférentielles a déjà fait l'objet de recherches depuis plusieurs années, surtout en raison de leurs implications en génie civil, et sera également abordée lors de ce colloque.

Cette recherche est essentielle, car lorsque l'on connaît le caractère anisotrope des aquifères du calcaire et la dimension relative d'un forage, on imagine aisément que la traversée de fissures ou de conduits noyés en dépend.

Notre propos est ici de décrire l'étape suivante : l'examen des observations qui peuvent être réalisées dans un forage. Sans entrer dans un développement théorique, nous montrons comment, lors des forages de la Société Nationale des Distributions d'Eau, les observations sont mises à profit pour juger de la valeur du site et optimiser la production d'eau. Ensuite nous présentons, en fonction de l'implantation géologique des forages, diverses caractéristiques qui y ont été mesurées.

2.- OBSERVATIONS REALISEES LORS DU FORAGE

Depuis quelques années, l'appareillage existant a

été considérablement développé. Les différents types d'appareils permettent un enregistrement continu de divers paramètres :

- évolution de la vitesse d'avancement de l'outil de forage. En faisant la part imputable aux variations lithologiques, nous situons la position ainsi que l'épaisseur des zones fissurées et dans certains cas la hauteur des vides (grottes).
- l'examen des "cuttings" permet :
 - d'apprécier les caractéristiques lithologiques principales ou secondaires (présence d'argile ou de sable dans les zones de dissolution);
 - de localiser les échantillons présentant des traces de dissolution.
- la stabilité du trou.
- l'évolution, lors du forage au marteau fond de trou, du débit d'eau sortant avec les "cuttings", permettant ainsi une première localisation des zones aquifères.

3.- OBSERVATIONS REALISEES APRES LE FORAGE

Une fois le trou de forage libéré, un grand nombre d'observations peuvent encore être réalisées, principale-

¹ Géologue principal, Société Nationale des Distributions d'Eau, rue de Trèves, 21, 1040 Bruxelles.

ment dans la partie non tubée. Celles-ci consistent en un examen visuel du trou et en l'enregistrement des variations de différents paramètres physiques suivant la profondeur (diagraphies). Il faut également citer les pompages d'essai qui complètent les informations par l'obtention de caractéristiques des zones sollicitées.

a) Visualisation du forage

La descente d'un homme dans le forage est évidemment impensable, compte tenu du diamètre restreint et de la présence d'eau. Exceptionnellement toutefois, un scaphandrier est descendu à - 37 mètres dans un forage de 800 mm de diamètre pour débloquer un outil de forage coincé dans une cavité.

Un examen se fait facilement par la descente d'une caméra T.V. jusqu'à des profondeurs de 200 à 300 m. Louée à la journée par des firmes spécialisées, elle n'est pas encore employée systématiquement pour l'examen des parois du forage. En effet, si l'utilisation d'une caméra permet de localiser la position des fissures, de se rendre compte de leurs dimensions et de leur extension latérale, elle ne permet pas, en revanche, de préciser si elles sont productrices ou obturées. D'où l'emploi préférentiel jusqu'à présent d'autres techniques à rentabilité plus immédiate.

b) Diagraphies

Celles-ci permettent de faire une mesure in situ de divers paramètres physiques. Il existe actuellement un grand nombre de diagraphies et une partie de celles-ci sont employées systématiquement ou occasionnellement en forage d'eau. Il s'agit :

- des diagraphies électriques (potentiel spontané, petite et grande normale, latérolog, . . .) qui complètent la prospection électrique de surface et qui, couplées à celle-ci, apportent une vue structurale dans les trois dimensions.
- des diagraphies de formation : gamma ray, neutron, gamma gamma, qui fournissent divers renseignements : teneur en argile, densité, porosité.
- du caliper donnant les variations du diamètre du trou.
- de la température qui indique la position des venues d'eau.
- du micromoulinet qui donne la position et le pourcentage de débit fourni par les différentes fissures.

c) Pompages d'essai

Ceux-ci sollicitent généralement l'ensemble des venues d'eau et l'on obtient donc des valeurs intégrant leurs diverses caractéristiques. En effet, des tests isolant un secteur du forage, s'ils peuvent être facilement réalisés, ne se justifient que rarement pour des forages d'eau qui sont en moyenne inférieurs à 100 m de profondeur.

Néanmoins, les informations recueillies sont très utiles surtout lorsque le puits de production est entouré par un ou plusieurs piézomètres. On obtient alors diverses caractéristiques des zones atteintes par le cône d'influence du pompage (transmissivité, perméabilité, coefficient d'emménagement, . . .).

4.- OPTIMALISATION DE L'EQUIPEMENT D'UN FORAGE DE PRODUCTION D'EAU

Plusieurs aspects de l'équipement du puits en nappe calcaire dépendent du bon examen des indices karstiques rencontrés, tels que :

- la profondeur du forage
- la position, la longueur de la crépine ainsi que la dimension des ouvertures
- la mise en place éventuelle d'un massif filtrant.

Ainsi dans l'exemple de la figure 1 (forage de reconnaissance PR 1 à Solre-sur-Sambre), nous avons constaté que seul le niveau calcaire du Frasien était valablement karstifié (cf. caliper et micromoulinet). La profondeur du puits d'exploitation P1 (figure 2) a donc été limitée à ce niveau, augmenté par sécurité d'une dizaine de mètres dans les schistes, compte tenu que l'équipement du forage est planifié après la réalisation des diagraphies et qu'un approfondissement implique un nouveau passage sur chantier de la firme réalisant les diagraphies. La karstification était très importante entre les niveaux - 10 et - 26 m, hautement productrice entre - 12 et - 20 m. La profondeur du puits équipé a donc été réduite en conséquence.

5.- PRESENTATION DE QUELQUES EXEMPLES

La S.N.D.E. ayant des services de production et de distribution d'eau répartis un peu partout dans le pays, nous passerons en revue ci-après quelques-uns de ceux-ci, en mettant en évidence certains paramètres ou indices, fonctions de la karstification. Nous les présentons ici sous forme de tableau suivant l'âge des niveaux calcaires. Les critères suivants ont été retenus pour permettre une certaine comparaison :

- la coupe géologique sommaire
- le type de nappe
- la longueur maximum de la fissure mesurée à partir de la paroi du puits par le caliper
- la hauteur cumulée des zones fissurées productrices
- les caractéristiques hydrauliques de la zone du puits, tels que le débit critique (Q_c), le débit spécifique (Q/s) et la transmissivité moyenne (T_m).

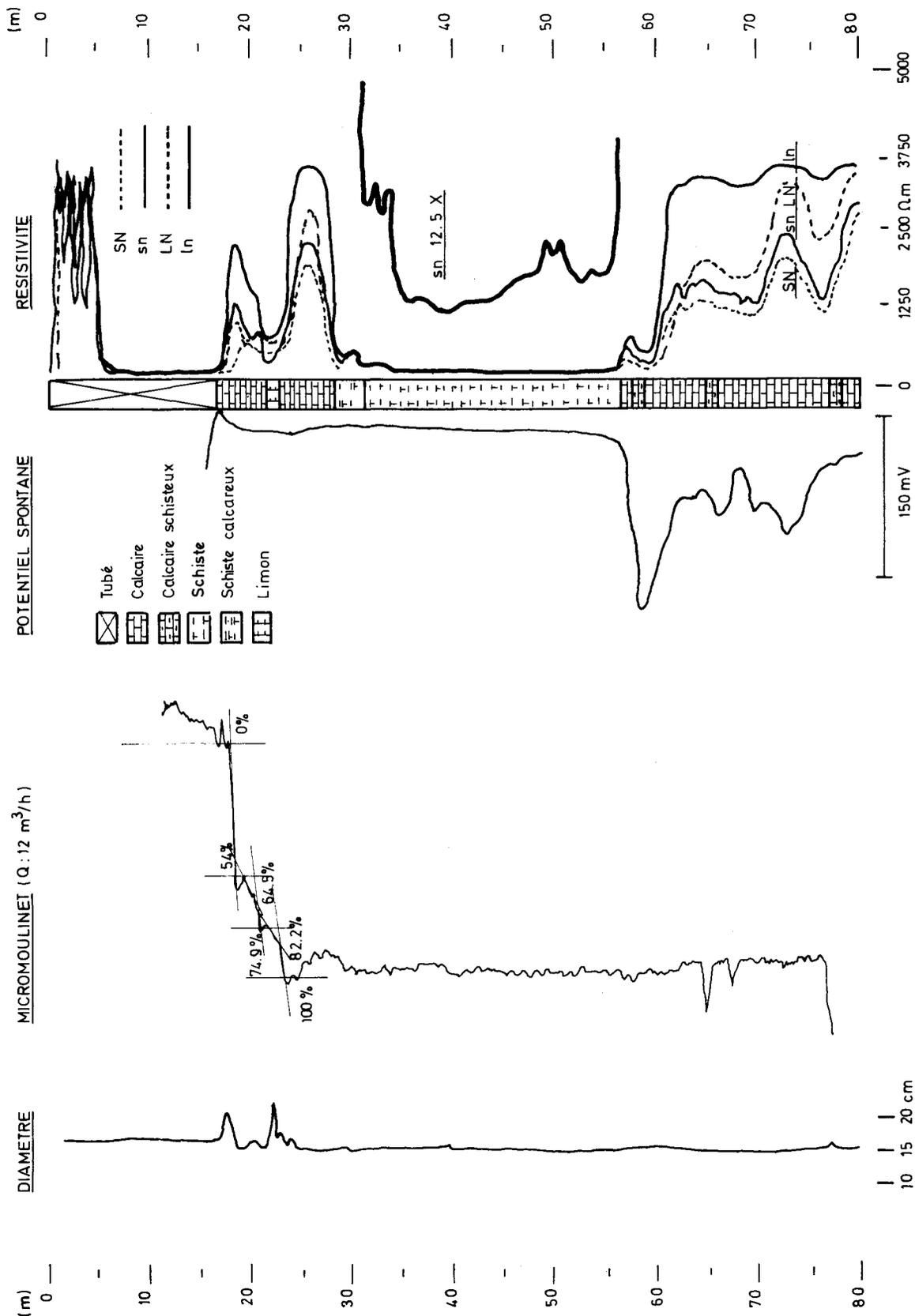


Figure 1. - Solre-sur-Sambre. Diagraphies sur puits de reconnaissance.

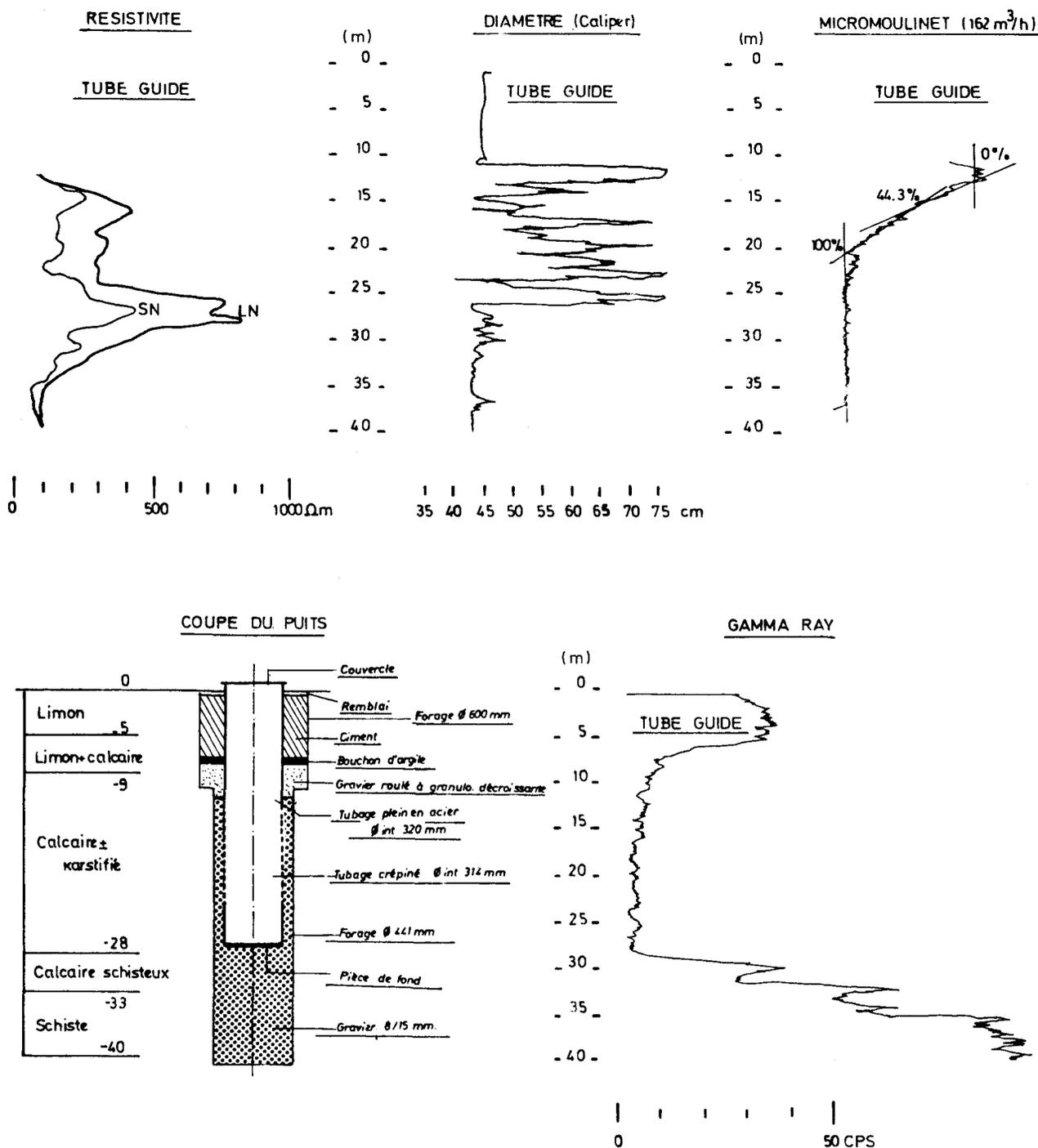


Figure 2. - Puits P1. Solre-sur-Sambre
Corrélation entre la coupe géologique et diverses diagraphies pour aboutir à un équipement optimal du puits.

a) Forages dans le calcaire couvinien (tableau 1)

Malheureusement, vu l'époque où les forages ont été réalisés, la collecte d'informations dans le petit nombre de nos forages traversant du Couvinien a été faible, mais il est néanmoins intéressant d'en présenter les caractéristiques obtenues par pompage d'essai.

Les valeurs obtenues sont relativement faibles et tiennent compte de l'épaisseur limitée des niveaux calcaires et donc de l'aquifère. Un examen de l'évolu-

tion du rabattement en fonction du temps nous montre en effet que le cône de rabattement de pompage atteint après 200 minutes une zone où les valeurs de transmissivité sont dix fois inférieures.

b) Forages dans les calcaires givetiens et frasniens (tableau 2)

Les forages dans les calcaires givetiens et frasniens sont dans l'ensemble peu nombreux, surtout en raison

	BEAURAING P4	BEAURAING P5
Coupe géologique	0 à 90m calcaire	0 à 76m calcaire
Type de nappe	libre	libre
Longueur max. des fissures	non mesuré	non mesuré
Hauteur cumulée des zones fissurées productrices	non mesuré	non mesuré
Après forage		
Qc (m ³ /h)	16	-
Q/s (m ³ /h/m)	1,6	-
T (m ² /sec)	1,3 à 4,6 10 ⁻⁴	-
Après développement		
Qc (m ³ /h)	-	18
Q/s (m ³ /h/m)	-	1,8
T (m ² /sec)	-	0,2 à 2,1 10 ⁻³

Tableau 1.- Forage dans le Couvinien.

	SOLRE - sur - SAMBRE		AYWAILLE	
	PR1	P1	P2	P3
Coupe géologique	0 à 9 m limon 9 à 30 m calcaire Fr 30 à 57 m schiste Fr 57 à 80 m calcaire Gv	0 à 7 m limon 7 à 30,8 m calcaire Fr 30,8 à 40 m schiste Fr	0 à 18 m argile et cailloux 18 à 177 m calcaire Gv	0 à 0,30 m limon 0,30 à 167 m calcaire Gv 167 à 184 m schiste Fr
Type de nappe	captive	captive	libre	libre
Longueur max. des fissures (m)	0.06	0.32	0.04 au de là de 100m	0.04
Hauteur cumulée des zones fissurées productrices (m)	5.4	8	0.60 au de là de 100m	< 1
Après forage				
Qc (m ³ /h)	-	327	60	14
Q/s (m ³ /h/m)	-	109	eau boueuse	0.26
T (m ² /sec)	-	2 10 ⁻²		0,2 à 0,7 10 ⁻⁴
Après développement				
Qc (m ³ /h)	-	-	-	30
Q/s (m ³ /h/m)	-	-	-	2,8
T (m ² /sec)	-	-	-	3,9 à 5,3 10 ⁻⁴

Tableau 2.- Forage dans les calcaires givetiens et frasniens.

	GESVES		BEEZ	
	PR1	P1	PR4	P7
Coupe géologique	0 à 100m calcaire V	0 à 67m calcaire V	0 à 14.4 m alluvions 14.4 à 117 m dolomie V	0 à 12.8 m alluvions 12.8 à 78 m dolomie V
Type de nappe	libre	libre	libre	libre
Longueur max. des fissures (m)	0.06	0.40	0.15	0.12
Hauteur cumulée des zones fissurées productrices (m)	3 (plusieurs x)	40	38	40
Après forage	Qc (m ³ /h)	non productif :	67	180
	Q/s (m ³ /h/m)	Q < 1m ³ /h	4.7	24.9
	T (m ² /sec)		0.7 à 1.75 10 ⁻²	0.7 à 2.5 10 ⁻²
Après développement	Qc (m ³ /h)	-	-	300
	Q/s (m ³ /h/m)	-	-	33.9
	T (m ² /sec)	-	-	1.1 à 3.7 10 ⁻²

Tableau 3.- Forage dans le Carbonifère (nappe libre).

	FLOREFFE		SENEFFE P3	WIERS P3
	P1	P2		
Coupe géologique	0 à 83m schiste et grès N 83 à 130m phtanite V 130 à 195 m calcaire V	0 à 109m schiste et grès N 109 à 121m vide rempli d'argile 121 à 250 m calcaire V	0 à 1m limon 1 à 11m sable et argile V 11 à 100m dolomie V	0 à 5m limon et sable 5 à 21m marne Tr. 21 à 66m calcaire V
Type de nappe	captive	captive	captive	captive
Longueur max. des fissures (m)	0.03	0.30	0.28	0.60
Hauteur cumulée des zones fissurées productrices (m)	17	14	15	3.2
Après forage	Qc (m ³ /h)	31	285	55
	Q/s (m ³ /h/m)	0.6	22.5	60
	T (m ² /sec)	0.5 à 9 10 ⁻⁴	4 10 ⁻²	3.3 10 ⁻²
Après développement	Qc (m ³ /h)	150	-	90
	Q/s (m ³ /h/m)	2.4	-	6.9
	T (m ² /sec)	2.8 à 34 10 ⁻⁴	-	-

Tableau 4.- Forage dans le Carbonifère (nappe captive).

des problèmes qualitatifs que l'on peut parfois rencontrer. C'est le cas du P2 à Aywaille, où l'eau restant boueuse, il n'a pas été mis en exploitation. Toutefois, il existe des forages implantés dans des zones bien fissurées et dont les caractéristiques sont très performantes (ex. Solre-sur-Sambre P1) et sans problèmes qualitatifs. Quant au forage P3 à Aywaille, il a été placé en dehors des zones préférentielles de circulation karstique ($T < 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$) compte tenu du risque qualitatif que constitue l'alimentation partielle de l'aquifère par ponor ("chantoir") et donne, même après développement, des caractéristiques faibles, néanmoins suffisantes pour permettre l'exploitation.

c) Forages dans le calcaire carbonifère (Tournaisien et Viséen) (tableaux 3 et 4)

Les forages implantés dans le calcaire carbonifère sont les plus nombreux et présentent habituellement peu de problème qualitatif lorsque leur alimentation se fait

au travers de niveaux filtrants. Nous séparerons ci-après nos exemples suivant le type de nappe : libre ou captive.

6.- CONCLUSIONS

L'examen des indices karstiques rencontrés en forage de production d'eau nous a montré les possibilités d'investigation existant au niveau du karst non exploitable.

Une présentation de quelques observations réalisées sur des forages en fonction de leur implantation géologique nous a permis de donner une première approche d'une quantification de certains indices karstiques.

Par ailleurs, la description de l'équipement d'un puits compte tenu des indices rencontrés montre également à suffisance l'utilité d'un développement des observations dans ce domaine.