



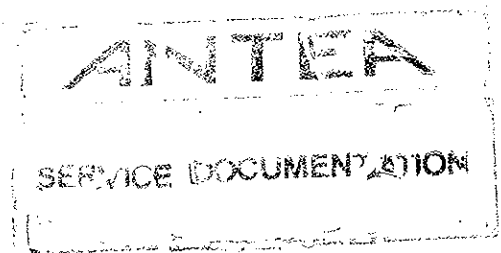
Impact de la création d'un plan d'eau sur les fluctuations d'une nappe

ANTEA
Décembre 1995
Réf. n° EAT-95R

UNICEM CENTRE
Comité Régional de la Charte de l'Industrie des Granulats
45404 Fleury-les-Aubrais

impact de la création d'un plan d'eau sur les fluctuations d'une nappe

A 04680
Décembre 1995



Société d'ingénierie et de conseil du groupe BRGM

A 04680 CEN/95

RAPPORT ANTEA

Propriétaire du rapport (Nom ou raison sociale) : UNICEM CENTRE
COMITE REGIONAL DE LA CHARTRE DE L'INDUSTRIE DES GRANULATS

Coordonnées complètes : 45404 FLEURY-les-AUBRAIS

Interlocuteur : Monsieur ROYERE

Contrat N° : CEN 94P0146
Date : mai 1995

Titre : IMPACT DE LA CREATION D'UN PLAN D'EAU SUR LES FLUCTUATIONS D'UNE NAPPE

Numéro : A 04680

Date : décembre 1995

Statut : Rapport provisoire Rapport intermédiaire Rapport définitif

Unité réalisatrice : ANTEA Agence Centre

Coordonnées complètes : avenue de Concy
BP 6119
45061 ORLEANS Cedex 2
Tél. 38.64.37.37 - Fax 38.64.35.78

Auteurs : A. FERRAND

Contrôle qualité :

Nombre d'exemplaires édités : 6

Diffusion : Client (3) - ANTEA/CEN (1) - Auteur (1) - ANTEA ARCHIVES (1)

- nombre de volume : 1
- nombre de pages du rapport hors annexe : 40
- nombre d'annexes : 2

Mots-Clés : Nappe - Gravière - Recharge - Colmatage - Fluctuations piézométriques



TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	7
1. DEMARCHE UTILISEE.....	8
2. HYPOTHESE DE TRAVAIL	9
2.1. Conception du modèle.....	9
2.2. Choix des années climatiques.....	9
2.3. Modalités de calcul de la recharge.....	11
3. MOYENS MIS EN OEUVRE	12
4. SIMULATIONS REALISEES.....	12
4.1. Simulations d'années climatologiques types	12
4.2. Simulations complémentaires : étude paramétrique.....	17
4.2.1. Influence du coefficient d'emménagement	17
4.2.2. Influence de la perméabilité	24
4.2.3. Influence de la taille de la gravière.....	24
4.3. Etude du colmatage	31
4.3.1. Simulation d'une recharge de 100 mm dans grave 1	31
4.3.2. Simulations d'une séquence de recharges et d'évaporations	36
5. CONCLUSION.....	40

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 - Maillage du modèle des gravières et des mailles à historique
- Figure 2 - Année 1979 : fluctuations du niveau d'eau avec ou sans gravière
- Figure 3 - Année 1984 : fluctuations du niveau d'eau avec ou sans gravière
- Figure 4 - Année 1990 : fluctuations du niveau d'eau avec ou sans gravière
- Figure 5 - Année 1994 : fluctuations du niveau d'eau avec ou sans gravière
- Figure 6 - Fluctuations de niveau dans la maille 1
- Figure 7 - Différence de niveau due à la présence d'une gravière (maille 1)
- Figure 8 - Fluctuation de niveau dans la maille 2
- Figure 9 - Différence de niveau due à la présence d'une gravière (maille 2)
- Figure 10 - Fluctuation de niveau dans la maille 5
- Figure 11 - Maille F : différence de niveau due à la présence d'une gravière
- Figure 12 - Recharge de 100 mm dans grave 4, évolution du niveau en fonction du temps
($K = 10^{-3}$ m/s, $S = 5\%$)
- Figure 13 - Recharge de 100 mm dans grave 4, évolution du niveau en fonction du temps
($K = 10^{-3}$ m/s, $S = 10\%$)
- Figure 14 - Elévation du niveau d'eau pour une recharge de 100 mm dans grave 4
Influence du coefficient d'emménagement
- Figure 15 - Recharge de 100 mm dans grave 4, évolution du niveau en fonction du temps
($K = 10^{-2}$ m/s, $S = 5\%$)
- Figure 16 - Elévation du niveau d'eau pour une recharge de 100 mm dans grave 4
Influence de la perméabilité
- Figure 17 - Recharge de 100 mm dans grave 1, évolution du niveau d'eau en fonction du temps
- Figure 18 - Propagation d'une fluctuation de niveau de la gravière vers la nappe (pas de colmatage)
- Figure 19 - Propagation d'une fluctuation de niveau de la gravière vers la nappe
(colmatage : $K_2 = K_1/10$)

- Figure 20 -** Propagation d'une fluctuation de niveau de la gravière vers la nappe
(colmatage : $K_2 = K_1/100$)
- Figure 21 -** Recharge de 100 mm dans la gravière : évolution du niveau d'eau en fonction de la distance à $t = 1$ jour
- Figure 22 -** Fluctuations induites par une gravière non colmatée
- Figure 23 -** Fluctuations induites par une gravière colmatée
($K_2 = 0,1 K_1$)
- Figure 24 -** Fluctuations induites par une gravière colmatée
($K_2 = 0,01 K_1$)

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Données climatologiques utilisées

ANNEXE 2 : Calcul de la valeur de la recharge

INTRODUCTION

Afin de pouvoir répondre aux interrogations des carriers, le Comité Régional de la Chartre de l'Industrie des Granulats a confié à ANTEA Agence Centre une étude destinée à apprécier l'impact de la création d'un plan d'eau sur les fluctuations piézométriques de la nappe avec laquelle il est en relation.

Cette prestation, objet de notre offre CEN 94A0146 modifiée, nous a été commandée par lettre en date du 3 mai 1995.

1 - DEMARCHE UTILISEE

Pour répondre au problème posé, nous avons tout d'abord simulé les fluctuations d'une nappe sans gravière, sous l'effet d'une recharge donnée, calculée à partir de données climatologiques réelles, puis introduit une gravière dans le modèle et simulé les fluctuations de la nappe dans cette nouvelle configuration.

L'impact recherché s'obtient alors par simple différence entre les fluctuations de la nappe avec gravière et les fluctuations de la nappe sans gravière.

Ces simulations ont été complétées par une étude paramétrique destinée à estimer l'influence :

- du coefficient d'emmagasinement (S),
- de la perméabilité des terrains,
- du colmatage des berges de la gravière.

2 - HYPOTHESE DE TRAVAIL

2.1 - CONCEPTION DU MODELE

La quasi-totalité des extractions en eau ayant lieu dans les nappes d'accompagnement des cours d'eau (nappes alluviales), nous avons choisi d'établir un modèle conceptuel de nappe alluviale en retenant les hypothèses suivantes :

- aquifère homogène et isotrope reposant sur un substratum imperméable,
- gradient hydraulique fixé par l'introduction de potentiels imposés à l'amont et à l'aval du modèle,
- gravière, si présente, sur toute l'épaisseur de l'aquifère.

Dans la pratique, le modèle utilisé était constitué de 25 x 25 mailles carré de 50 m de côté.

Les fluctuations calculées ont été suivies sur un certain nombre de ces mailles (dites "mailles à historique" - Cf. figure 1).

2.2 - CHOIX DES ANNEES CLIMATIQUES

La valeur de la recharge étant directement liée aux conditions climatiques (précipitations, évapotranspiration, évaporation), plusieurs années climatiques types ont été sélectionnées de façon à cerner au mieux l'ensemble des cas de figures susceptibles d'être rencontrés.

Pour la région Centre, nous avons retenu les années suivantes :

Année humide	(pluies efficaces de l'ordre de 300 mm)	: 1979 et 1984
Année moyenne	(pluies efficaces de l'ordre de 150 mm)	: 1994
Année sèche	(pluies efficaces proche de 0 mm)	: 1980

Les données utilisées sont celles de la station de Bricy (45), présentées à l'annexe 1.

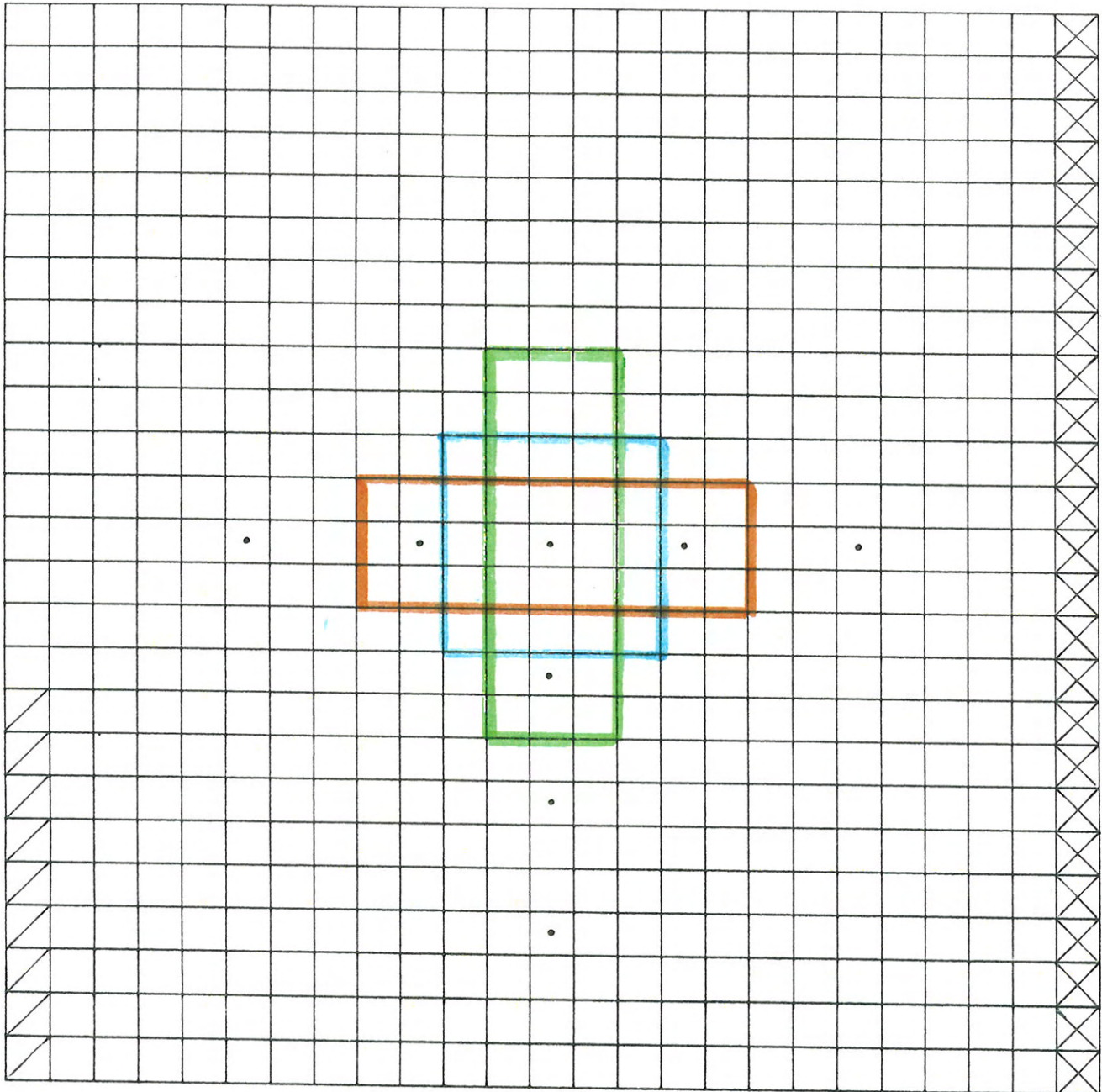


Fig. 1

2.3 - MODALITES DE CALCUL DE LA RECHARGE

⇒ Dans le cas de la recharge d'une nappe, deux paramètres sont à prendre en compte ; d'une part la valeur de la différence (P-ETP)⁽¹⁾, et d'autre part la valeur de la RFU (réserve utile) du sol.

Il y aura alimentation (et donc recharge), si et seulement si :

P-ETP > 0 et RFU saturée.

Par souci de simplification on a considéré, lors des calculs de la recharge, que la RFU était saturée au début du mois de janvier, ce qui est généralement le cas.

Par ailleurs, la nappe étant isolée de l'atmosphère par une tranche de sol (zone non saturée), elle n'est pas soumise à l'évaporation.

⇒ Dans le cas d'un plan d'eau, les fluctuations de niveau dépendent à la fois des précipitations P et de l'évaporation directe (EVP).

Les formules de calcul de l'évaporation à partir de données telles que la direction et l'intensité des vents, la température, la dose d'ensoleillement ..., étant à la fois complexes et relativement peu précises, nous avons retenu pour le calcul de l'évaporation la formule rapprochée suivante :

$$EVP = 1,1 \times ETP \text{ PENMAN}$$

On trouvera à l'annexe 2, les valeurs de la recharge de la nappe et du plan d'eau pour les 4 années climatiques considérées.

(1) P = Précipitation
ETP = Evapo-Transpiration Potentielle

3 - MOYENS MIS EN OEUVRE

Les différentes simulations ont été réalisées sur micro-ordinateur compatible IBM/PC à l'aide du logiciel MARTHE (Modélisation d'Aquifères par un maillage Rectangulaire en régime Transitoire pour le calcul Hydrodynamique des Ecoulements) développé par le BRGM et ANTEA.

Les simulations en année climatique complète ont été effectuées au pas de temps décadaire et l'étude paramétrique au pas de temps journalier.

4 - SIMULATIONS REALISEES

4.1 - SIMULATIONS D'ANNEES CLIMATIQUES TYPES

Pour chaque année climatique considérée, plusieurs simulations ont été effectuées en considérant les cas de figure suivants :

- nappe sans gravière,
- nappe avec gravière carrée (grave 1),
- nappe avec gravière rectangulaire parallèle au sens d'écoulement des eaux.

Ces simulations ont été réalisées avec les données de base suivantes :

- perméabilité du terrain $K = 10^{-3}$ m/s
- épaisseur de l'aquifère $\simeq 9$ m
- coefficient d'emmagasinement de la nappe $S = 5 \%$
- gradient hydraulique $i = 5 \cdot 10^{-4}$
- valeur de la recharge calculée pour une RFU de 100 mm

On trouvera figures 2 à 5 ci-après, les fluctuations obtenues au centre du modèle (maille 3) pour les 4 années climatiques considérées.

Ces différents graphiques montrent qu'une nappe sans gravière présente, lorsque la RFU est saturée, d'importantes fluctuations de niveau (de l'ordre de 0,90 m pour l'année 1979, avec les paramètres retenus) qui dépendent essentiellement :

- de la valeur de la recharge,
- de la valeur du coefficient d'emmagasinement.

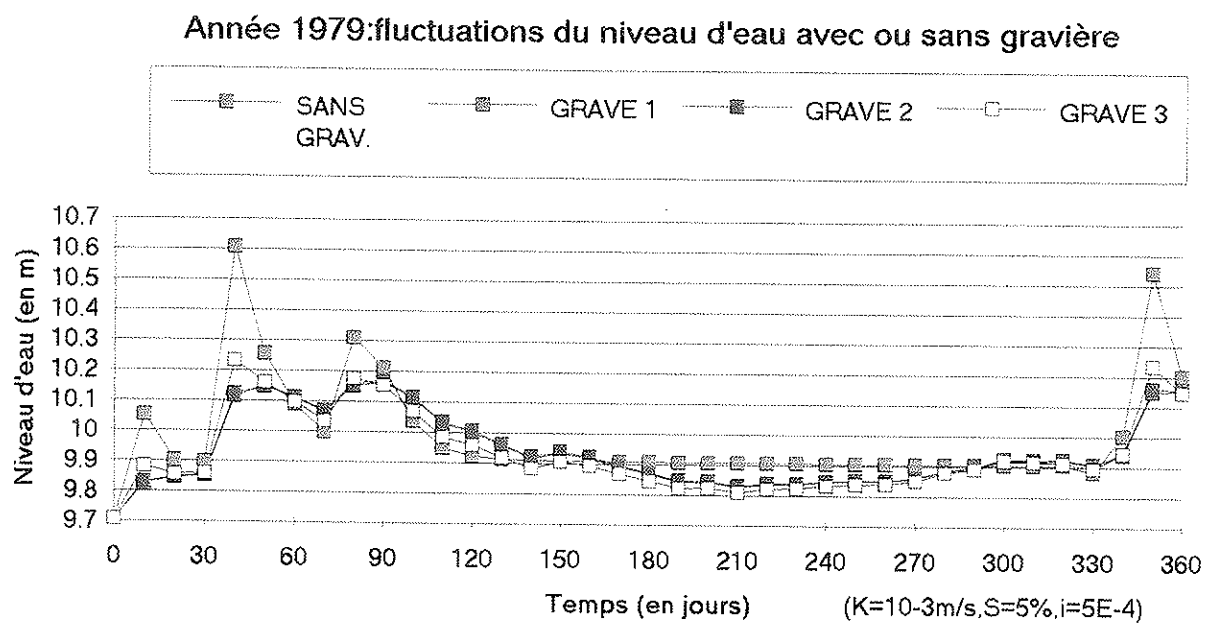


Fig. 2

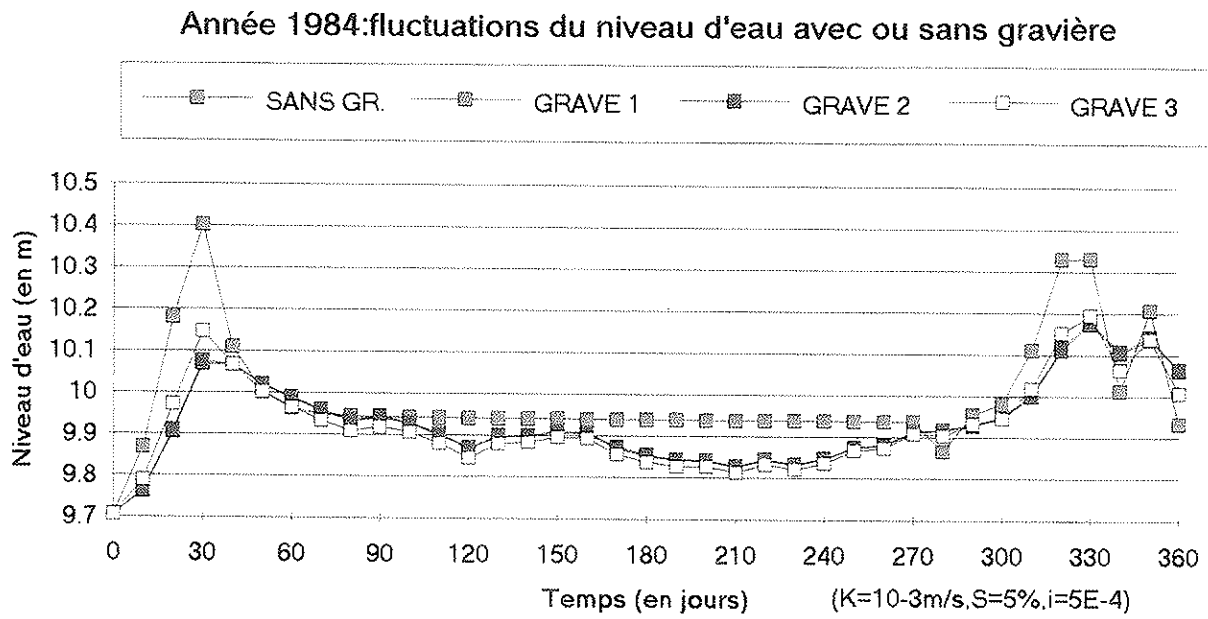


Fig. 3

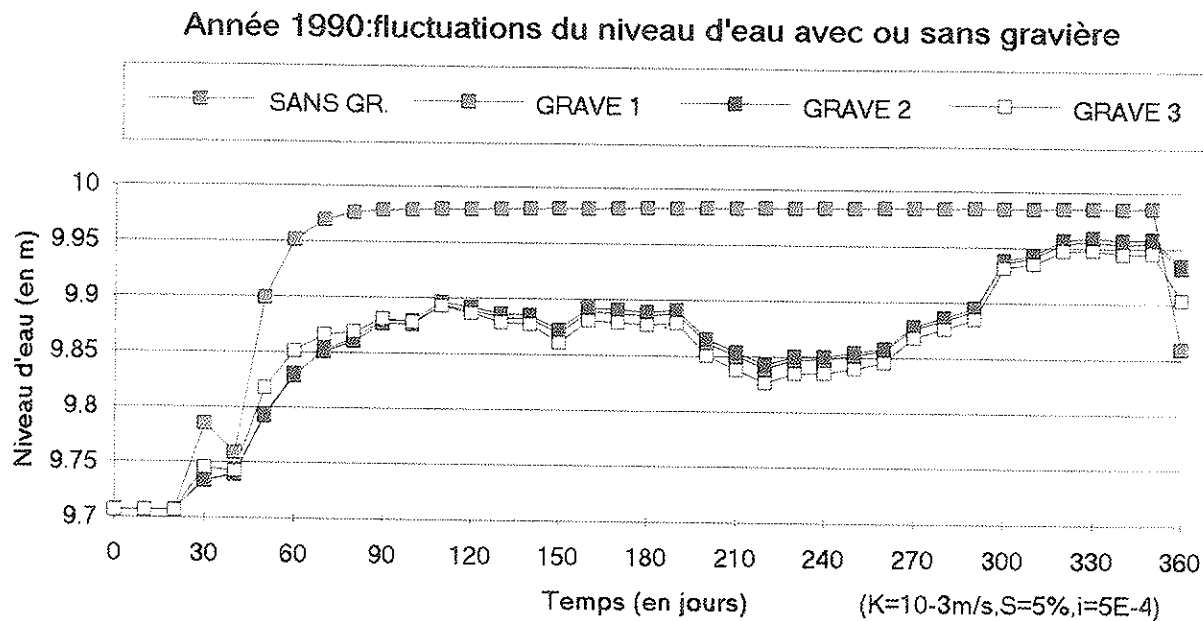


Fig. 4

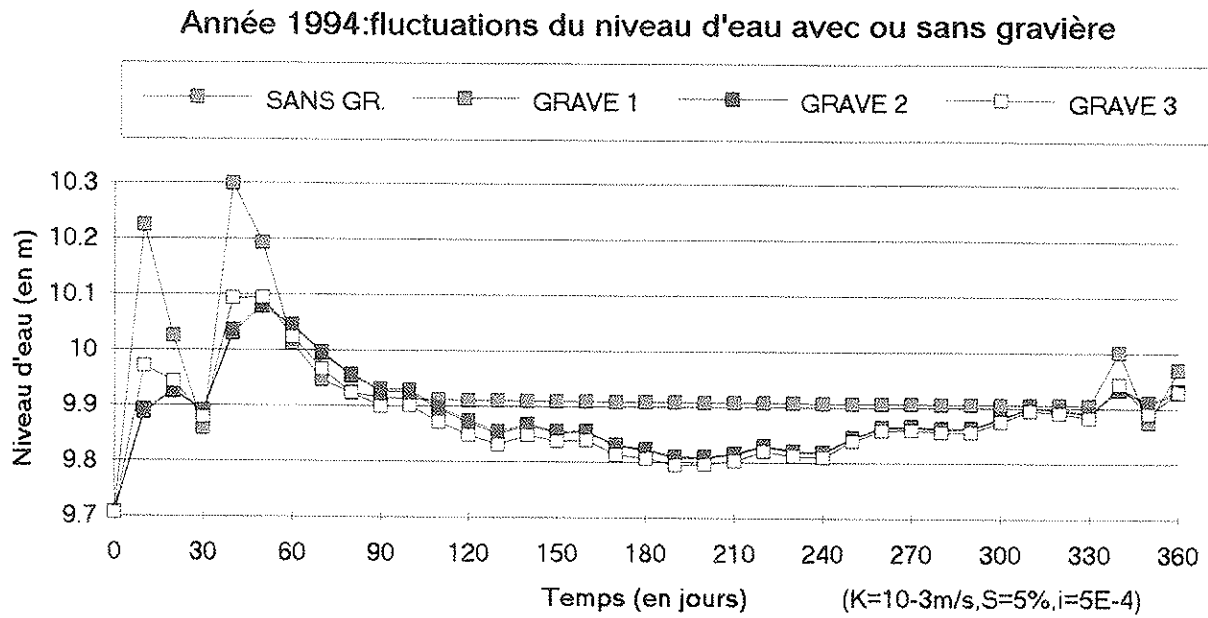


Fig. 5

Par contre, en l'absence de recharge (RFU non saturée), la nappe atteint très vite une position d'équilibre et ne fluctue plus.

Par ailleurs, on constate que l'introduction d'une gravière dans le modèle, amortit les fluctuations à RFU saturée mais induit aussi d'autres fluctuations, d'amplitude plus faible et liée à la valeur de la recharge P-EVP, celle-ci pouvant être négative - (Cas de l'année 1990 donné figure 4).

Si l'on examine maintenant, pour les conditions de recharge de l'année 1979, les fluctuations piézométriques ou d'autres points du modèle, extérieurs à la gravière (Cf. figures 6 à 11), on constate :

- qu'à RFU saturée, l'amplitude des fluctuations de la nappe est amortie par la présence d'une gravière et que cet amortissement est d'autant plus net que la gravière est proche (Comparer par exemple les figures 6 et 8) ;
- que lorsque la nappe n'est plus soumise à une recharge, les fluctuations du niveau d'eau de la gravière se transmettent à la nappe en s'amortissant en fonction de la distance.

On remarquera en outre que l'on vérifie, au pas de temps $t = 0$, le rabattement amont et l'élévation aval du niveau de la nappe en présence d'une gravière (Comparer maille 1 amont et maille 5 aval).

4.2 - SIMULATIONS COMPLEMENTAIRES : ETUDE PARAMETRIQUE

Nous avons vu qu'une recharge appliquée uniquement à une gravière se propage vers la nappe en s'amortissant.

L'objectif de ces simulations complémentaires est d'examiner l'influence des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère (K , S), de la taille de la gravière et du degré de colmatage de celle-ci sur l'amplitude et la propagation de la variation de niveau induite par une recharge donnée, appliquée à une gravière.

Pour permettre des comparaisons entre les différents cas envisagés, la valeur de la recharge appliquée à la gravière a été fixée à 100 mm.

4.2.1 - Influence du coefficient d'emmagasinement

L'influence du coefficient d'emmagasinement a été abordée en appliquant une recharge de 100 mm à une gravière carrée située au centre du modèle et constituée de 3 x 3 mailles (grave 4).

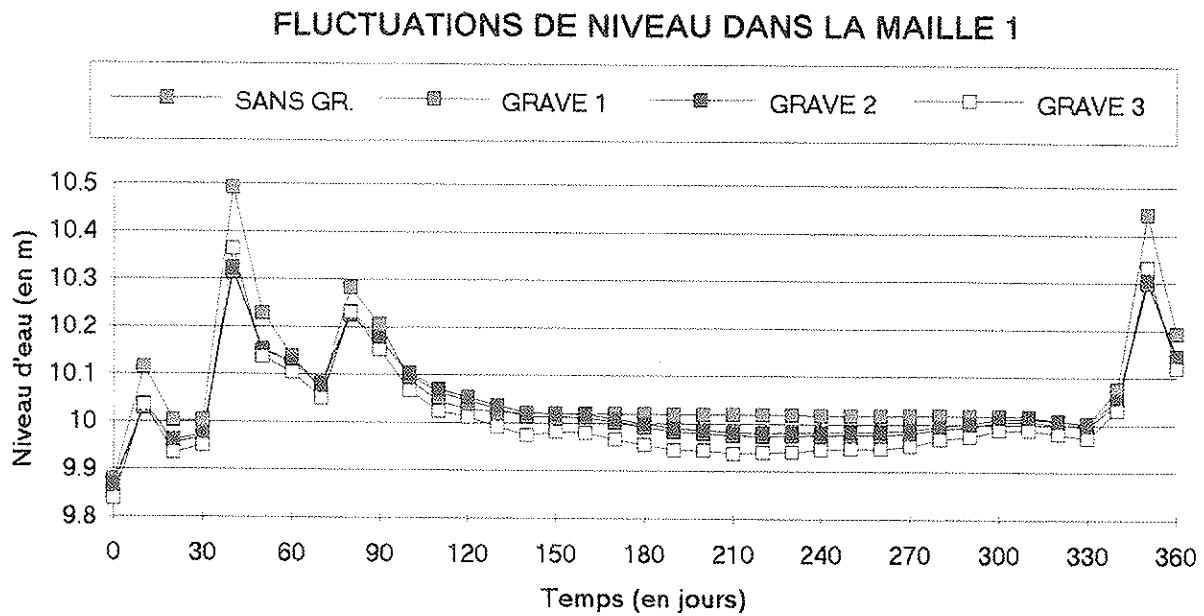


Fig. 6

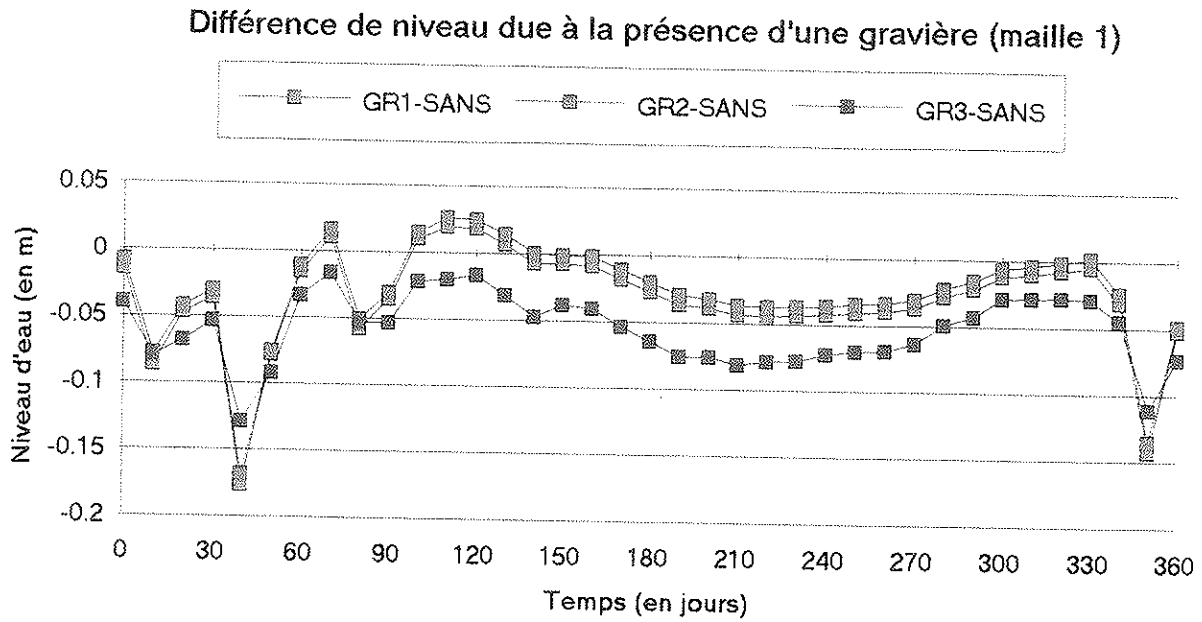


Fig. 7

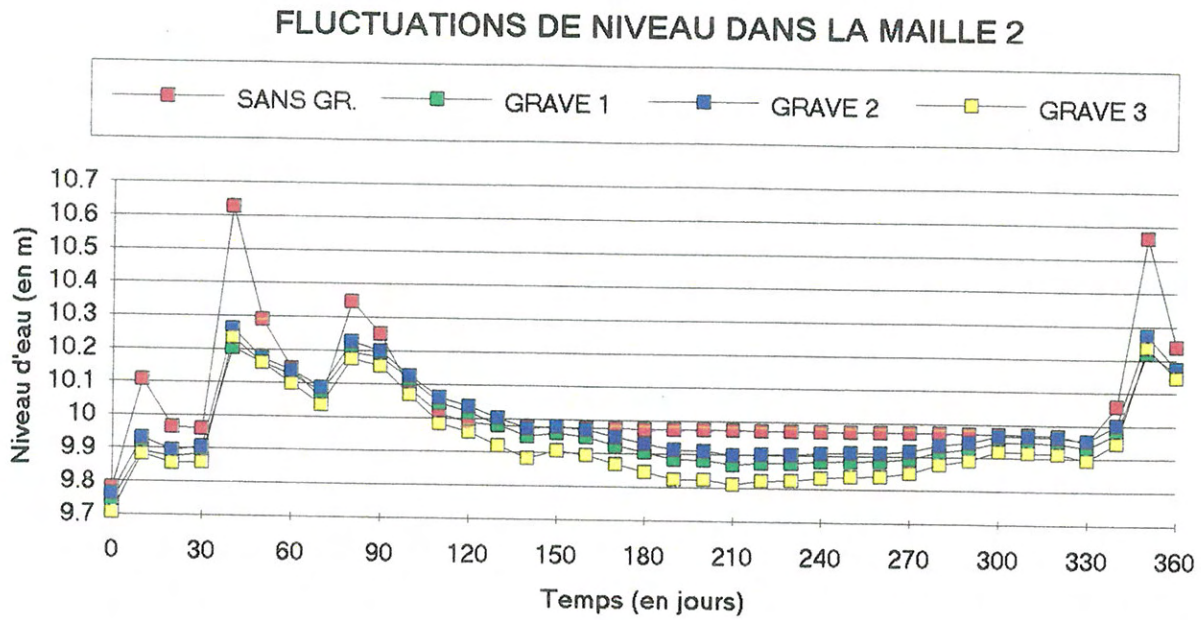


Fig. 8

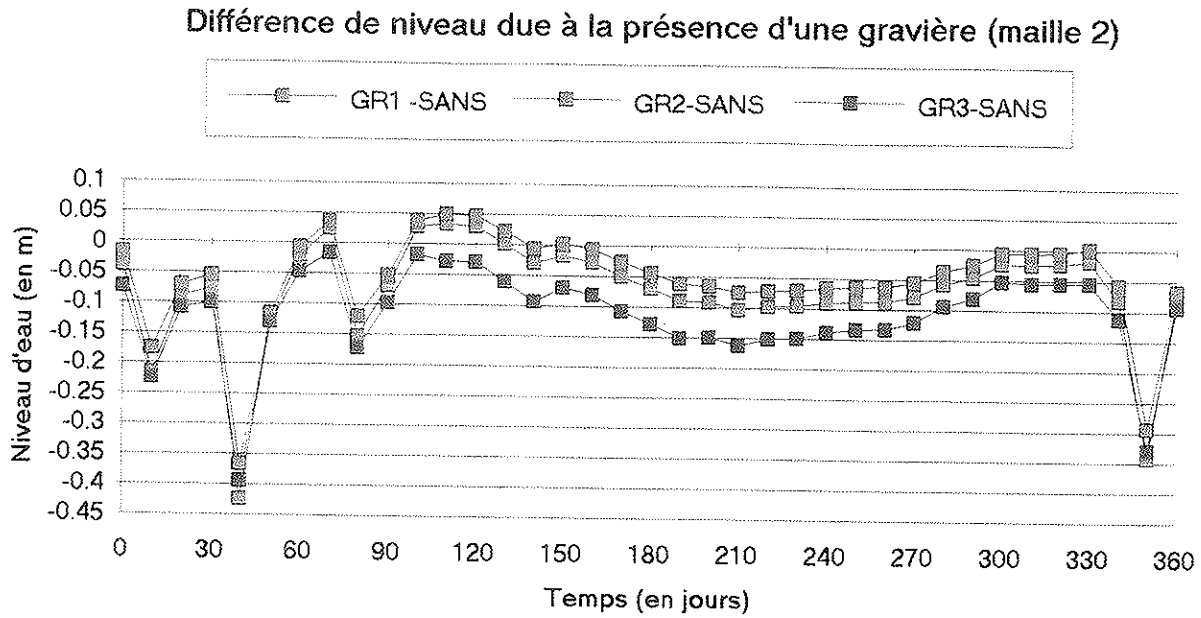


Fig. 9

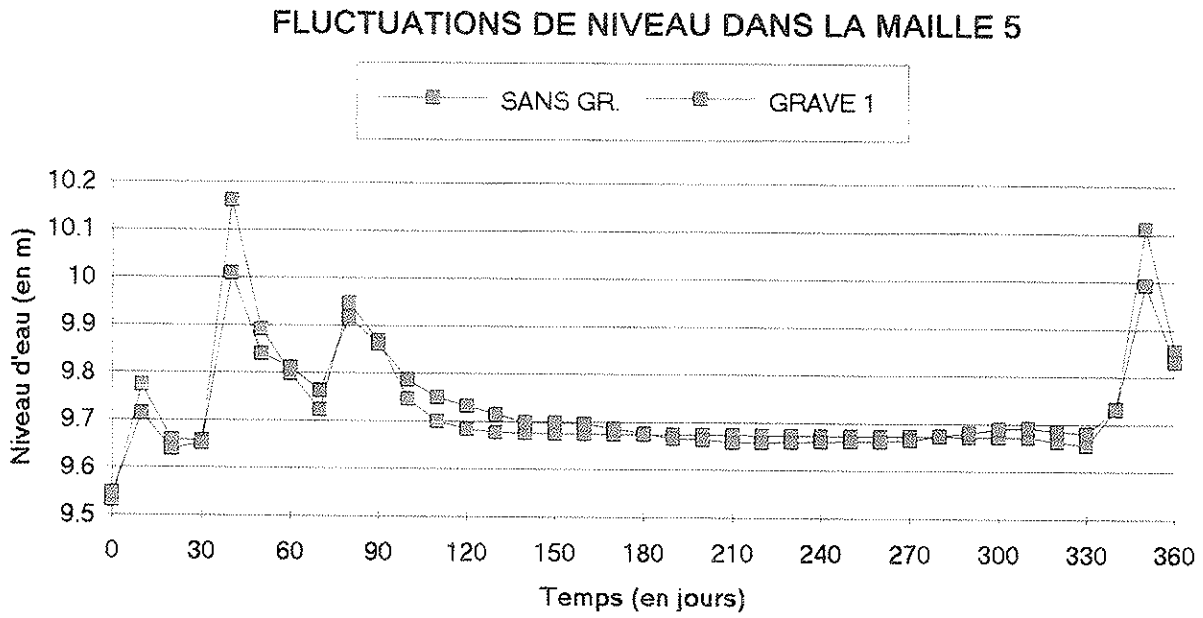


Fig. 10

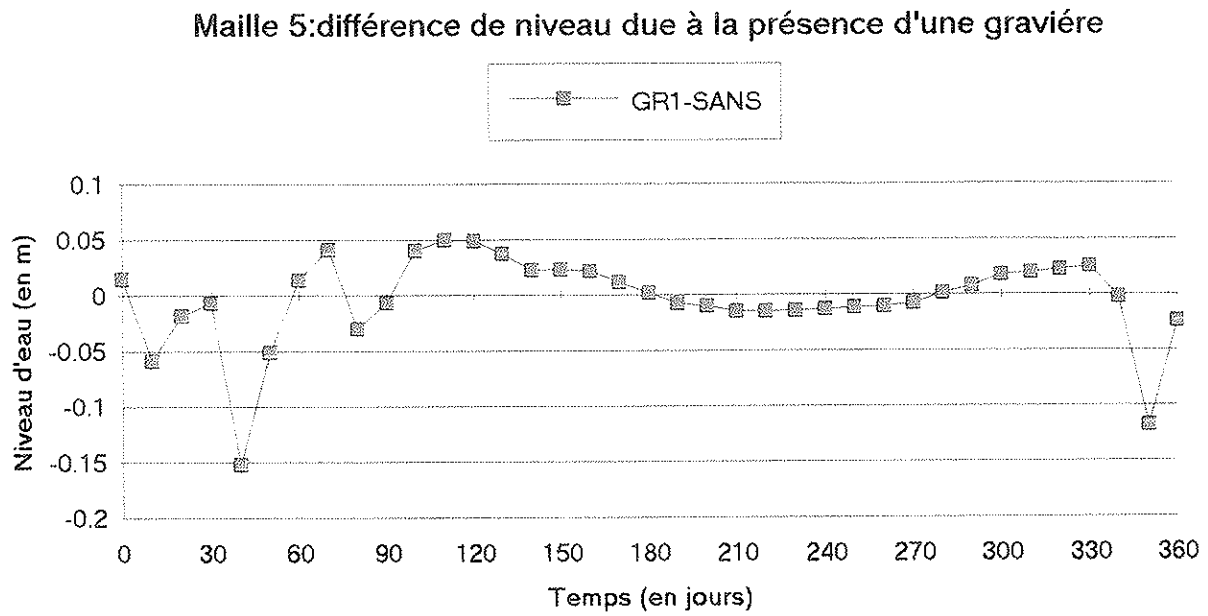


Fig. 11

On trouvera figures 12 et 13, l'évolution du niveau d'eau en fonction du temps dans la gravière et dans la nappe, pour 2 valeurs du coefficient d'emmagasinement (5 % et 10 %), la perméabilité des terrains restant constante ($K = 10^{-3}$ m/s).

Dans le premier cas ($S = 5$ %), l'augmentation du niveau d'eau dans la gravière est de 88,4 mm et dans le second cas ($S = 10$ %), de 86,6 mm.

Si l'on examine maintenant l'élévation du niveau d'eau à $t = 1$ jour (Cf. figure 14), on constate que l'amortissement en fonction de la distance est plus rapide si le coefficient d'emmagasinement est plus fort.

4.2.2 - Influence de la perméabilité

L'influence de la perméabilité des terrains est illustrée par la comparaison entre les figures 12 ($K = 10^{-3}$ m/s, $S = 5$ %) et 15 ($K = 10^{-2}$ m/s, $S = 5$ %).

On constate que, toutes choses égales par ailleurs, une augmentation de la perméabilité des terrains se marque, d'une part par une augmentation moindre du niveau de la gravière (56,1 mm pour $K = 10^{-2}$ m/s contre 88,4 mm pour $K = 10^{-3}$ m/s) et d'autre part, par un équilibre beaucoup plus rapide des niveaux d'eau entre la gravière et la nappe.

Cette plus grande rapidité de la transmission d'une fluctuation de niveau de la gravière vers la nappe, est également clairement montrée par la figure 16 où l'on voit que plus la perméabilité est forte, moins l'augmentation du niveau d'eau dans la gravière est forte, mais plus sa propagation vers l'aquifère environnant est rapide.

4.2.3 - Influence de la taille de la gravière

Pour l'estimer, une recharge de 100 mm a été appliquée dans grave 4 constituée de 3 x 3 mailles (Cf. figure 15) et dans grave 1, constituée de 5 x 5 mailles (Cf. figure 16) ; les paramètres de l'aquifère restant inchangés avec $K = 10^{-3}$ m/s et $S = 5$ %.

A $t = 1$ jour, l'augmentation du niveau d'eau de la gravière s'élève à :

- 93,2 mm dans grave 1,
- 88,4 mm dans grave 4.

Ces résultats montrent que plus la surface relative de la gravière par rapport à la portion de nappe considérée est importante, plus l'élévation du niveau d'eau de la gravière est forte ; et par conséquent, son impact sur le niveau de la nappe.

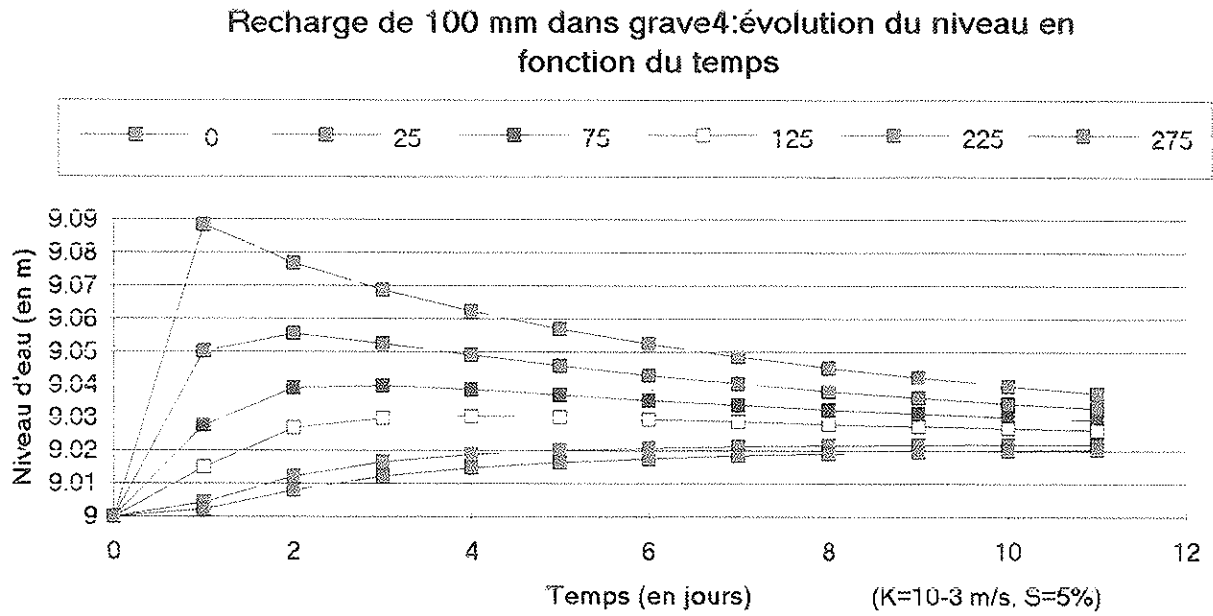


Fig. 12

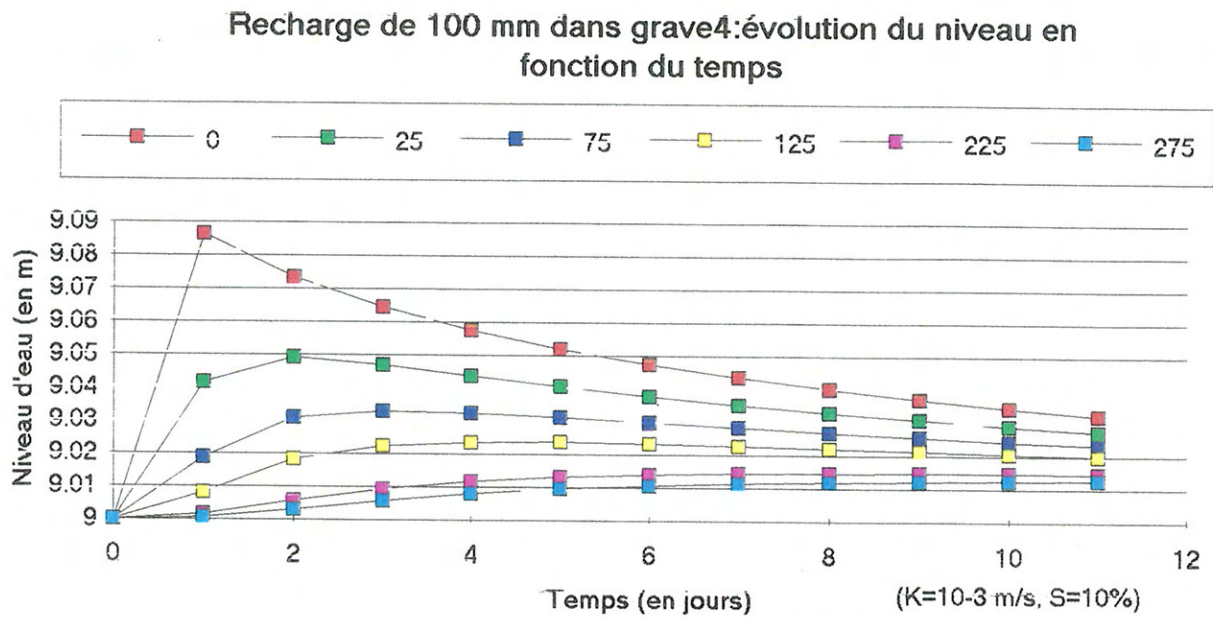


Fig. 13

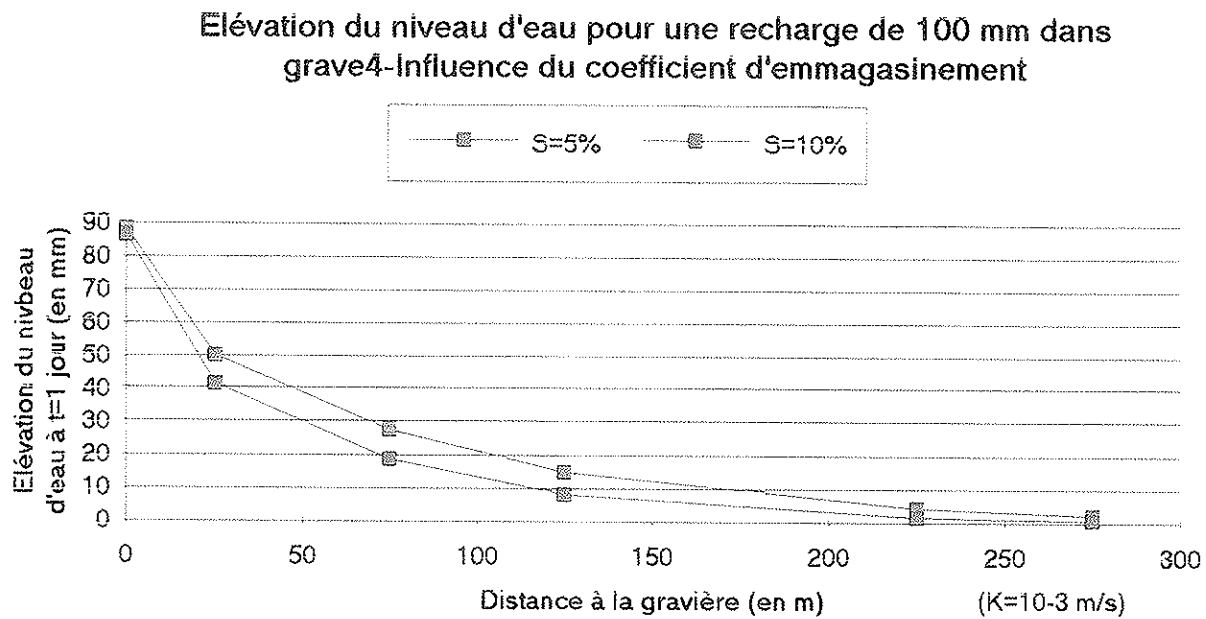


Fig. 14

Recharge de 100 mm dans grave4: évolution du niveau en fonction du temps

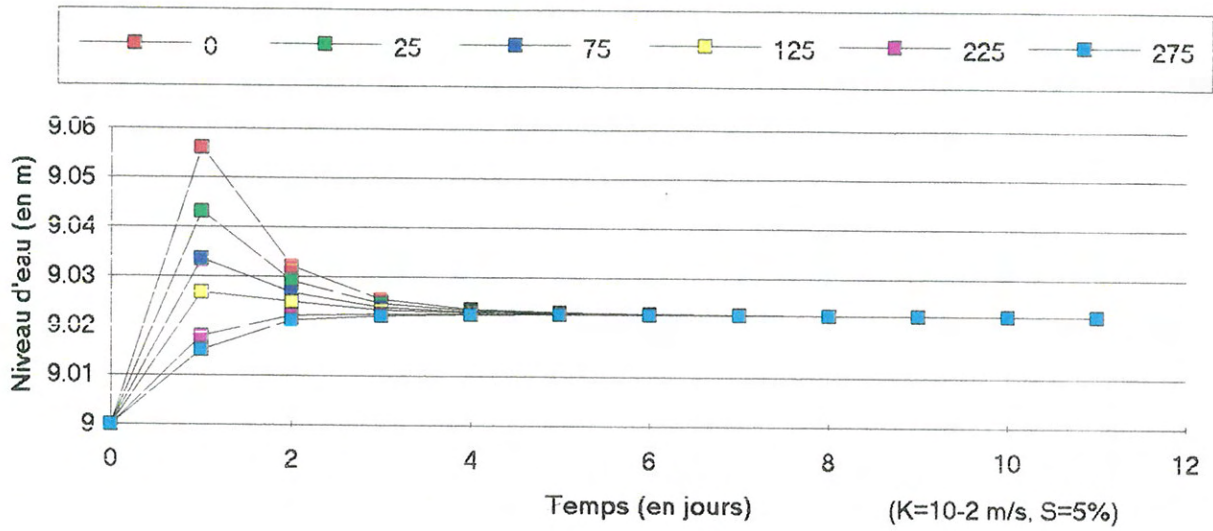


Fig. 15

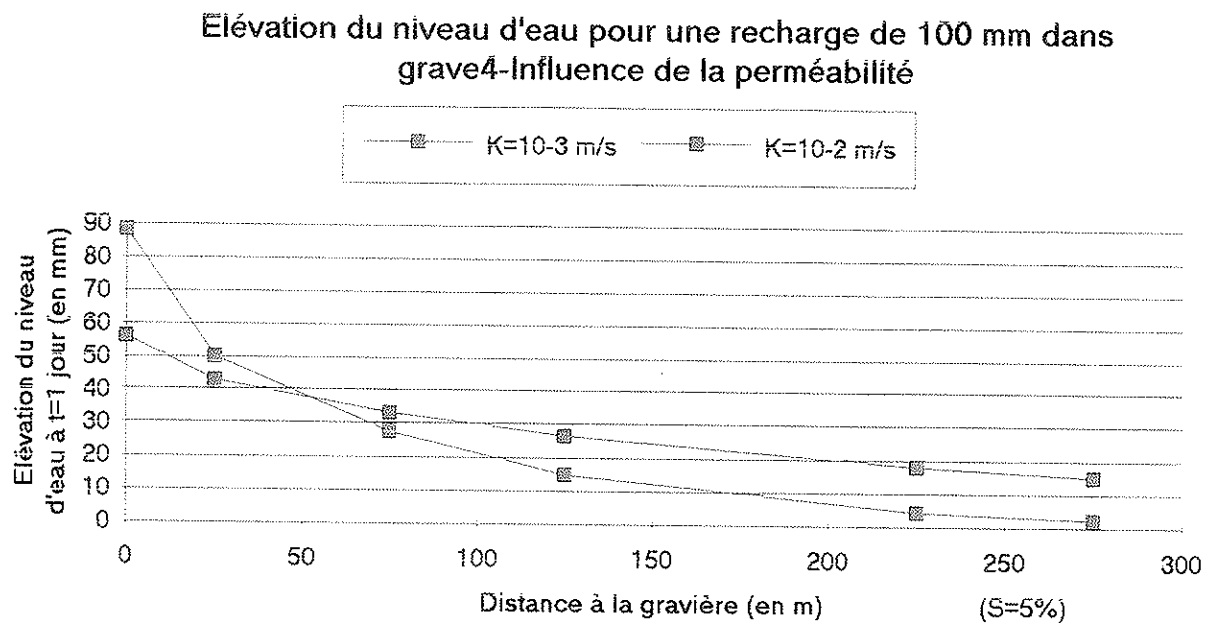


Fig. 16

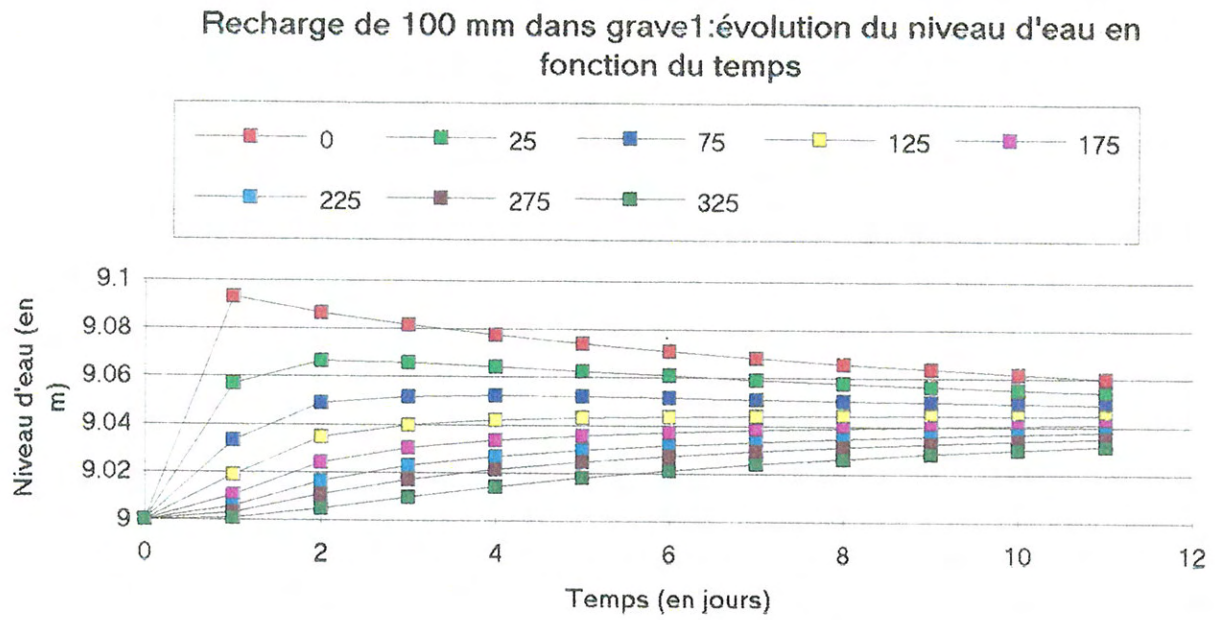


Fig. 17

4.3 - ETUDE DU COLMATAGE

L'influence du colmatage des berges d'une gravière sur la propagation de fluctuations de niveau de la gravière vers la nappe, a été estimée de deux manières distinctes :

- tout d'abord au pas journalier, en simulant à $t = 1$ jour, une recharge de 100 mm dans la gravière et en examinant sa propagation dans les mailles voisines en fonction du temps ;
- ensuite, en simulant les fluctuations de la gravière sous l'effet d'une séquence précipitations/évaporations tirée de l'année 1979 (pas décadaire).

4.3.1 - Simulations d'une recharge de 100 mm dans grave 1 (5 x 5 mailles)

Afin d'estimer l'influence du colmatage des berges, trois simulations ont été effectuées :

- sans colmatage (perméabilité homogène et égale à 10^{-3} m/s sur l'ensemble du modèle),
- avec un colmatage induisant une baisse de perméabilité des berges d'un facteur 10 ;
- avec un colmatage induisant une baisse de la perméabilité des berges d'un facteur 100.

L'examen des résultats de ces 3 simulations présentées figures 18 à 20, montre que le colmatage des berges se traduit par :

- une élévation du niveau d'eau dans la gravière, d'autant plus grande que le colmatage est intense ;
- une baisse du niveau de la gravière d'autant plus lente que le colmatage est fort.

A l'inverse, on remarquera que l'élévation du niveau d'eau dans l'aquifère est d'autant plus faible que le colmatage est fort (Cf. figure 21).

PROPAGATION D'UNE FLUCTUATION DE NIVEAU DE LA GRAVIERE VERS LA NAPPE (pas de colmatage)

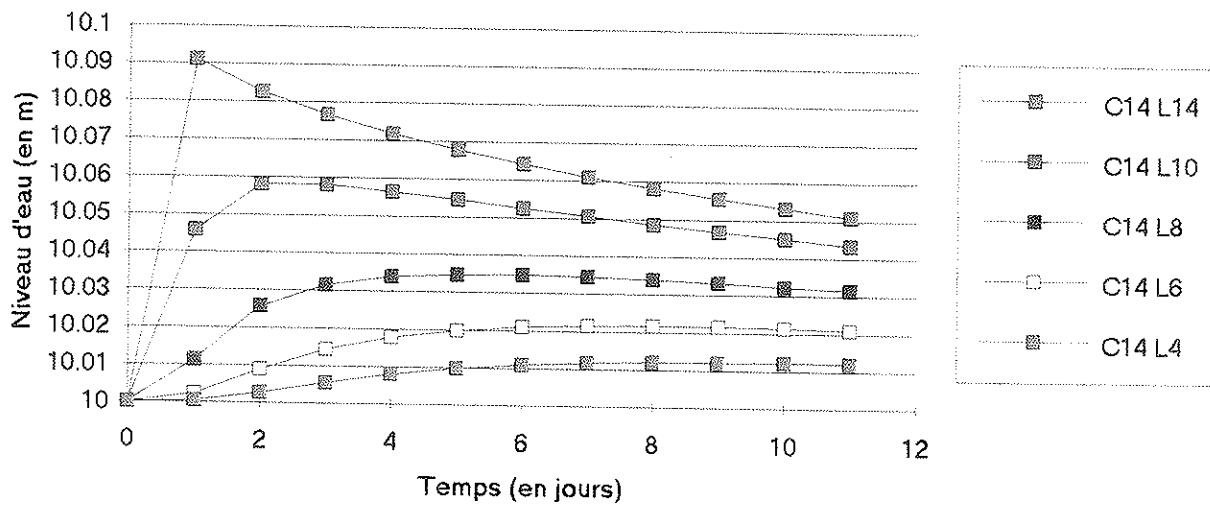


Fig. 18

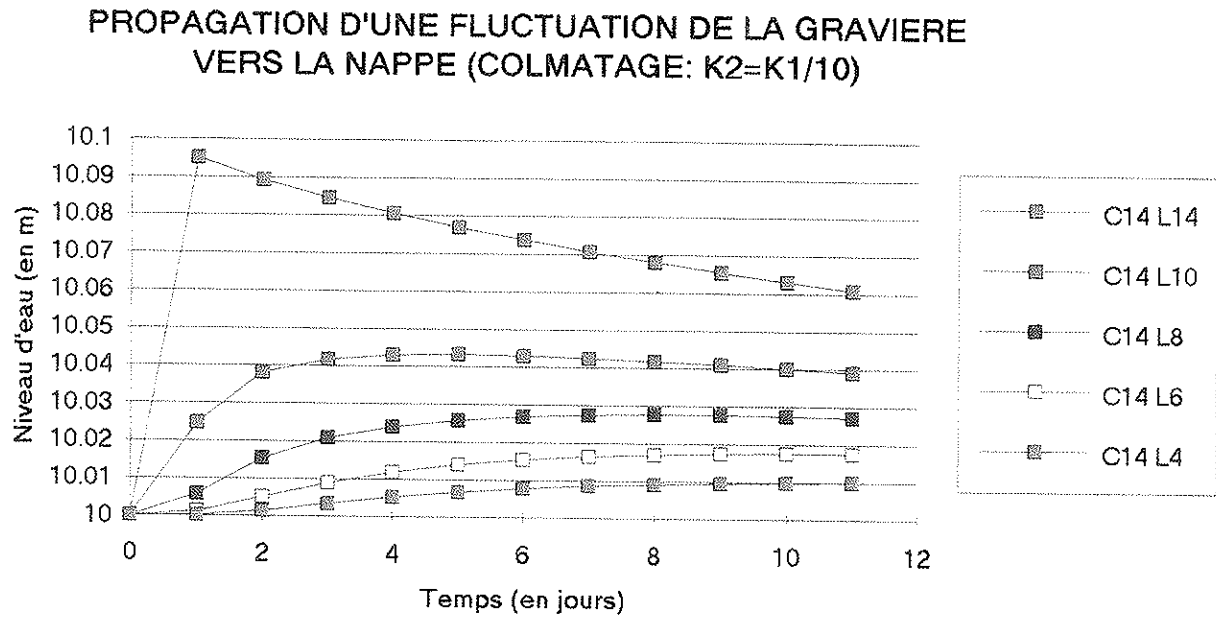


Fig 19

PROPAGATION D'UNE FLUCTUATION DE LA GRAVIERE
VERS LA NAPPE (COLMATAGE: $K_2=K_1/100$)

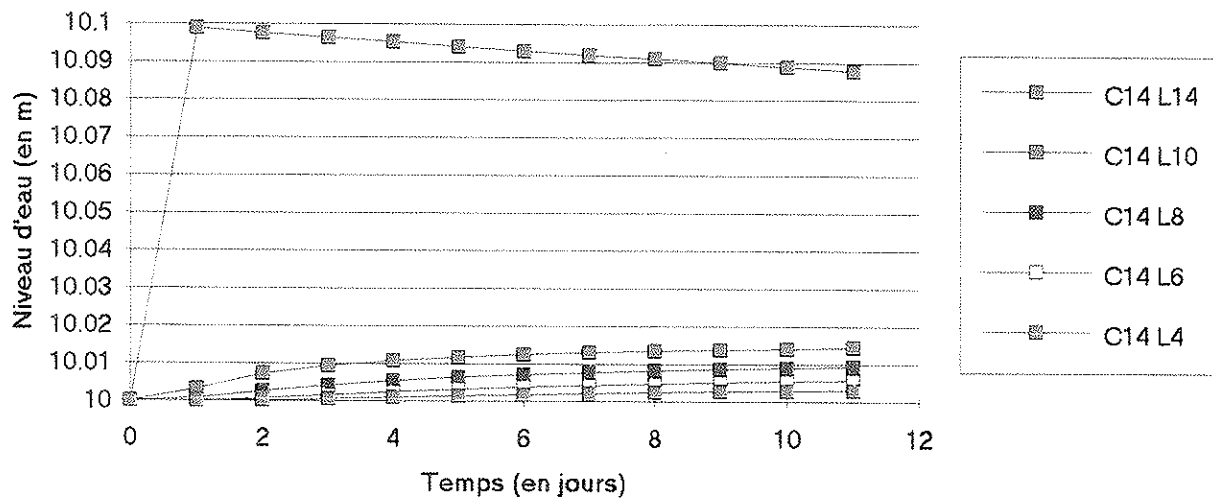


Fig. 20

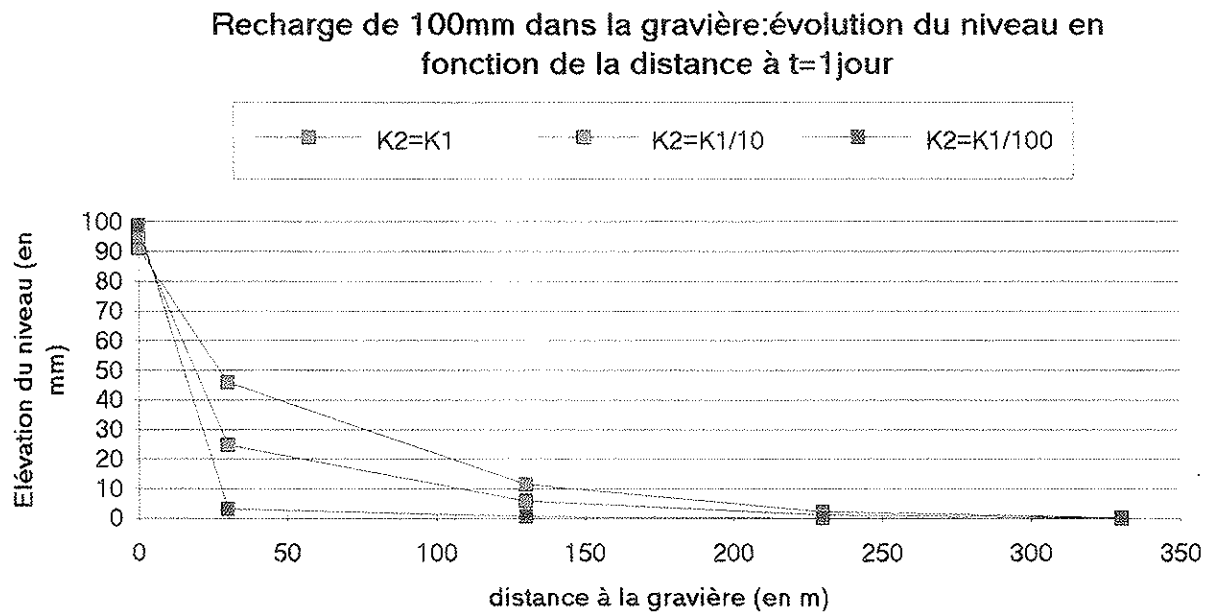


Fig. 21

4.3.2 - Simulations d'une séquence de recharges et d'évaporations

Ces simulations ont été réalisées à partir des données climatologiques réelles tirées de l'année 1979.

Les résultats obtenus respectivement dans le cas d'une gravière non colmatée et pour deux degrés différents de colmatage sont présentés figures 22 à 24.

Ils permettent d'aboutir aux mêmes conclusions que dans le cas d'une recharge ponctuelle, à savoir que plus les berges sont colmatées, moins l'influence des fluctuations de la gravière sur la nappe est sensible.

Dans le cas extrême (colmatage total des berges), les fluctuations de niveau dans la gravière et dans la nappe seraient même totalement indépendantes.

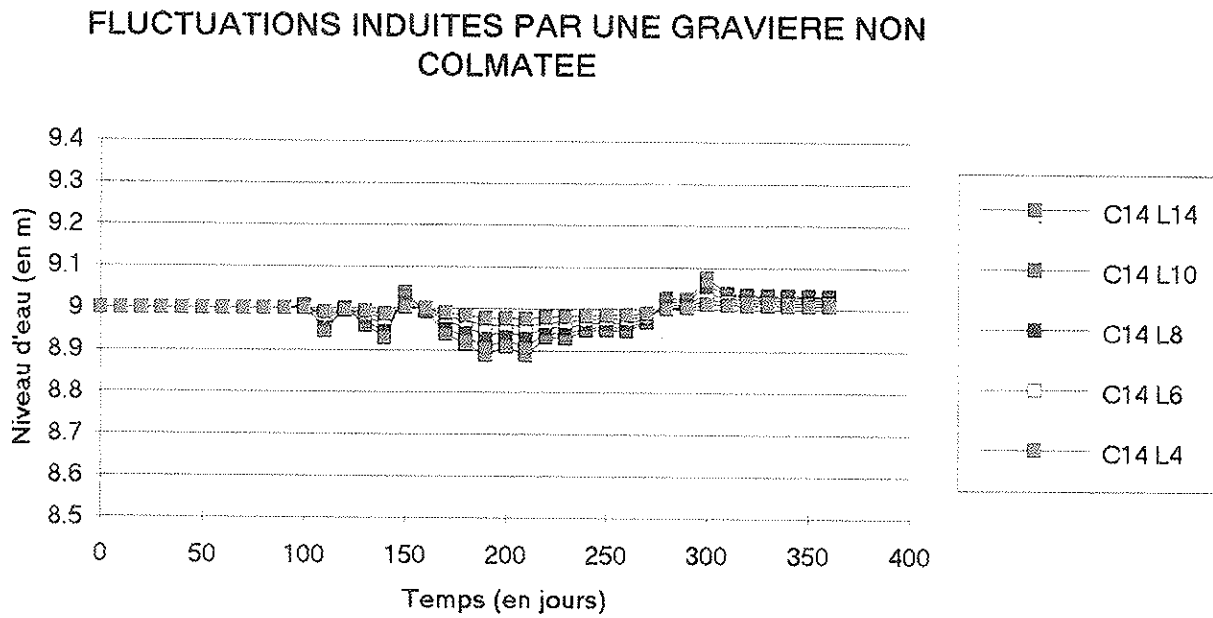


Fig. 22

FLUCTUATIONS INDUITES PAR UNE GRAVIERE COLMATEE ($K_2=0.1K_1$)

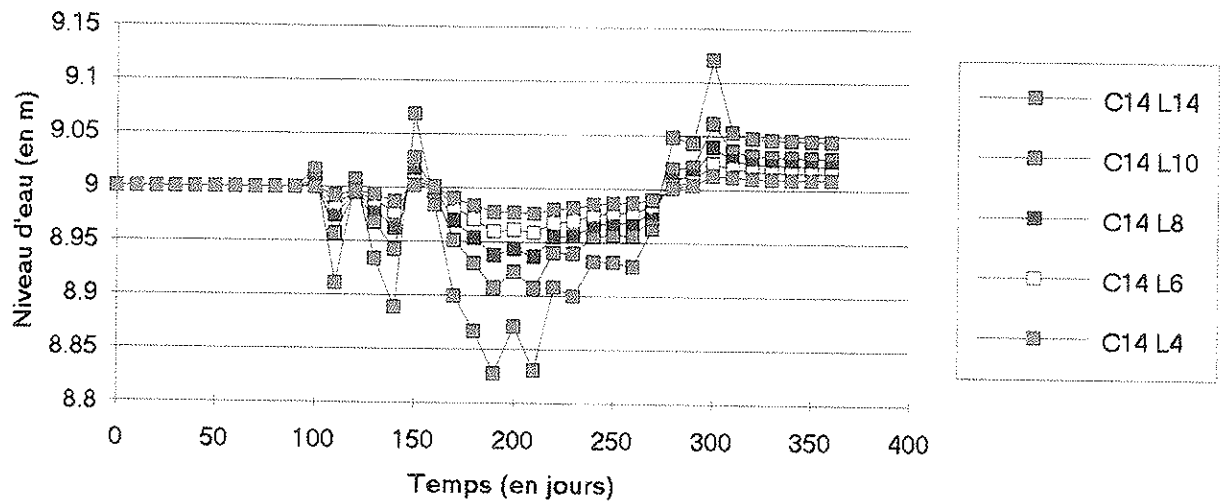


Fig. 23

FLUCTUATIONS INDUITES PAR UNE GRAVIERE COLMATEE
($K_2=0.01K_1$)

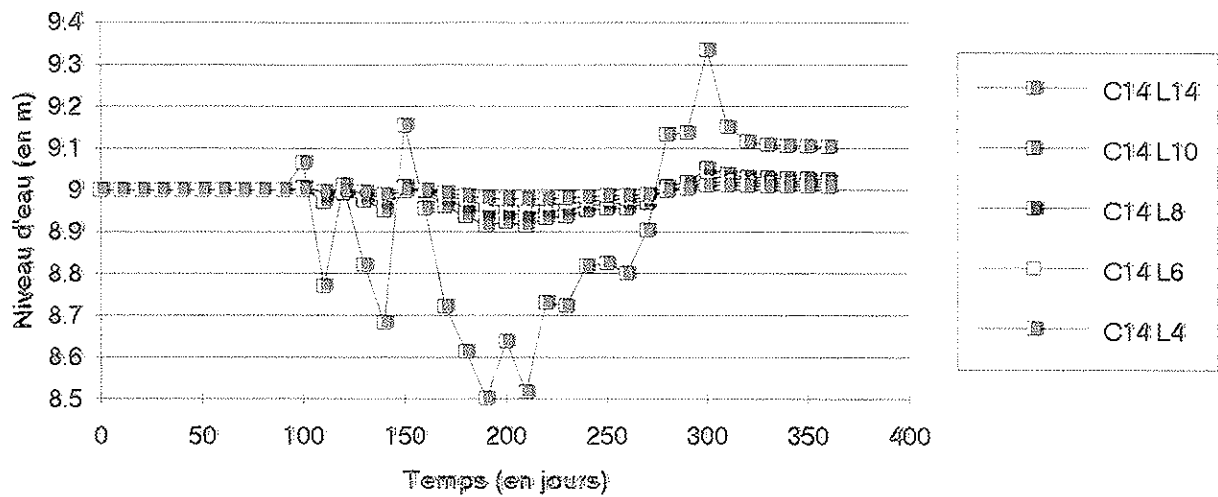


Fig. 24

5 - CONCLUSION

Les différentes simulations réalisées montrent que la présence d'une gravière en eau au sein d'une nappe, a deux effets principaux :

- d'une part, un amortissement des fluctuations propres de la nappe (effet atténuateur) ;
- d'autre part, lorsque la nappe n'est pas soumise à une recharge, la création de fluctuations d'amplitude plus faible dues à des séquences recharge-évaporation dans le plan d'eau.

Ces fluctuations sont d'autant plus importantes que la surface de la gravière est grande et que le coefficient d'emménagement de l'aquifère est faible.

Par contre, elles sont d'autant plus faibles et se propagent d'autant plus rapidement vers l'aquifère, que la perméabilité des terrains est grande.

En outre, un colmatage éventuel des berges de la gravière se traduit par :

- une élévation du niveau d'eau dans la gravière d'autant plus forte que le colmatage est intense ;
- un équilibrage des niveaux d'eau entre la gravière et la nappe d'autant plus lent que le colmatage est fort.

Autrement dit, plus les berges sont colmatées, moins l'influence des fluctuations de la gravière sur la nappe est sensible.

UNICEM CENTRE
Comité Régional de la Chartre de l'Industrie des Granulats
45404 Fleury-les-Aubrais

impact de la création d'un plan d'eau sur les fluctuations d'une nappe

A 04680
Décembre 1995

ANNEXE 1
Données climatologiques utilisées

ETP PENMAN et pluviométrie décadaires de BRICY
A N N E E 1 9 7 9

Mois	Décade	Pluies mm	ETP PENMAN mm
Janvier	1	27.1	0.8
Janvier	2	6.7	1.9
Janvier	3	10.9	2.3
Février	1	66.5	3.0
Février	2	18.6	2.4
Février	3	2.2	4.8
Mars	1	22.8	9.7
Mars	2	49.5	11.5
Mars	3	37.5	16.5
Avril	1	28.6	18.0
Avril	2	1.6	30.2
Avril	3	31.6	21.0
Mai	1	8.9	29.9
Mai	2	9.8	41.2
Mai	3	61.9	29.0
Juin	1	26.5	32.7
Juin	2	7.8	38.6
Juin	3	0.9	38.2
Juillet	1	0.0	46.7
Juillet	2	14.9	40.9
Juillet	3	3.6	48.1
Août	1	28.6	42.6
Août	2	6.9	29.1
Août	3	25.1	34.6
Septembre	1	16.0	28.4
Septembre	2	10.0	26.2
Septembre	3	13.5	16.7
Octobre	1	37.6	14.7
Octobre	2	25.2	9.4
Octobre	3	46.4	5.6
Novembre	1	15.4	5.6
Novembre	2	22.6	3.1
Novembre	3	1.0	1.6
Décembre	1	23.4	5.3
Décembre	2	60.4	4.9
Décembre	3	17.9	4.0

ETP PENMAN et pluviométrie décadaires de BRICY
A N N E E 1 9 8 4

Mois	Décade	Pluies mm	ETP PENMAN mm
Janvier	1	16.9	4.4
Janvier	2	35.3	3.8
Janvier	3	47.0	7.1
Février	1	16.7	5.9
Février	2	1.0	8.5
Février	3	5.8	5.9
Mars	1	2.7	13.3
Mars	2	3.5	18.0
Mars	3	49.2	23.7
Avril	1	9.0	15.2
Avril	2	0.7	29.3
Avril	3	0.0	48.1
Mai	1	58.7	29.7
Mai	2	26.7	22.8
Mai	3	50.0	30.8
Juin	1	33.0	31.7
Juin	2	3.6	50.3
Juin	3	4.5	43.2
Juillet	1	13.5	50.5
Juillet	2	16.4	44.0
Juillet	3	12.8	58.0
Août	1	31.2	36.3
Août	2	0.0	40.4
Août	3	30.6	35.5
Septembre	1	48.5	28.8
Septembre	2	20.9	18.9
Septembre	3	57.9	17.2
Octobre	1	54.8	12.0
Octobre	2	24.7	10.0
Octobre	3	23.4	9.2
Novembre	1	29.9	6.7
Novembre	2	40.0	3.7
Novembre	3	35.6	5.8
Décembre	1	8.0	2.5
Décembre	2	32.2	2.4
Décembre	3	5.5	2.7

ETP PENMAN et pluviométrie décadaires de BRICY

A N N E E 1 9 9 0

Mois	Décade	Pluies mm	ETP PENMAN mm
Janvier	1	0.3	0.7
Janvier	2	2.6	2.1
Janvier	3	20.7	14.4
Février	1	14.8	13.4
Février	2	23.5	10.1
Février	3	6.1	12.8
Mars	1	0.2	15.3
Mars	2	0.2	23.1
Mars	3	11.3	21.9
Avril	1	4.1	30.2
Avril	2	23.8	25.7
Avril	3	5.5	31.8
Mai	1	12.9	45.4
Mai	2	12.2	40.4
Mai	3	0.7	47.6
Juin	1	31.9	34.3
Juin	2	12.7	35.4
Juin	3	15.7	41.1
Juillet	1	18.9	38.3
Juillet	2	-1	61.7
Juillet	3	10.2	62.6
Août	1	0.0	57.4
Août	2	12.1	45.1
Août	3	3.1	42.7
Septembre	1	0.3	33.5
Septembre	2	0.1	30.7
Septembre	3	17.4	24.3
Octobre	1	2.1	18.2
Octobre	2	7.3	18.3
Octobre	3	55.6	14.7
Novembre	1	10.9	5.0
Novembre	2	25.4	6.9
Novembre	3	10.5	2.7
Décembre	1	2.9	3.0
Décembre	2	10.2	4.0
Décembre	3	27.1	2.9

ETP PENMAN décadaire de BRICY

A N N E E 1 9 9 4

Mois	Décade	ETP PENMAN mm
Janvier	1	4.3
Janvier	2	2.4
Janvier	3	5.1
Février	1	3.4
Février	2	4.0
Février	3	7.0
Mars	1	13.3
Mars	2	16.4
Mars	3	24.4
Avril	1	22.6
Avril	2	24.4
Avril	3	31.1
Mai	1	35.8
Mai	2	34.2
Mai	3	40.9
Juin	1	34.0
Juin	2	46.2
Juin	3	46.0
Juillet	1	44.1
Juillet	2	50.4
Juillet	3	53.2
Août	1	49.4
Août	2	35.8
Août	3	36.7
Septembre	1	22.3
Septembre	2	18.5
Septembre	3	17.7
Octobre	1	16.0
Octobre	2	13.6
Octobre	3	11.5
Novembre	1	7.7
Novembre	2	5.6
Novembre	3	2.9
Décembre	1	4.2
Décembre	2	2.4
Décembre	3	3.2

UNICEM
Impact de la création d'un plan d'eau sur les fluctuations d'une nappe

UNICEM CENTRE
Comité Régional de la Chartre de l'Industrie des Granulats
45404 Fleury-les-Aubrais

impact de la création d'un plan d'eau sur les fluctuations d'une nappe

A 04680
Décembre 1995

ANNEXE 2
Calcul de la valeur de la recharge

Période	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	EVP (mm)	Recharge de la nappes(mm)		REC.GRAV. (mm)
					RFU = 100mm	RFU = 75mm	
janvier	27,1	0,8	26,3	0,88	26,3	26,3	26,22
janvier	6,7	1,9	4,8	2,09	4,8	4,8	4,61
janvier	10,9	2,3	8,6	2,53	8,6	8,6	8,37
Février	66,5	3	63,5	3,3	63,5	63,5	63,2
Février	18,6	2,4	16,2	2,64	16,2	16,2	15,96
Février	2,2	4,8	-2,6	5,28	0	0	-3,08
Mars	22,8	9,7	13,1	10,67	10,5	10,5	12,13
Mars	49,5	11,5	38	12,65	38	38	36,85
Mars	37,5	16,5	21	18,15	21	21	19,35
Avril	28,6	18	10,6	19,8	10,6	10,6	8,8
Avril	1,6	30,2	-28,6	33,22	0	0	-31,62
Avril	31,6	21	10,6	23,1	0	0	8,5
Mai	8,9	29,2	-20,3	32,12	0	0	-23,22
Mai	9,8	41,2	-31,4	45,32	0	0	-35,52
Mai	61,9	29	32,9	31,9	0	0	30
Juin	26,5	32,7	-6,2	35,97	0	0	-9,47
Juin	7,8	38,6	-30,8	42,46	0	0	-34,66
Juin	0,9	38,2	-37,3	42,02	0	0	-41,12
Juillet	0	46,7	-46,7	51,37	0	0	-51,37
Juillet	14,9	40,9	-26	44,99	0	0	-30,09
Juillet	3,6	48,1	-44,5	52,91	0	0	-49,31
Aout	28,6	42,6	-14	46,86	0	0	-18,26
Aout	6,9	29,1	-22,2	32,01	0	0	-25,11
Aout	25,1	34,6	-9,5	38,06	0	0	-12,96
Septembre	16	28,4	-12,4	31,24	0	0	-15,24
Septembre	10	26,2	-16,2	28,82	0	0	-18,82
Septembre	13,5	16,7	-3,2	18,37	0	0	-4,87
Octobre	37,6	14,7	22,9	16,17	0	0	21,43
Octobre	25,2	9,4	15,8	10,34	0	0	14,86
Octobre	46,4	5,6	40,8	6,16	0	4,5	40,24
Novembre	15,4	5,6	9,8	6,16	0	9,8	9,24
Novembre	22,6	3,1	19,5	3,41	8,8	19,5	19,19
Novembre	1	1,6	-0,6	1,76	0	0	-0,76
Décembre	23,4	5,3	18,1	5,83	17,5	17,5	17,57
Décembre	60,4	4,9	55,5	5,39	55,5	55,5	55,01
Décembre	17,9	4	13,9	4,4	13,9	13,9	13,5

Période	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	EVP (mm)	Recharge de la nappe		REC.GRAV. (mm)
					RFU = 100mm	RFU = 75mm	
Janvier	16,9	4,4	12,5	4,84	12,5	12,5	12,06
Janvier	35,3	3,8	31,5	4,18	31,5	31,5	31,12
Janvier	47	7,1	39,9	7,81	39,9	39,9	39,19
Février	16,7	5,9	10,8	6,49	10,8	10,8	10,21
Février	1	8,5	-7,5	9,35	0	0	-8,35
Février	5,8	5,9	-0,1	6,49	0	0	-0,69
Mars	2,7	13,3	-10,6	14,63	0	0	-11,93
Mars	3,5	18	-14,5	19,8	0	0	-16,3
Mars	49,2	23,7	25,5	26,07	0	0	23,13
Avril	9	15,2	-6,2	16,72	0	0	-7,72
Avril	0,7	29,3	-28,6	32,23	0	0	-31,53
Avril	0	48,1	-48,1	52,91	0	0	-52,91
Mai	58,7	29,7	29	32,67	0	0	26,03
Mai	26,7	22,8	3,9	25,08	0	0	1,62
Mai	50	30,8	19,2	33,88	0	0	16,12
Juin	33	31,7	1,3	34,87	0	0	-1,87
Juin	3,6	50,3	-46,7	55,33	0	0	-51,73
Juin	4,5	43,2	-38,7	47,52	0	0	-43,02
Juillet	13,5	50,5	-37	55,55	0	0	-42,05
Juillet	16,4	44	-27,6	48,4	0	0	-32
Juillet	12,8	58	-45,2	63,8	0	0	-51
Aout	31,2	36,3	-5,1	39,93	0	0	-8,73
Aout	0	40,4	-40,4	44,44	0	0	-44,44
Aout	30,6	35,5	-4,9	39,05	0	0	-8,45
Septembre	48,5	28,8	19,7	31,68	0	0	16,82
Septembre	20,9	18,9	2	20,79	0	0	0,11
Septembre	57,9	17,2	40,7	18,92	0	0	38,98
Octobre	54,8	12	42,8	13,2	5,2	30,2	41,6
Octobre	24,7	10	14,7	11	14,7	14,7	13,7
Octobre	23,4	9,2	14,2	10,12	14,2	14,2	13,28
Novembre	29,9	6,7	23,2	7,37	23,2	23,2	22,53
Novembre	40	3,7	36,3	4,07	36,3	36,3	35,93
Novembre	35,6	5,8	29,8	6,38	29,8	29,8	29,22
Décembre	8	2,5	5,5	2,75	5,5	5,5	5,25
Décembre	32,2	2,4	29,8	2,64	29,8	29,8	29,56
Décembre	5,5	2,7	2,8	2,97	2,8	2,8	2,53

Période	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	EVP (mm)	Recharge de la nappe(mm)	REC.GRAV. (mm)	
					RFU = 100mm	RFU = 75mm	
Janvier	0,3	0,7	-0,4	0,77	0	0	-0,47
Janvier	2,6	2,1	0,5	2,31	0,1	0,1	0,29
Janvier	20,7	14,4	6,3	15,84	6,3	6,3	4,86
Février	14,8	13,4	1,4	14,74	1,4	1,4	0,06
Février	23,5	10,1	13,4	11,11	13,4	13,4	12,39
Février	6,1	12,8	-6,7	14,08	0	0	-7,98
Mars	0,2	15,3	-15,1	16,83	0	0	-16,63
Mars	0,2	23,1	-22,9	25,41	0	0	-25,21
Mars	11,3	21,9	-10,6	24,09	0	0	-12,79
Avril	4,1	30,2	-26,1	33,22	0	0	-29,12
Avril	23,8	25,7	-1,9	28,27	0	0	-4,47
Avril	5,5	31,8	-26,3	34,98	0	0	-29,48
Mai	12,9	45,4	-32,5	49,94	0	0	-37,04
Mai	12,2	40,4	-28,2	44,44	0	0	-32,24
Mai	0,7	47,6	-46,9	52,36	0	0	-51,66
Juin	31,9	34,3	-2,4	37,73	0	0	-5,83
Juin	12,7	35,4	-22,7	38,94	0	0	-26,24
Juin	15,7	41,1	-25,4	45,21	0	0	-29,51
Juillet	18,9	38,3	-19,4	42,13	0	0	-23,23
Juillet	0	61,7	-61,7	67,87	0	0	-67,87
Juillet	10,2	62,6	-52,4	68,86	0	0	-58,66
Aout	0	57,4	-57,4	63,14	0	0	-63,14
Aout	12,1	45,1	-33	49,61	0	0	-37,51
Aout	3,1	42,7	-39,6	46,97	0	0	-43,87
Septembre	0,3	33,5	-33,2	36,85	0	0	-36,55
Septembre	0,1	30,7	-30,6	33,77	0	0	-33,67
Septembre	17,4	24,3	-6,9	26,73	0	0	-9,33
Octobre	2,1	18,2	-16,1	20,02	0	0	-17,92
Octobre	7,3	18,3	-11	20,13	0	0	-12,83
Octobre	55,6	14,7	40,9	16,17	0	0	39,43
Novembre	10,9	5	5,9	5,5	0	0	5,4
Novembre	25,4	6,9	18,5	7,59	0	0	17,81
Novembre	10,5	2,7	7,8	2,97	0	0	7,53
Décembre	2,9	3	-0,1	3,3	0	0	-0,4
Décembre	10,2	4	6,2	4,4	0	0	5,8
Décembre	27,1	2,9	24,2	3,19	3,4	28,4	23,91

Période	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP (mm)	EVP (mm)	Recharge de la nappe(mm)		REC.GRAV. (mm)
					RFU = 100mm	RFU = 75mm	
Janvier	43,6	4,3	39,3	4,73	39,3	39,3	38,87
Janvier	11,5	2,4	9,1	2,64	9,1	9,1	8,86
Janvier	7,5	5,1	2,4	5,61	2,4	2,4	1,89
Février	44,4	3,4	41	3,74	41	41	40,66
Février	23,8	4	19,8	4,4	19,8	19,8	19,4
Février	16,3	7	9,3	7,7	9,3	9,3	8,6
Mars	8,4	13,3	-4,9	14,63	0	0	-6,23
Mars	5,8	16,4	-10,6	18,04	0	0	-12,24
Mars	17,4	24,4	-7	26,84	0	0	-9,44
Avril	40	22,6	17,4	24,86	0	0	15,14
Avril	1	24,4	-23,4	26,84	0	0	-25,84
Avril	3	31,1	-28,1	34,21	0	0	-31,21
Mai	5,9	35,8	-29,9	39,38	0	0	-33,48
Mai	46,4	34,2	12,2	37,62	0	0	8,78
Mai	19,9	40,9	-21	44,99	0	0	-25,09
Juin	26,4	34	-7,6	37,4	0	0	-11
Juin	2,4	46,2	-43,8	50,82	0	0	-48,42
Juin	15	46	-31	50,6	0	0	-35,6
Juillet	3	44,1	-41,1	48,51	0	0	-45,51
Juillet	22,6	50,4	-27,8	55,44	0	0	-32,84
Juillet	38,5	53,2	-14,7	58,52	0	0	-20,02
Aout	50,8	49,4	1,4	54,34	0	0	-3,54
Aout	5,1	35,8	-30,7	39,38	0	0	-34,28
Aout	10,1	36,7	-26,6	40,37	0	0	-30,27
Septembre	40	22,3	17,7	24,53	0	0	15,47
Septembre	36,3	18,5	17,8	20,35	0	0	15,95
Septembre	19,3	17,7	1,6	19,47	0	0	-0,17
Octobre	8,8	16	-7,2	17,6	0	0	-8,8
Octobre	10,4	13,6	-3,2	14,96	0	0	-4,56
Octobre	35,6	11,5	24,1	12,65	0	0	22,95
Novembre	41,2	7,7	33,5	8,47	0	9,3	32,73
Novembre	13,1	5,6	7,5	6,16	0	7,5	6,94
Novembre	0	2,9	-2,9	3,19	0	0	-3,19
Décembre	32,4	4,2	28,2	4,62	17,1	25,3	27,78
Décembre	6,5	2,4	4,1	2,64	4,1	4,1	3,86
Décembre	18,8	3,2	15,6	3,52	15,6	15,6	15,28

