

# **SYNDICAT INTERCOMMUNAL DE DISTRIBUTION D'EAU DU SUD-OUEST LYONNAIS**

## **Etude détaillée de la nappe du Garon**

PHASE 5

SIMULATIONS QUANTITATIVES ET  
QUALITATIVES SUR LA NAPPE DU  
GARON

Rapport provisoire

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL - CM	
02/10/2008	Page : 1

Syndicat Intercommunal de Distribution d'Eau du Sud-Ouest Lyonnais

**Etude détaillée de la nappe du Garon**  
**Simulations quantitatives et qualitatives sur la nappe du Garon**

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport provisoire	02/10/2008		N. TRIBOUILLARD		S. FLORIAT		C. MICHELOT	
		a						
		b						
		c						
		d						

<b>Numéro de rapport :</b>	<b>RLy.2953</b>
<b>Numéro d'affaire :</b>	<b>A.16982</b>
<b>N° de contrat :</b>	<b>CLyZ.061184</b>
<b>Domaine technique :</b>	<b>RE22</b>
<b>Mots clé du thésaurus</b>	<b>Modélisation nappe</b>

BURGÉAP  
AGENCE DE LYON  
19, rue de la Villette  
F-69425 Lyon Cedex 03

Téléphone : 33(0)4.37.91.20.50

Télécopie : 33(0)4.37.91.20.69

e-mail : agence.de.lyon@burgeap.fr

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL - CM	
02/10/2008	Page : 2

# SOMMAIRE

<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<b>Contexte hydrogéologique initial</b>	<b>5</b>
<b>1 - Déficit pluviométrique prolongé</b>	<b>6</b>
1.1 Description	6
1.2 Caractérisation de l'année sèche	6
1.3 Simulation de 10 années sèches	7
1.4 Simulation du retour à des années de pluviométrie normale	8
1.5 Carte d'incidence piézométrique	8
<b>2 - Capacité de production du secteur Montagny</b>	<b>10</b>
2.1 Description	10
2.2 Paramétrage des simulations	10
2.3 Incidence piézométrique	10
<b>3 - Augmentation temporaire des pompages sur le secteur Vourles</b>	<b>14</b>
3.1 Description	14
3.2 Augmentation des pompages	14
3.3 Retour à un pompage moyen	15
<b>4 - Transfert de prélèvements AEP</b>	<b>16</b>
4.1 Description	16
4.2 Simulation du transfert des pompages	16
<b>5 - Nouveaux puits sur le secteur aval de la vallée</b>	<b>18</b>
5.1 Description	18
5.2 Simulation du nouveau prélèvement en nappe	18
5.3 Résultats	18
<b>6 - Réalimentation artificielle de la nappe</b>	<b>22</b>
6.1 Description	22
6.2 Dimensionnement et implantation du bassin	22
6.2.1 Débit prélevé dans le Garon	22

6.2.2	Superficie et implantation du bassin	22
<b>6.3</b>	<b>Simulation du bassin seul</b>	<b>23</b>
<b>6.4</b>	<b>Hausse des pompages</b>	<b>24</b>
<b>6.5</b>	<b>Carte d'incidence</b>	<b>25</b>
<b>7 -</b>	<b>Pollution accidentelle sur le tracé de la RD 386 (ou de la future A45)</b>	<b>27</b>
7.1	Description	27
7.2	Paramétrage des simulations	27
7.3	Simulation en Zone Non Saturée	28
7.4	Transport du polluant en nappe	29
7.4.1	Paramétrage des simulations	29
7.4.2	Résultats	30
<b>8 -</b>	<b>Pollution du Garon en hautes eaux</b>	<b>34</b>
8.1	Description	34
8.2	Méthodologie	34
8.3	Simulation de la pollution en rivière	34
8.4	Masse infiltrée sous le Garon	36
8.5	Transfert en Zone Non Saturée	36
8.6	Transport du polluant en nappe	37
<b>9 -</b>	<b>Pollution du Garon en basses eaux</b>	<b>41</b>
9.1	Description	41
9.2	Paramétrage de la simulation	41
9.3	Transfert en Zone Non Saturée	41
9.4	Transport du polluant en nappe	42

## ANNEXES

- Annexe 1 - Piézomètre DIREN Vourles

## Introduction

Ce rapport présente le résultat des simulations hydrogéologiques effectuées en 2008 par le bureau d'études BURGEAP dans le cadre de l'étude détaillée de la nappe du Garon, réalisée pour le compte du Syndicat Intercommunal de Distribution d'Eau du Sud-Ouest Lyonnais (SIDESOL).

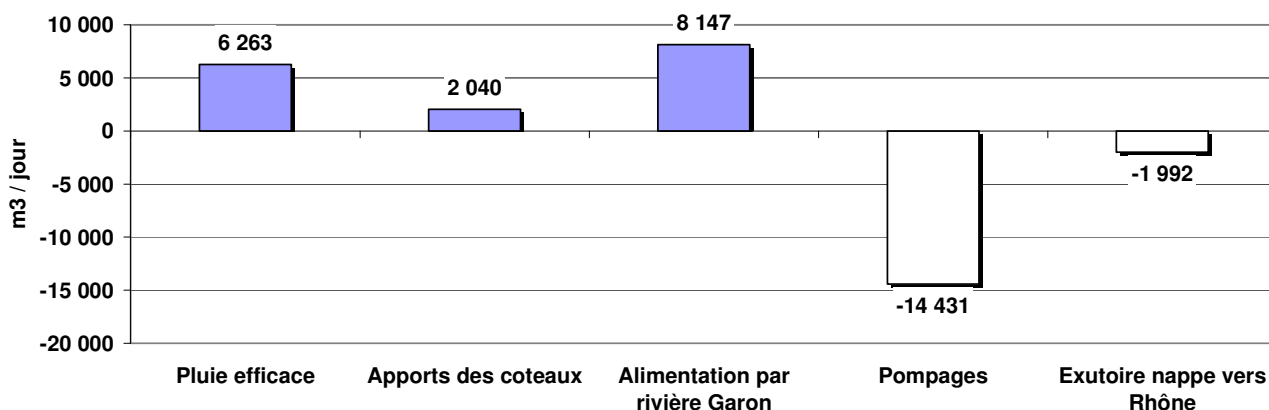
Neuf scénarios ont été définis après concertation entre BURGEAP et le Comité de Pilotage de l'étude. Ces scénarios répondent à différentes questions :

- en termes de gestion quantitative de la ressource en eau souterraine sur le territoire de la nappe alluviale du Garon :
  - × déficit pluviométrique prolongé,
  - × capacité de production AEP du secteur Montagny,
  - × augmentation temporaire des pompages sur le secteur Vourles,
  - × transfert d'une partie des prélèvements du secteur Vourles vers le secteur Montagny,
  - × création de nouveaux puits,
  - × réalimentation artificielle de la nappe,
- en termes de gestion qualitative en cas de déversement accidentel sur ce même territoire :
  - × déversement accidentel d'un camion citerne,
  - × pollution du Garon en hautes eaux,
  - × pollution du Garon en basses eaux.

## Contexte hydrogéologique initial

Toutes les simulations débutent sur un état piézométrique établi pour le début de l'année 2008. La carte des niveaux de nappe calculés à cette date est présentée en figure 1, avec les courbes isopièzes (altitude du toit de la nappe principale en mNGF) ainsi que la situation des points de suivi (captages AEP, piézomètres ...) mentionnés dans ce rapport.

Pour la description détaillée des modèles numériques en zone saturée (nappe alluviale principale de la vallée du Garon) et en zone non saturée, on se reportera au rapport BURGEAP RLy 2847. En rappel, et pour situer les volumes d'eau souterraine en jeu, le bilan hydraulique de la nappe en régime permanent pour l'année 2007 est donné en figure 1.

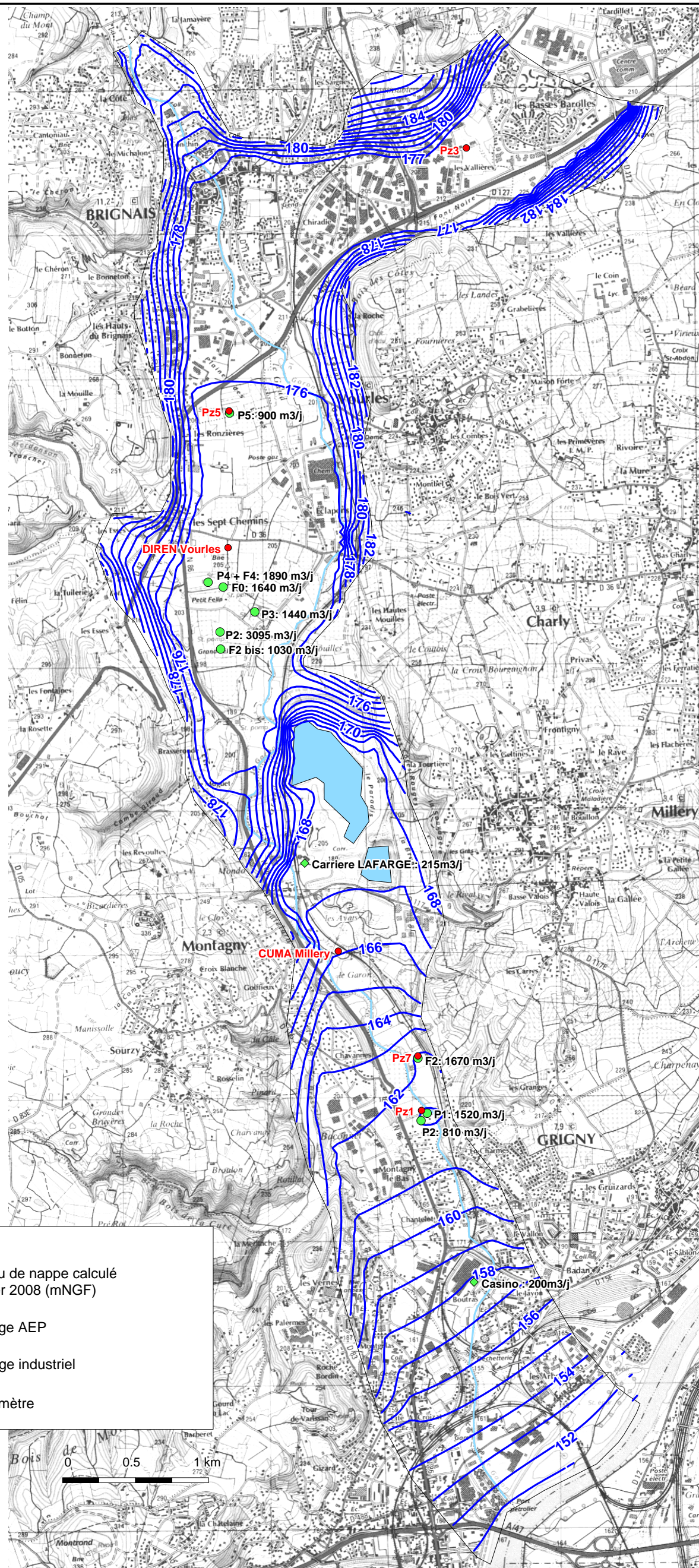


**Figure 1 : Bilan hydraulique de la nappe alluviale du Garon**

Le volume annuel des prélèvements AEP effectués sur la vallée du Garon est le suivant :

- Secteur Vourles 3 650 000
- Secteur Montagny 1 450 000
- Total : 5 100 000 m<sup>3</sup>/an.

Rly.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT - SFL - CM	
02/10/2008	Page : 5



**Légende**

- 180— niveau de nappe calculé janvier 2008 (mNGF)
- captage AEP
- ◆ captage industriel
- piézomètre



19, rue de la Villette  
 69425 LYON CEDEX 03  
 Tél : 04 37 91 20 50  
 Fax : 04 37 91 20 69

**Modélisation de la nappe du Garon**

RLy.2953

CLyz 061184

**Piézométrie calculée janvier 2008**

**Figure 1**

# 1 - Déficit pluviométrique prolongé

## 1.1 Description

Ce scénario a pour objectif de rendre compte de l'effet d'une météorologie défavorable pendant plusieurs années successives. L'année 2003 a en effet montré, en associant une pluviométrie efficace faible et une forte augmentation du volume pompé, une baisse significative du niveau de l'aquifère, qui n'est pas encore parvenu à retrouver son niveau antérieur.

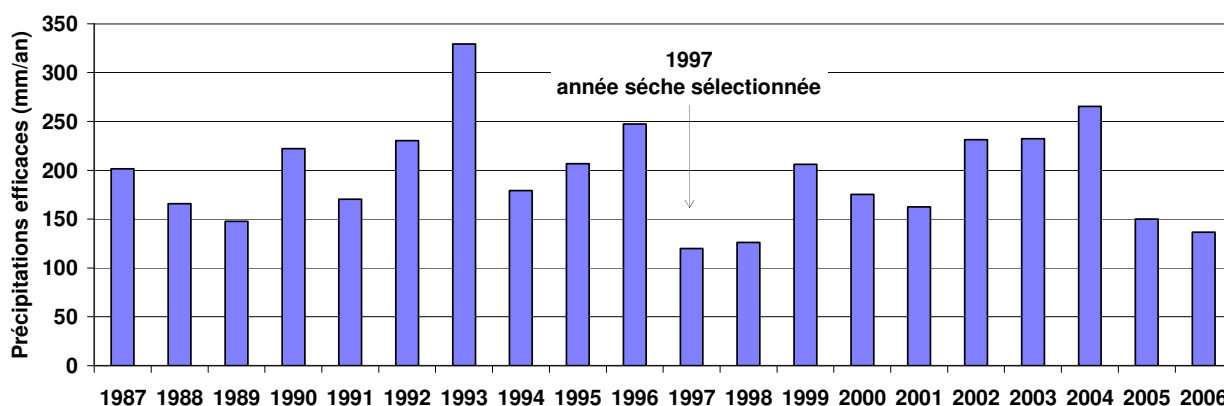
Il s'agit donc de tester l'effet de plusieurs années consécutives avec une faible recharge, sans modification des débits de prélèvements, afin de visualiser l'impact sur la nappe et son niveau d'un tel scénario.

Afin d'augmenter la représentativité d'un tel scénario, les chroniques de pluie efficace sont calquées sur des années sèches ayant été mesurées.

Ce scénario est donc transitoire jusqu'à ce que le niveau de la nappe soit jugé critique (assèchement des sources de la Mouche ou incapacité pour l'aquifère de fournir les débits prélevés). Ensuite, un retour à la normale avec des années normales en termes de pluie efficace est simulé afin de visualiser le temps de retour à un niveau moyen pour l'aquifère.

## 1.2 Caractérisation de l'année sèche

L'année sèche de référence a été recherchée dans les chroniques pluviométriques enregistrées ces vingt dernières années sur de la station météorologique de Saint-Genis-Laval. Les précipitations efficaces pour la recharge de la nappe calculées par la méthode de Thornthwaite sont données en figure 2.



**Figure 2 : Précipitations efficaces 1987 2006**

Conformément aux enseignements tirés du calage du modèle, une réduction d'environ 20 % à ces valeurs brutes est appliquée. Les deux recharges efficaces utilisées pour la simulation sont ainsi :

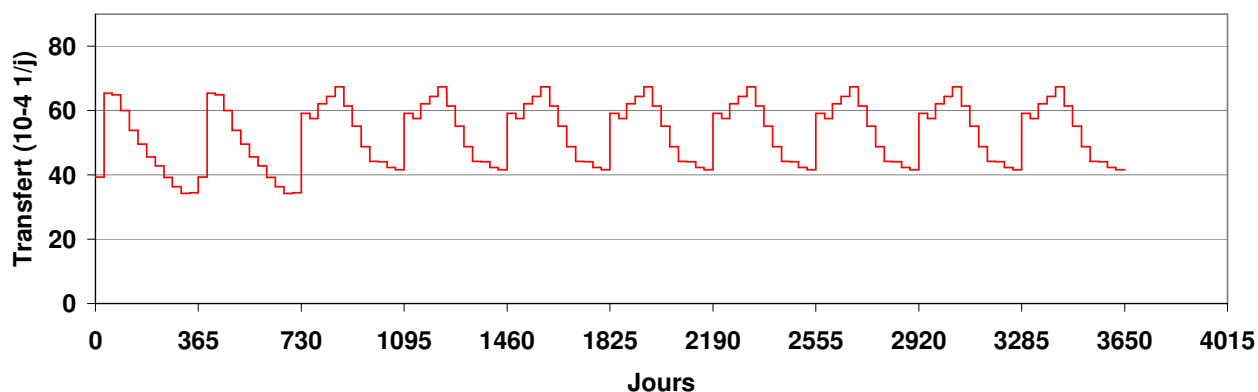
- \* année sèche type 1997 : 93 mm/an,
- \* année normale : 152 mm/an.

L'année sèche présente donc un déficit de l'ordre de 40% par rapport à une année dite normale.

La simulation est effectuée en régime transitoire sur une durée de 10 ans. La recharge est définie mensuellement selon un cycle hydrologique considéré de janvier à décembre. Les apports d'eau latéraux (sur les bordures du modèle) sont également modulés en fonction des précipitations efficaces puisque dépendants de la pluviométrie.

Pour la simulation complète d'un cycle sec, nous avons considéré que les transferts d'eau de la rivière Garon en direction de la nappe devaient également être représentatifs d'une année à déficit pluviométrique : comme lors de la construction du modèle, faute de données de débit sur le Garon, nous avons utilisé les chroniques DIREN 1997 de la rivière Izeron (station Craponne) pour reconstituer un historique transitoire des échanges

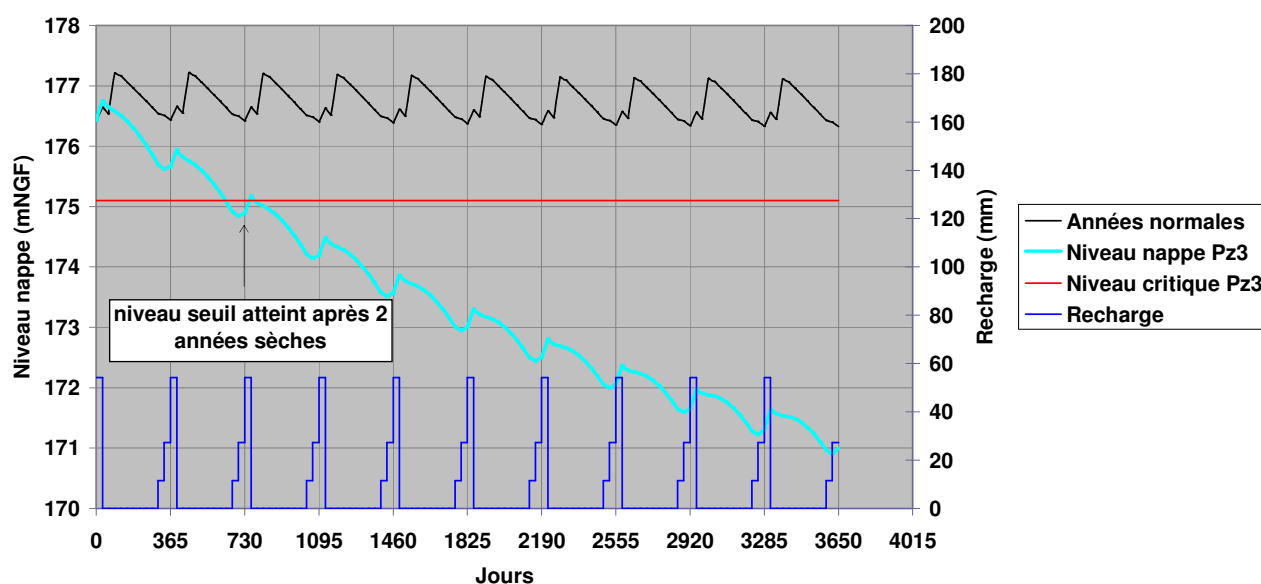
rivière/nappe. A titre d'exemple, la condition de Transfert<sup>1</sup> sur le bief amont du Garon et pour la simulation années sèches / retour à la normale est présentée en figure 3.



**Figure 3 : Paramètre Transfert Garon**

### 1.3 Simulation de 10 années sèches

Pour l'interprétation des résultats de simulation, le niveau de nappe calculé en Pz3 (voir localisation en figure 1) est assimilé à l'exutoire de la nappe au niveau des sources de la Mouche, située à l'opposé du seuil des Barolles sur le versant de l'actuelle vallée du Rhône. L'hypothèse retenue est que le passage du niveau en Pz3 en dessous de la cote d'exsurgence de la source signifie un risque d'assèchement de celle-ci. On a donc sur le graphique en figure 4 un niveau critique en rouge qui est l'altitude des sources. On y trouve également une simulation de vérification préliminaire du modèle en régime transitoire avec la répétition du cycle hydrologique normal (en noir).



**Figure 4 : Niveau de la nappe en années sèches**

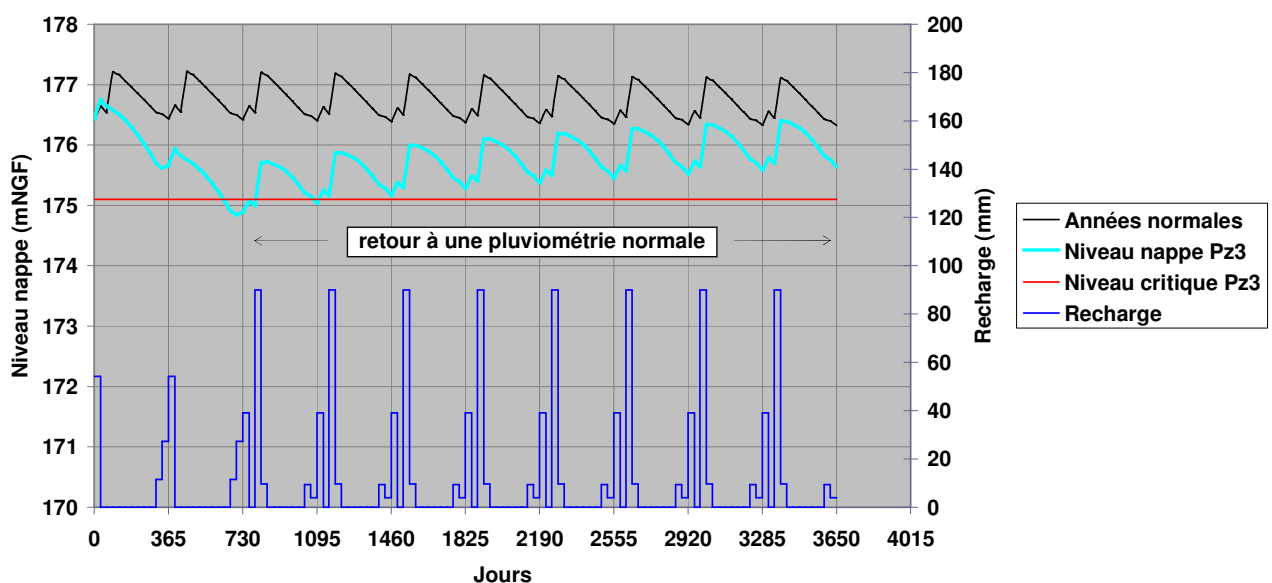
<sup>1</sup> La condition *Transfert* correspond à la schématisation du complexe Garon dans le modèle : apports rivière, stockage dans les nappes perchées et percolation sous-jacente, voir rapport Burgeap RLy.2847.

Il ressort de cette simulation que :

- avec une recharge déficitaire de 40 % par rapport à la normale, la nappe descend d'environ 0,80 m par an en début de simulation ;
- bien que fortement improbable d'un point de vue statistique, la succession de 10 années sèches se traduit par une baisse continue de l'aquifère dans le secteur amont de la vallée du Garon : rien ne venant compenser la diminution de la recharge, et les pompages étant maintenus à un volume constant, on assiste à un épuisement du stock d'eau souterraine ;
- le niveau seuil en Pz3 – équivalent à un impact notable sur le débit des sources de la Mouche – est atteint après 2 années sèches.

## 1.4 Simulation du retour à des années de pluviométrie normale

La figure 5 donne le niveau de la nappe avec un retour à des conditions hydrologiques normales à partir du début de l'année n+3 (soit  $t_0 + 730$  jours).



**Figure 5 : Niveau de la nappe après retour à une pluviométrie normale**

Le niveau de la nappe remonte logiquement dès le retour au niveau normal de recharge (et des apports du Garon), la remontée est cependant plus lente que la descente, le niveau initial de la nappe n'étant toujours pas retrouvé après 8 ans. Cela s'explique par un effet d'inertie du réservoir aquifère, et surtout par le fait qu'en même temps que le compartiment amont de l'aquifère est à nouveau rechargé par la pluie, il continue de s'écouler vers l'aval à hauteur de l'étranglement des Mouilles, d'où un temps plus long pour retrouver l'altitude de départ de la nappe.

## 1.5 Carte d'incidence piézométrique

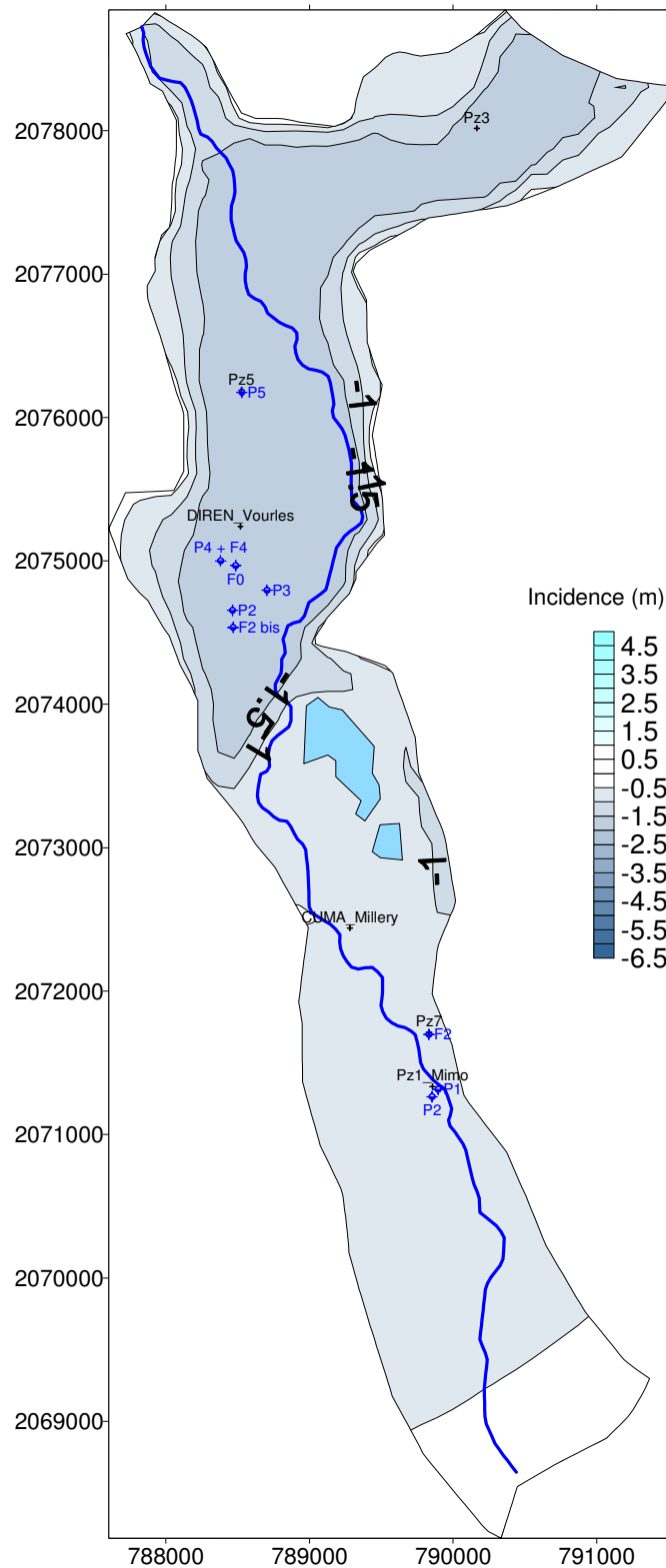
L'impact de deux années sèches sur le niveau de l'aquifère est présenté en figure 6 sous forme d'une carte d'incidence qui présente la baisse d'altitude de la nappe : piézométrie fin de l'année n+2 (situation à 730 jours) diminuée de la piézométrie initiale.

Le compartiment amont de Vourles subit une baisse piézométrique plus importante que le compartiment aval :

- × baisse de 1,60 m en 2 ans sur Vourles,
- × baisse de 0,80 m sur Montagny.

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL – CM	
02/10/2008	Page : 8

Le secteur Vourles est plus sensible à un déficit pluviométrique du fait de son impluvium plus large. Sur Montagny, les apports de la rivière Garon interviennent proportionnellement davantage dans l'alimentation de la nappe et l'impact des années sèches devient du fait moins important.



**Figure 6 : Scénario 1 - Carte d'incidence**

## 2 - Capacité de production du secteur Montagny

### 2.1 Description

Dans ce scénario, la capacité de production de la partie aval de la nappe (secteur de Millery et Montagny) est testée. En effet, les premières conclusions semblent indiquer une surexploitation de la nappe en amont du seuil des Mouilles (secteur Vourles) et donc l'impossibilité d'augmenter la capacité de pompage dans ce secteur.

Par conséquent, une augmentation du volume de pompage passe nécessairement par une hausse du débit pompé en aval du seuil des Mouilles, à savoir dans le secteur de Montagny.

Dans ce scénario, nous testons l'effet d'une hausse du débit de pompage, actuellement voisin de 1,5 Mm<sup>3</sup> par an sur le secteur. Plusieurs tests sont réalisés à des débits compris entre 1,5 et 2,6 Mm<sup>3</sup>, les calculs étant limités par la réponse du système aquifère en termes de piézométrie et de capacité de production de l'aquifère.

### 2.2 Paramétrage des simulations

Ce scénario comprend la réalisation de 4 simulations avec des pompages croissants sur le secteur de Montagny, + 20, +40, +60 et + 80 % par rapport à la situation 2007 qui est d'environ 1,5 Mm<sup>3</sup>/an en cumul sur les trois points de prélèvement du secteur : F2/ChateauBourg, P1 et P2 (voir localisation en figure 1). Dans le détail, les volumes journaliers moyens testés pour chacun des puits AEP sont indiqués dans le tableau 1.

Puits	Etat initial	AEP + 20%	AEP + 40%	AEP + 60%	AEP + 80%
F2 (m3/j)	1 684	2 020	2 357	2 694	3 031
P1 (m3/j)	1 515	1 818	2 121	2 424	2 728
P2 (m3/j)	808	970	1 131	1 293	1 455
<b>Total (m3/an)</b>	<b>1 462 588</b>	<b>1 755 106</b>	<b>2 047 623</b>	<b>2 340 141</b>	<b>2 632 659</b>

**Tableau 1 : Pompages secteur Montagny**

Les simulations sont effectuées en régime transitoire sur 5 ans. Le volume annuel des pompages est réparti mensuellement selon les chroniques fournies par l'Exploitant avec un pic de production ayant lieu classiquement au mois de juillet. La première année de simulation correspond à une initialisation des calculs avec les volumes de base 2007, on retrouve donc en fin d'année n+1 la piézométrie de départ t<sub>0</sub>.

### 2.3 Incidence piézométrique

Les graphiques en figure 7 donnent l'évolution des niveaux de nappe sur 5 points de suivi : les 3 puits AEP et 2 piézomètres existants : Pz7 distant de 15 m du puits F2 et Pz1 à 45 m du puits P1.

Afin de fixer une limite quant à une exploitation raisonnable d'un point de vue hydrogéologique de l'aquifère, nous avons défini pour chaque point un niveau bas critique correspondant à un rabattement maximum du 1/3 de l'épaisseur mouillée de l'aquifère au repos, ou autrement dit au maintien des 2/3 de l'épaisseur mouillée lors des plus forts pompages. Ne disposant pas des cotes de la nappe en l'absence de tout pompage, les niveaux de la nappe au repos sont ici pris égaux à la cote fil d'eau dans le Garon au droit des puits. Ce niveau seuil figure en rouge sur les graphiques.

Le tableau 2 présente la synthèse des résultats obtenus avec notamment :

- × la cote seuil 1/2 de rabattement établie pour chaque point (il est toléré de dénoyer la moitié de l'épaisseur mouillée sur le nœud représentant le puits),
- × soulignés en orange, les cas de simulation où ce seuil est dépassé.

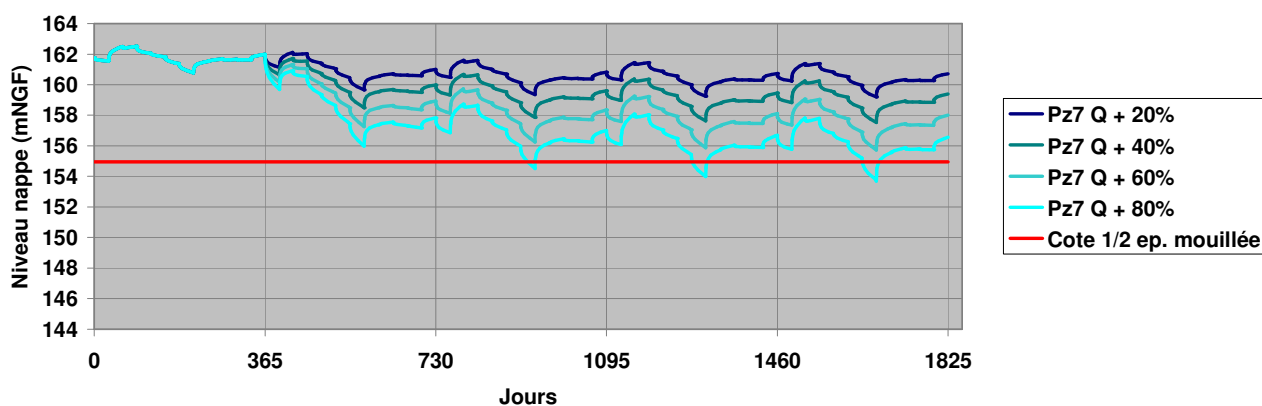
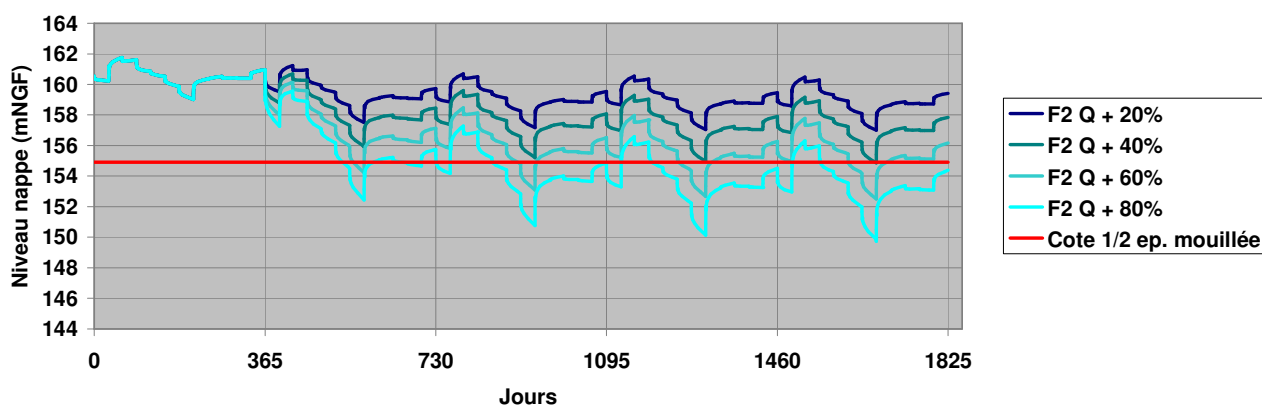
RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT - SFL - CM	
02/10/2008	Page : 10

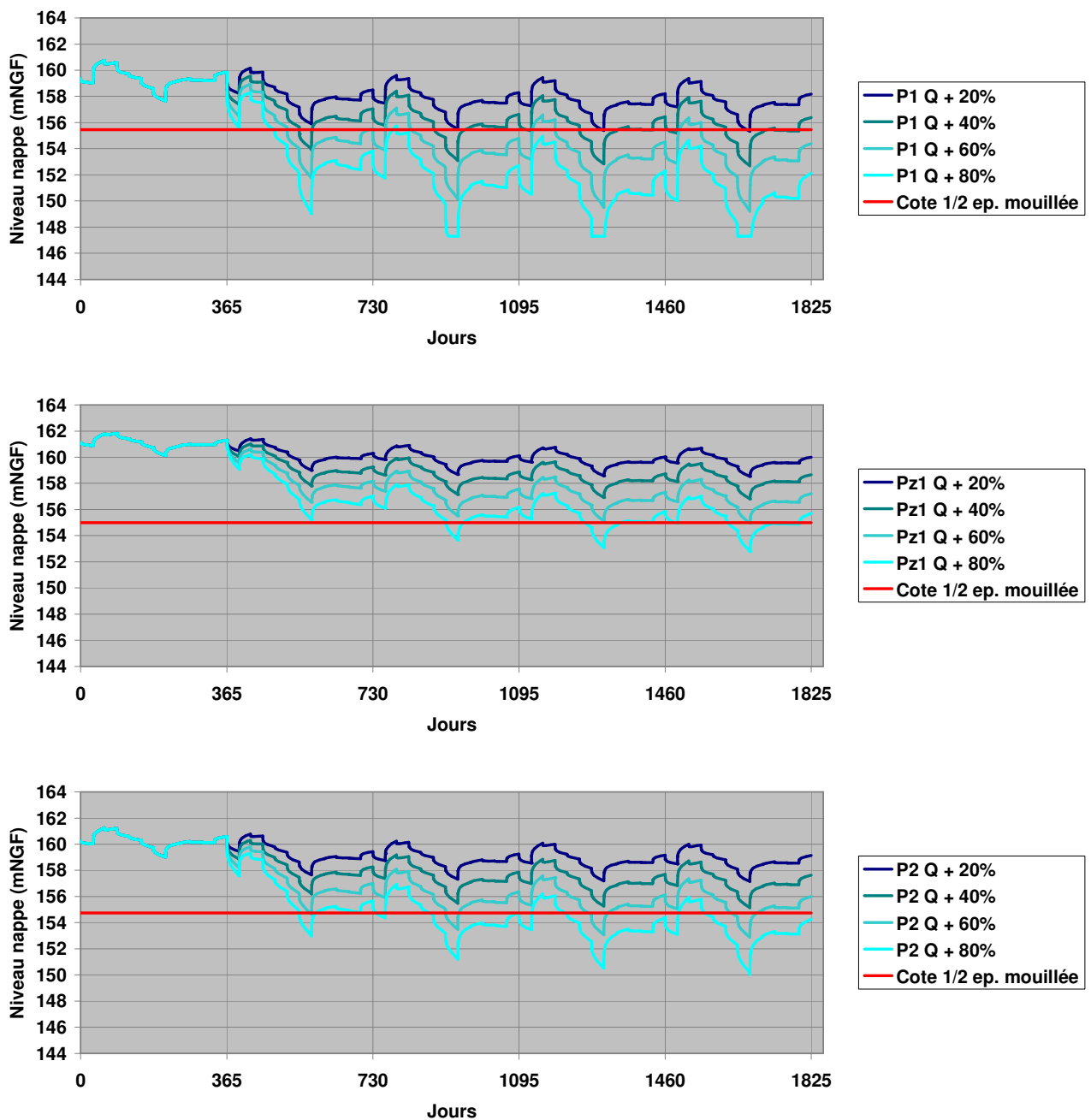
Nom	Type	Cote substratum (mNGF)	Cote nappe repos (mNGF)	Epaisseur mouillée (m)	Cote 1/2 rabattement (mNGF)	Niveau le plus bas obtenu en simulation			
						Exhaure + 20% (mNGF)	Exhaure + 40% (mNGF)	Exhaure + 60% (mNGF)	Exhaure + 80% (mNGF)
F2 Montagny	Puits AEP	144.00	165.80	21.80	<b>154.90</b>	157.01	<b>154.86</b>	<b>152.50</b>	<b>149.73</b>
Pz7 (prox. F2)	Piézomètre	144.10	165.80	21.70	<b>154.95</b>	159.19	157.53	155.73	<b>153.69</b>
P1 Montagny	Puits AEP	147.30	163.60	16.30	<b>155.45</b>	<b>155.32</b>	<b>152.68</b>	<b>149.22</b>	<b>147.30</b>
Pz1 (prox. P1)	Piézomètre	146.40	163.60	17.20	<b>155.00</b>	158.52	156.82	<b>154.95</b>	<b>152.79</b>
P2 Montagny	Puits AEP	145.90	163.60	17.70	<b>154.75</b>	157.14	155.14	<b>152.87</b>	<b>150.03</b>

**Tableau 2 : Niveaux de nappe**

L'élément essentiel à retenir est l'obtention du niveau seuil sur le puits P1 pour une augmentation des pompages de 20%. Avec ce critère de rabattement limité à la moitié de l'épaisseur mouillée, le volume global de production maximale du secteur de Montagny serait donc d'environ 1,7 Mm<sup>3</sup>/an (cas AEP + 20% du tableau 1), soit un gain possible d'environ 280 000 m<sup>3</sup>/an par rapport aux sollicitations actuelles. Dans cette configuration de pompage, le rabattement supplémentaire sur P1 par rapport à celui de 2007 est de l'ordre de 3 mètres.

On constate qu'au-delà des 20% d'accroissement des pompages, la baisse de l'aquifère devient très sensible. A 60%, tous les puits atteignent le niveau critique. Les piézomètres sont logiquement moins impactés que les puits mais les rabattements dépassent toutefois les 3 mètres.



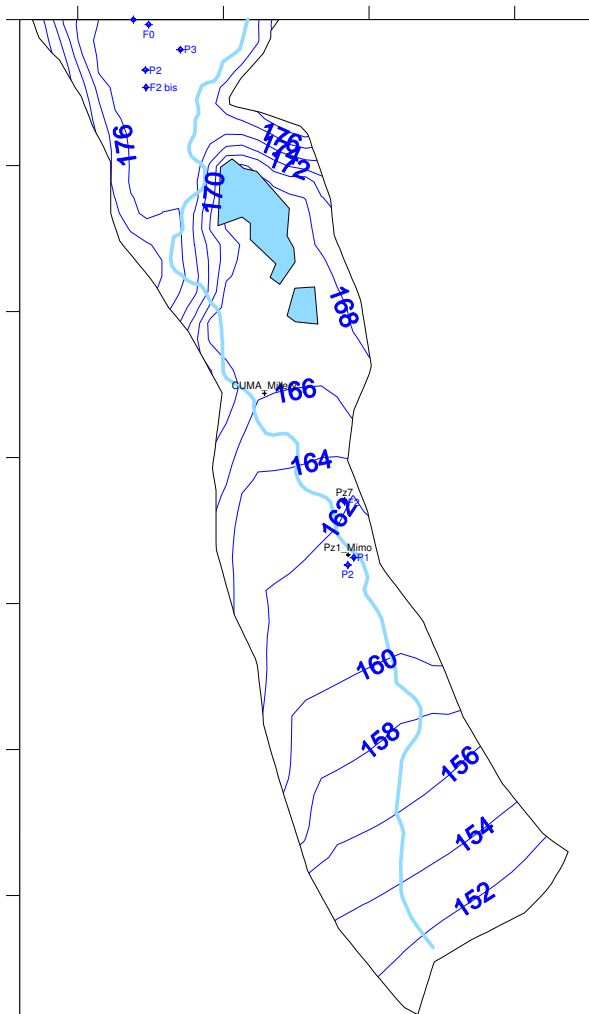


**Figure 7 : Evolution de la piézométrie sur 5 points**

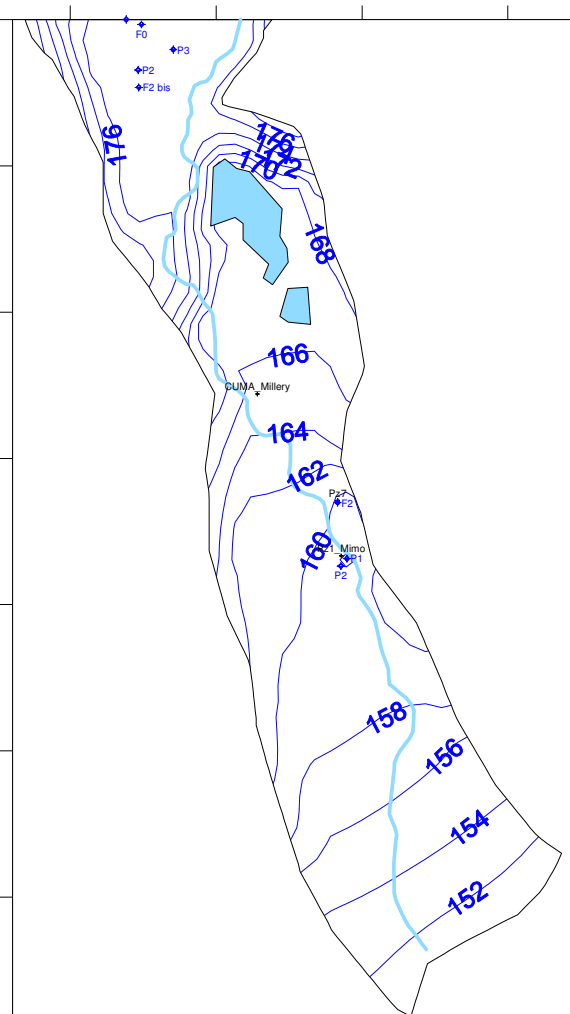
Pour visualiser spatialement l'impact d'une augmentation des prélèvements, la figure 8 donne le résultat de la simulation *AEP + 20%* avec :

- ✕ la carte piézométrique initiale (situation début 2008),
- ✕ la carte piézométrique influencée au maximum des rabattements (mois de juillet année n+4),
- ✕ la carte d'incidence (différence entre ces deux piézométries).

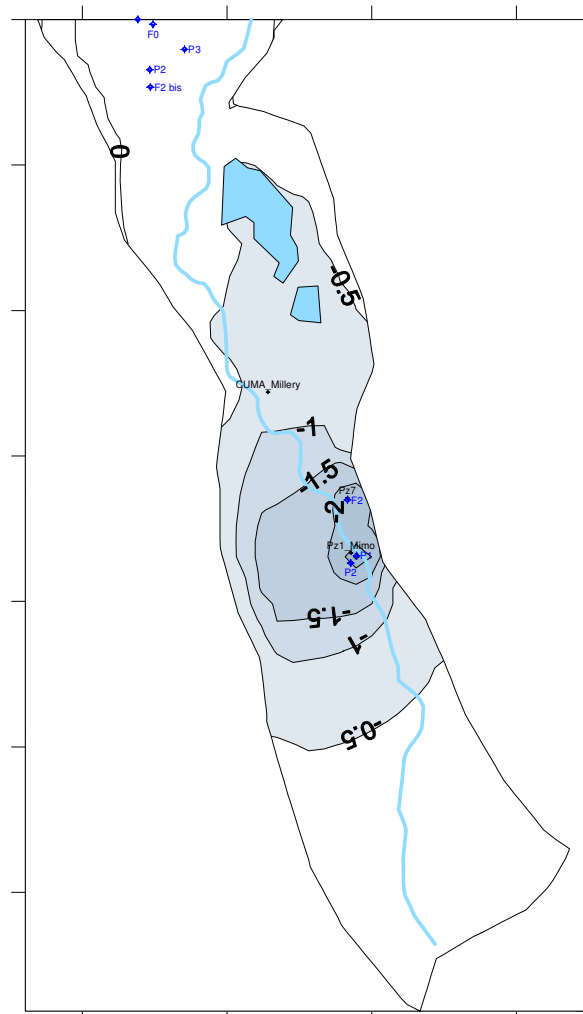
On constate que les rabattements se propagent largement sur toute la partie aval de la vallée du Garon. En amont des captages, ils sont sensibles jusqu'au seuil des Mouilles.



Piézométrie initiale début 2008 (mNGF)



Piézométrie avec pompages + 20% (mNGF)



Carte d'incidence (m)

**Figure 8 : Scénario 2 - Incidence piézométrique**

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT - SFL - CM	
02/10/2008	Page : 13

### 3 - Augmentation temporaire des pompages sur le secteur Vourles

#### 3.1 Description

Comme indiqué précédemment, le secteur amont de l'aquifère, au niveau de Vourles - Brignais, ne semble pas en mesure de fournir un débit supplémentaire par rapport à la situation actuelle, déjà fragile. C'est pourquoi une hausse du débit de pompage ne peut être envisagée que de façon transitoire. Afin de vérifier combien de temps le système aquifère pourrait supporter cette augmentation, nous avons simulé une hausse du débit de pompage en amont du seuil des Mouilles (20 % en plus des 3,6 Mm<sup>3</sup>/an actuellement pompés en moyenne) avec comme objectif de voir combien de temps il est possible de pomper à ce débit sans atteindre, en limite Est du modèle, une cote risquant d'assécher les sources de la Mouche. Ainsi, ayant fixé un critère d'arrêt pour ce scénario transitoire, la simulation est poursuivie avec le débit de pompage actuel pour visualiser le temps de retour à une situation dite « normale ».

#### 3.2 Augmentation des pompages

La simulation est effectuée en régime transitoire sur 11 ans. Les pompages sont placés en cycle annuel avec une répartition mensuelle des prélèvements (pic de production en juillet).

La première année de simulation se fait avec le volume actuel (2007) des pompages sur le secteur Vourles : 3 650 000 m<sup>3</sup>/an. A partir de l'année n+1, ce volume est augmenté de 20% sur les six puits de captage indiqués ci-contre, passant à 4 380 000 m<sup>3</sup>/an, soit une hausse de 730 000 m<sup>3</sup>.

Comme dans le scénario n°1 (années sèches), le niveau de la nappe est restitué sur le piézomètre Pz3 et comparé au niveau seuil des sources de la Mouche de 175,10 mNGF.

Le résultat de la simulation est présenté en figure 9.

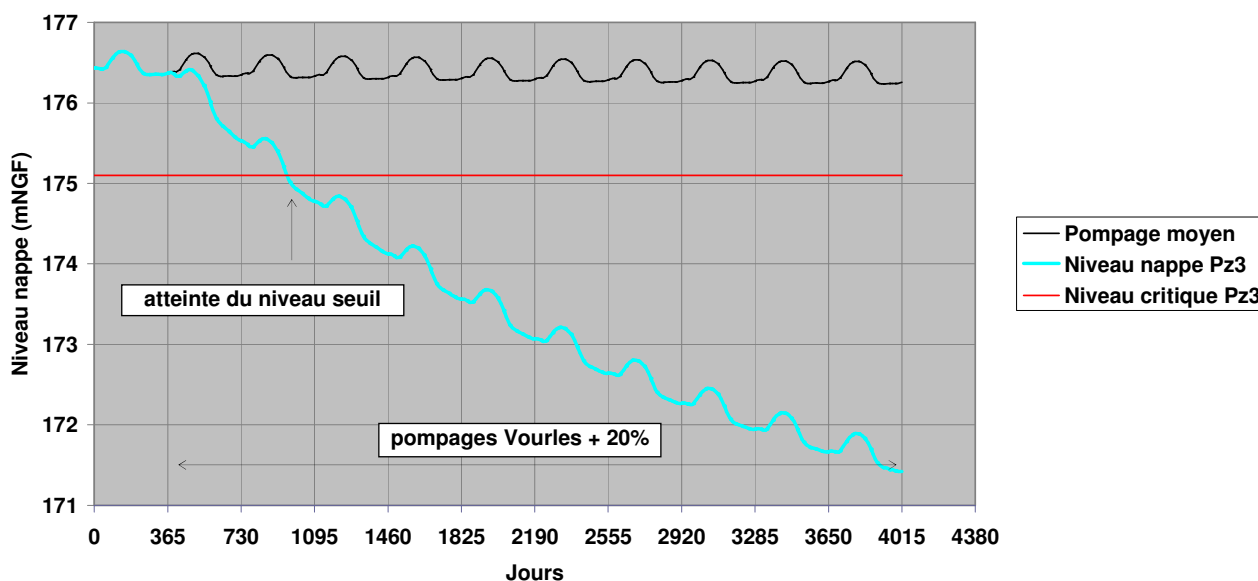
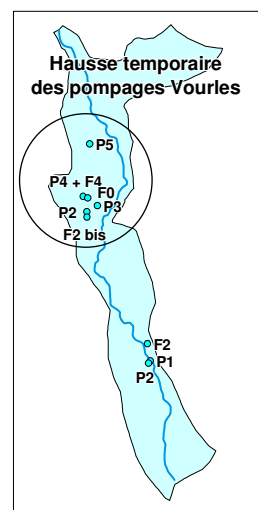


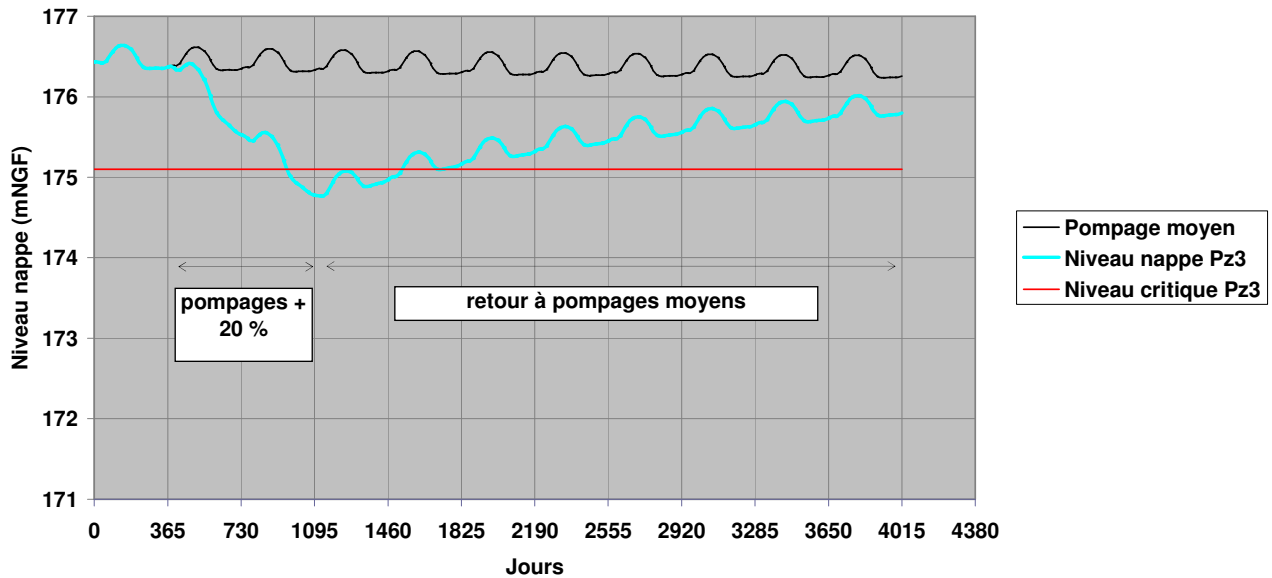
Figure 9 : Evolution sur Pz3

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT - SFL - CM	
02/10/2008	Page : 14

Il apparaît dans cette simulation que le niveau seuil en Pz3 est atteint au bout de 614 jours : la hausse de 20% des débits prélevés sur le secteur Vourles ne peut pas être envisagée pendant plus de 18 à 20 mois sans risquer au-delà une atteinte au débit des sources de la Mouche.

### 3.3 Retour à un pompage moyen

La figure 10 présente le résultat de la même simulation avec un retour à un volume moyen de pompage au début de l'année n+ 3, après 2 ans de pompages majorés de 20%.



**Figure 10 : Remontée sur Pz3**

Le constat est identique à celui établi dans le scénario n°1 : la nappe remonte dès le retour aux conditions de pompage d'origine, mais la remontée est bien plus lente que la descente : en 8 ans (fin de la simulation), le niveau initial n'est pas atteint.

## 4 - Transfert de prélèvements AEP

### 4.1 Description

Ce scénario vise à tester une nouvelle répartition des pompages en déplaçant une partie du volume pompé en amont du seuil des Mouilles vers le secteur aval, moins sollicité actuellement.

Le débit total annuel pompé reste inchangé mais cette modification spatiale vise à soulager l'aquifère en amont, là où il est le plus fragile en termes de productivité, et à exploiter un peu plus le secteur sud.

Ce scénario permet de visualiser l'impact sur la piézométrie générale de la vallée du Garon après modification de la répartition des pompages.

### 4.2 Simulation du transfert des pompages

En se basant sur les résultats du scénario n°2, cette simulation a été effectuée avec un transfert de Vourles vers Montagny de 600 000 m<sup>3</sup>/an.

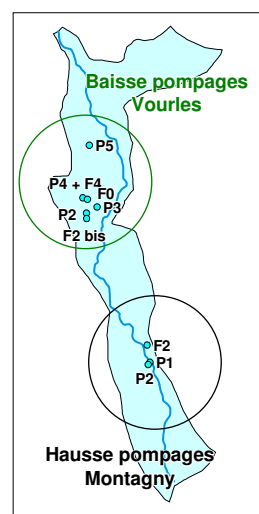
La simulation est menée en régime transitoire sur 21 ans.

Pour l'année n+1, les pompages sont identiques à la situation actuelle (2007), avec :

- × Secteur Vourles : 3 650 000 m<sup>3</sup>/an ;
- × Secteur Montagny : 1 450 000 m<sup>3</sup>/an.

Après transfert de 600 000 m<sup>3</sup>/an au début de l'année n+2, la répartition devient :

- × Secteur Vourles : 3 050 000 m<sup>3</sup>/an ;
- × Secteur Montagny : 2 050 000 m<sup>3</sup>/an.



Le résultat de la simulation est présenté en figure 11 avec l'évolution des niveaux de nappe sur deux points représentatifs des compartiments amont et aval de l'aquifère :

- × sur le piézomètre DIREN pour le secteur Vourles,
- × sur le piézomètre Pz1 du champ captant de Montagny.

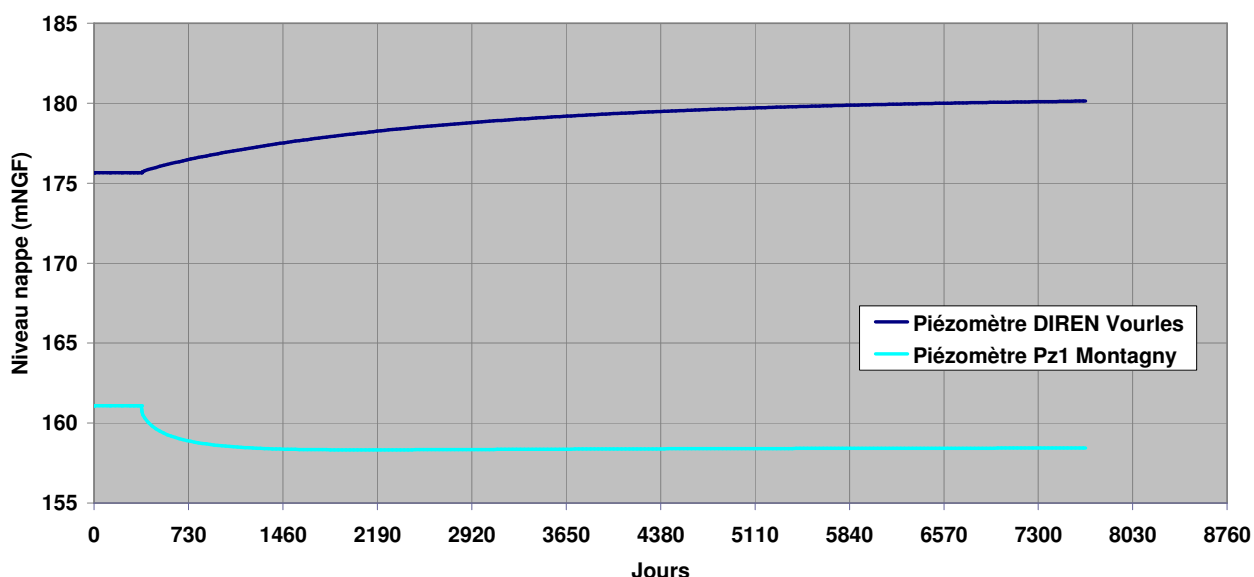


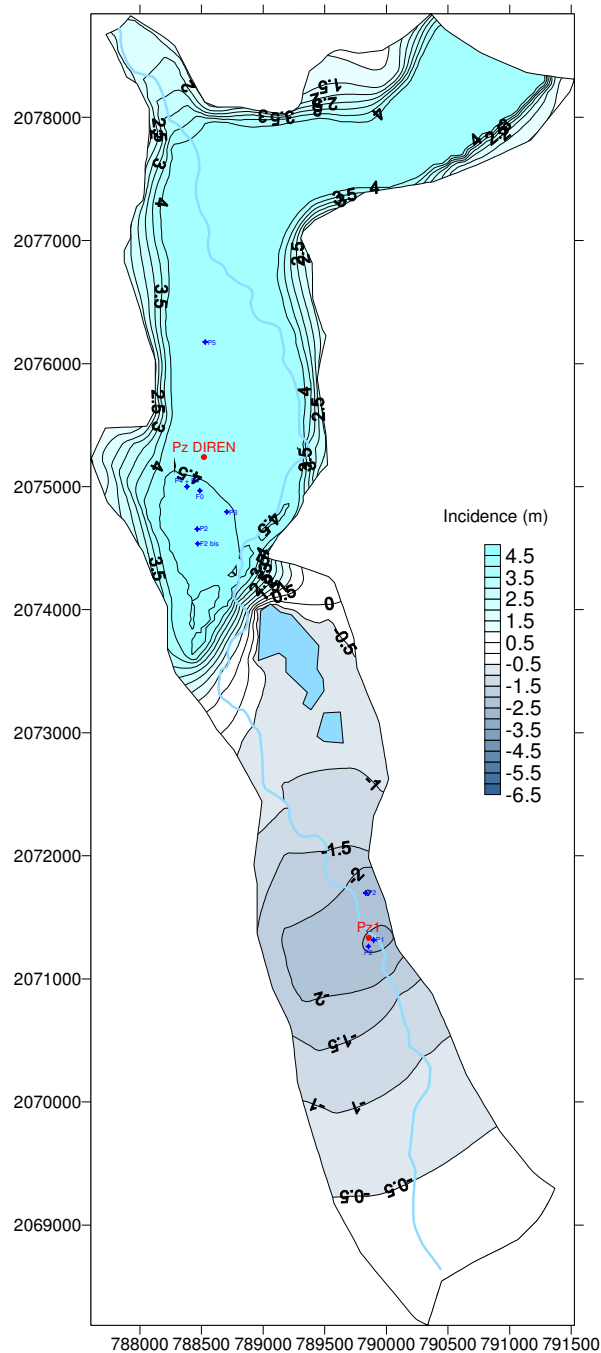
Figure 11 : Graphique piézométrique après transfert

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT - SFL - CM	
02/10/2008	Page : 16

Les deux secteurs réagissent différemment au transfert de pompage :

- sur Montagny, partie aval de la vallée, un niveau stabilisé est obtenu 3 ans après l'augmentation des pompages avec une baisse moyenne du niveau de l'aquifère sur le champ captant de 2,60 m ;
- sur le secteur amont, le gain piézométrique est plus important que la baisse dans le secteur aval, avec une remontée de la nappe de 4,50 m ; la stabilisation du niveau n'est obtenue qu'en fin d'historique, soit après plus de 20 ans.

L'effet global de cette nouvelle répartition des prélèvements est donnée en figure 12 avec la carte d'incidence : piézométrie fin de l'année n+21 (situation à 20 ans) diminuée de la piézométrie initiale.



**Figure 12 : Scénario 4 - Incidence piézométrique**

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT - SFL - CM	
02/10/2008	Page : 17

## 5 - Nouveaux puits sur le secteur aval de la vallée

### 5.1 Description

Ce scénario, de type prospectif, repose sur la fin programmée de l'exploitation de la carrière LAFARGE de Millery. A l'issue de cette exploitation, le plan d'eau constituera une sorte de « réserve tampon » qui pourrait s'avérer intéressante en termes de productivité de la nappe.

Nous avons donc testé une augmentation du débit de pompage dans le secteur sud de l'aquifère en nous appuyant sur de nouveaux pompages implantés en aval immédiat du plan d'eau actuel de la carrière, celui-ci jouant ainsi le rôle de tampon et assurant une productivité relativement stable.

En termes quantitatifs, pour évaluer le volume qui pourrait être prélevé, plusieurs valeurs de débit sont simulées afin de visualiser la réponse de l'aquifère dans plusieurs configurations. Le paramètre considéré comme limitant est la productivité des champs captant de Montagny, à débit supposé constant et inchangé par rapport à la situation actuelle dans ce scénario

### 5.2 Simulation du nouveau prélèvement en nappe

La simulation comporte la création de 2 nouveaux puits de captage notés PGr 1 et PGr 2 en figure 13.

Ils sont implantés à 250 m à l'est du Garon de manière à pouvoir bénéficier potentiellement d'une alimentation venant de la rivière en plus de la gravière. Avec la fin de l'activité de la carrière, l'actuel pompage en nappe Lafarge est supprimé du modèle.

Ce scénario comprend la réalisation de deux simulations :

- × pompage de 250 000 m<sup>3</sup>/an
- × pompage de 500 000 m<sup>3</sup>/an

répartis à part égale sur les deux nouveaux puits PGr 1 et PGr 2, les prélèvements sont constants sur l'année.

Les simulations sont menées en régime transitoire sur 11 ans. La première année correspond à l'état actuel : les nouveaux pompages ne sont mis en marche qu'au début de l'année n+1.

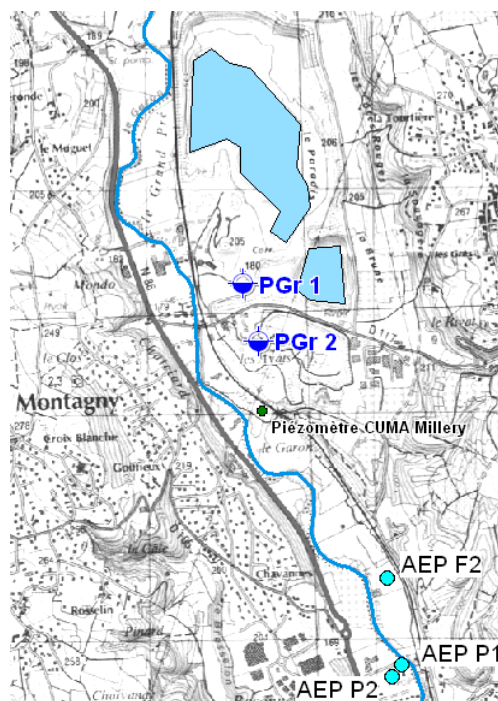
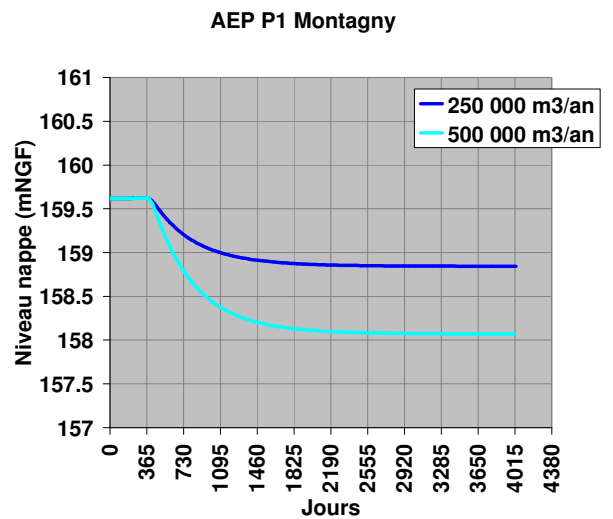
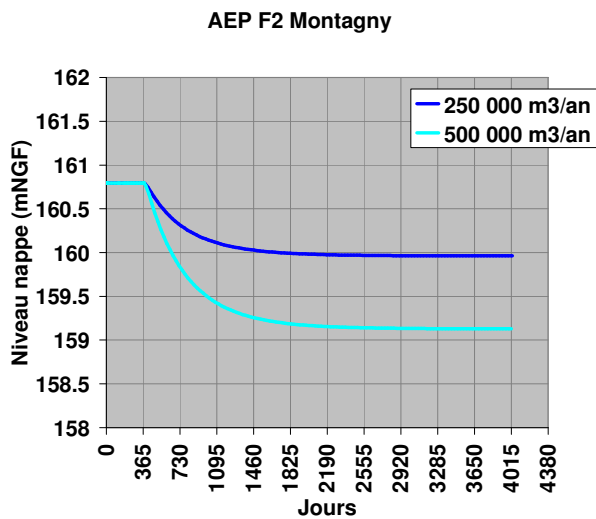
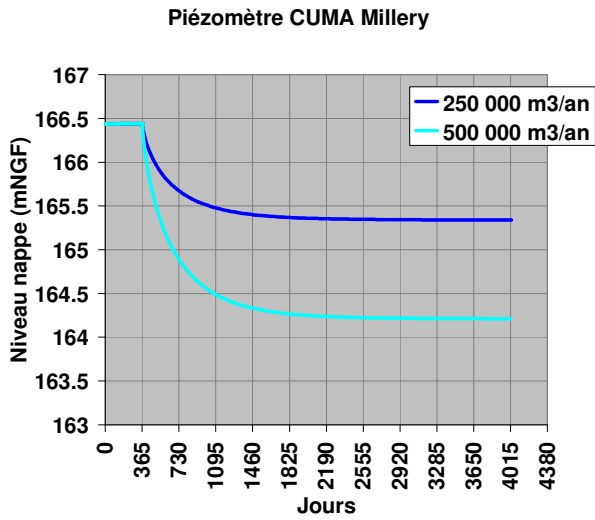
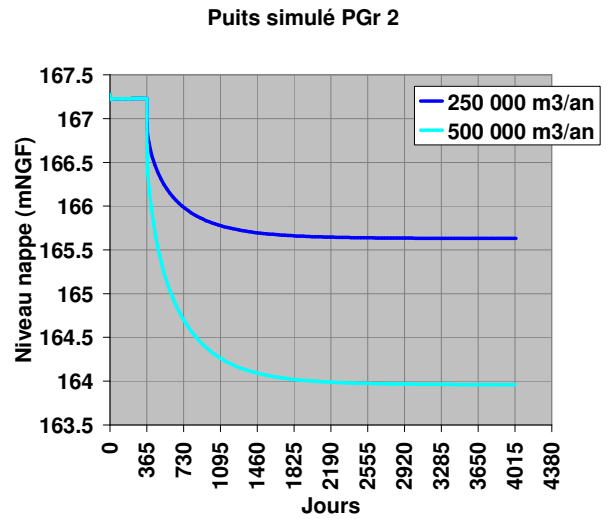
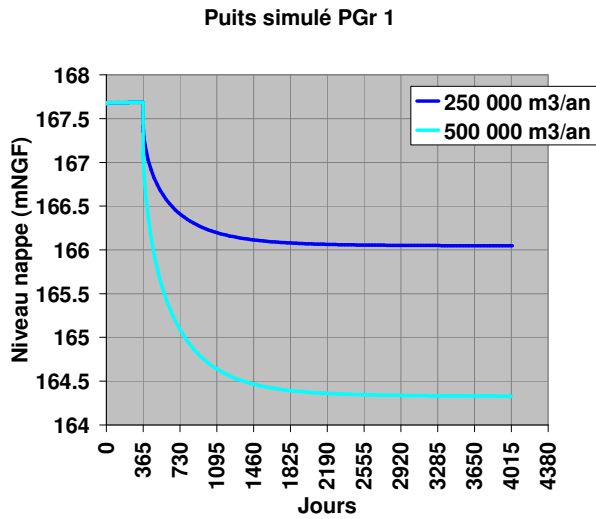


Figure 13 : Situation des nouveaux puits

### 5.3 Résultats

Le rabattement de la nappe engendré par les deux configurations de pompage testées est donné en figure 14 pour les points de suivi positionnés sur la carte de la figure 13. Le piézomètre CUMA Millery est distant de 300 m du puits simulé PGr 2, le captage AEP F2 de 1 200 m.

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL – CM	
02/10/2008	Page : 18



**Figure 14 : Graphiques piézométriques**

Sous forme synthétique, le tableau 3 présente les rabattements finaux obtenus en fin de simulation.

Nom	Rabattement (m) pour 250 000 m <sup>3</sup> /an	Rabattement (m) pour 500 000 m <sup>3</sup> /an
PGr 1	1.63	3.35
PGr 2	1.65	3.32
Piézomètre Millery	1.10	2.23
AEP F2 Montagny	0.83	1.67
AEP P1 Montagny	0.78	1.55

**Tableau 3 : Rabattements gravière**

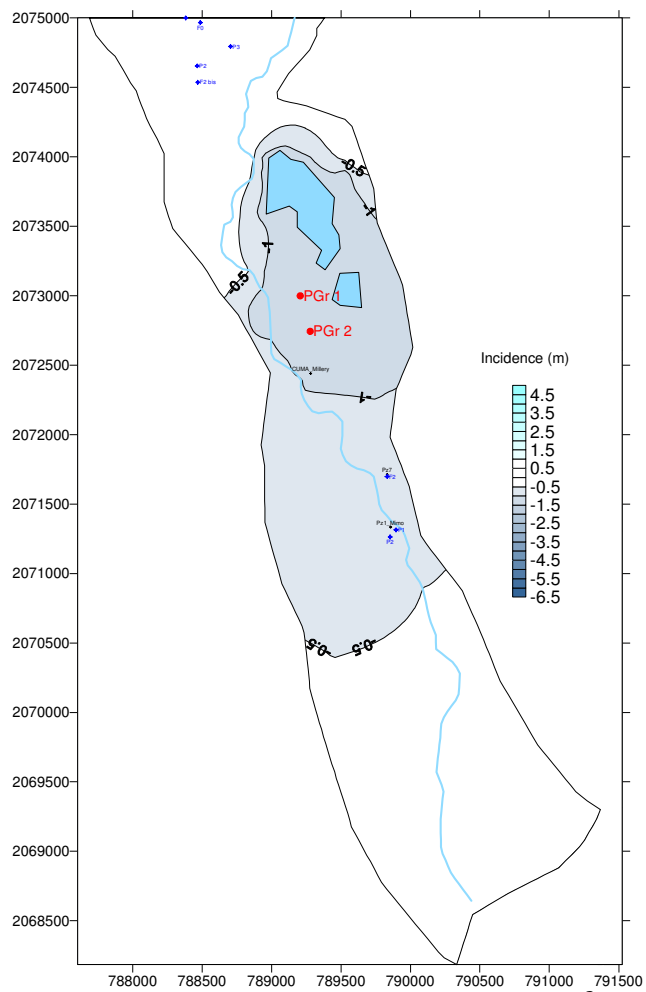
En ce qui concerne l'incidence sur les champs captant de Montagny, il faut retenir les baisses de niveaux de nappe suivantes :

- 0,80 mètre pour 250 000 m<sup>3</sup>/an prélevés en plus dans la nappe en aval de la gravière ;
- 1,60 mètre pour 500 000 m<sup>3</sup>/an.

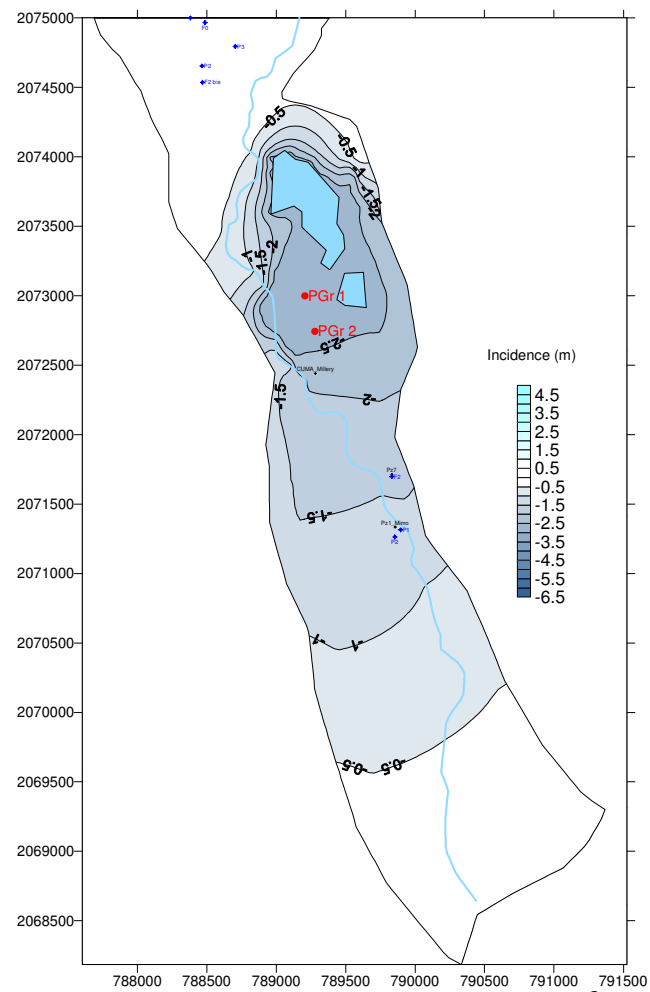
Il apparaît donc que, même pour le volume le plus faible testé, la création de nouveaux pompages en aval de la gravière aura un impact négatif sur la productivité des captages AEP du secteur Montagny.

En figure 15, les cartes d'incidence établies pour les deux cas de pompage donnent l'extension des rabattements :

- en direction de l'amont, l'incidence s'arrête au niveau du seuil des Mouilles : le secteur Vourles ne serait pas impacté par la création de ces pompages ;
- la gravière Lafarge verra son niveau baisser de manière importante : de - 1,20 mètre à -2,60 mètres selon les simulations ; cela indique que même après arrêt de l'activité Lafarge, la gravière - qui n'est autre que la surface affleurante de la nappe principale de la vallée du Garon - ne peut pas être considérée comme une ressource en eau souterraine supplémentaire.



Incidence (m) avec PGr 1 + PGr 2 = 250 000 m<sup>3</sup>/an



Incidence (m) avec PGr 1 + PGr 2 = 500 000 m<sup>3</sup>/an

**Figure 15 : Scénario 5 – Carte d'incidence**

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL - CM	
02/10/2008	Page : 21

## 6 - Réalimentation artificielle de la nappe

### 6.1 Description

Ce scénario a pour objectif de visualiser l'effet d'une réalimentation artificielle de la nappe en partie amont du seuil des Mouilles (secteur Vourles). Etant donné la répartition actuelle des pompages, il semble judicieux que cette réalimentation soit effectuée au niveau des sept chemins, entre les deux champs captant, entre les Ronzières et les Sept Chemins, au Nord de la route départementale D36.

Cette réalimentation se fera selon le schéma suivant : en période hivernale, un pompage dans le Garon prélèvera une part du débit (plutôt élevé en période hivernale) afin de l'envoyer vers des bassins d'infiltration situés à l'emplacement décrit précédemment.

En période estivale, le Garon ayant un débit d'étiage relativement faible, aucun prélèvement ne sera effectué. Le système de réalimentation ne sera donc effectif qu'en période hivernale, afin de ne pas modifier le régime hydrique du Garon.

Parallèlement, le débit de pompage de la partie nord de l'aquifère sera augmenté et l'effet de cette hausse du volume pompé sera visualisé.

Ce scénario vise donc à optimiser la réalimentation, actuellement naturelle, de la nappe par le Garon en modifiant la répartition de cette recharge.

### 6.2 Dimensionnement et implantation du bassin

#### 6.2.1 Débit prélevé dans le Garon

Afin de fixer un ordre de grandeur pour le volume d'eau à injecter dans le bassin lors de la simulation, nous avons en première approche considéré les débits du Garon mesurés par jaugeage lors des études antérieures, valeurs données dans le tableau 4.

Opérateur	Burgéap	Burgéap	Burgéap	SITA	SITA	Burgéap	Débit moyen
Date	juin 1967	oct 1967	nov 1967	juil 2004	sept 2004	mai 2007	l/s
<b>Débit Brignais ou Vourles</b>	<b>166</b>	<b>1.3</b>	<b>183</b>	<b>24</b>	<b>240</b>	<b>362</b>	<b>163</b>

**Tableau 4 : Jaugeage Garon**

La limite haute de la part de débit pouvant être prélevée dans le Garon a été arbitrairement fixée<sup>1</sup> au 1/3 du débit moyen, appliquée pendant 6 mois par an de novembre à avril inclus. Durant cette période, la réalimentation artificielle de la nappe par l'intermédiaire du bassin s'élèvera donc à 54 l/s, soit 4 650 m<sup>3</sup>/j.

Sur une année, le volume injecté en nappe sera de 850 000 m<sup>3</sup>.

#### 6.2.2 Superficie et implantation du bassin

Le retour d'expérience sur des ouvrages de type bassin montre que la fourchette des débits spécifiques d'infiltration pouvant être obtenus sur des terrains de perméabilité équivalente à ceux de l'aquifère non saturé de la vallée du Garon est comprise entre 0,1 et 0,3 m<sup>3</sup>/j/m<sup>2</sup>.

Le besoin étant ici d'infiltrer 4 650 m<sup>3</sup>/j, on aboutit à la simulation d'un bassin d'une superficie de 2ha.

<sup>1</sup> Cette hypothèse de simulation ne tient pas compte des contraintes légales type Loi sur l'Eau.

Le bassin est implanté au nord de la route départementale D36, entre les puits AEP P5 et P4/F4 (voir figure 16). Il est situé à une centaine de mètres du piézomètre de suivi de la DIREN.

Dans le modèle numérique, le débit de réalimentation est injecté sur 22 nœuds de calcul :

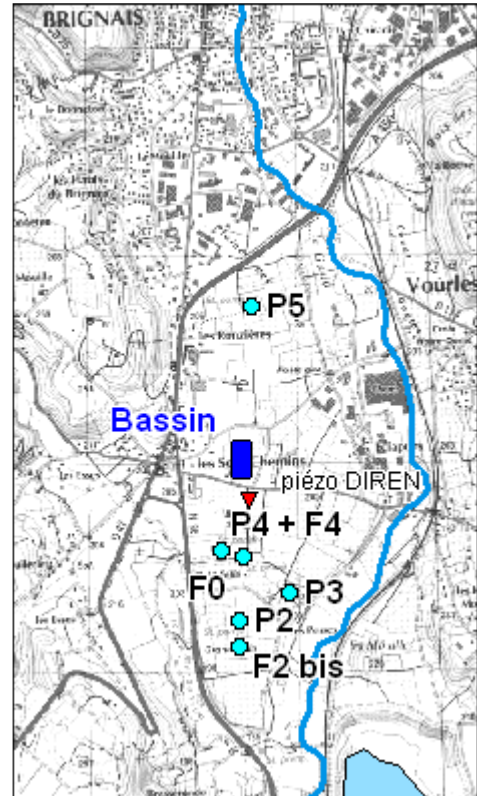
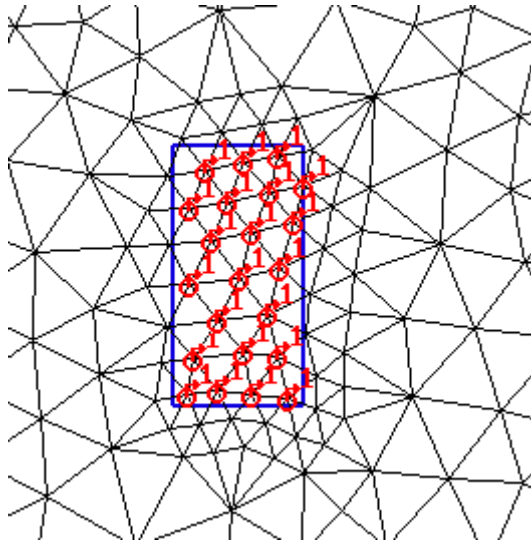


Figure 16 : Situation du bassin

### 6.3 Simulation du bassin seul

La simulation est effectuée en régime transitoire sur 21 ans. Le bassin est mis en fonctionnement au début de l'année n+2. Le volume de 4 650 m<sup>3</sup>/j n'est injecté qu'entre novembre et avril de chaque année.

Parallèlement à l'introduction d'eau dans le bassin, la modélisation tient compte d'une diminution du débit dans le Garon correspondant à la part prélevée pour alimenter le bassin : les échanges d'eau de la rivière vers la nappe modélisés sont alors moindres. A titre d'exemple, la condition de *Transfert* sur le bief amont du Garon est présentée en figure 17.

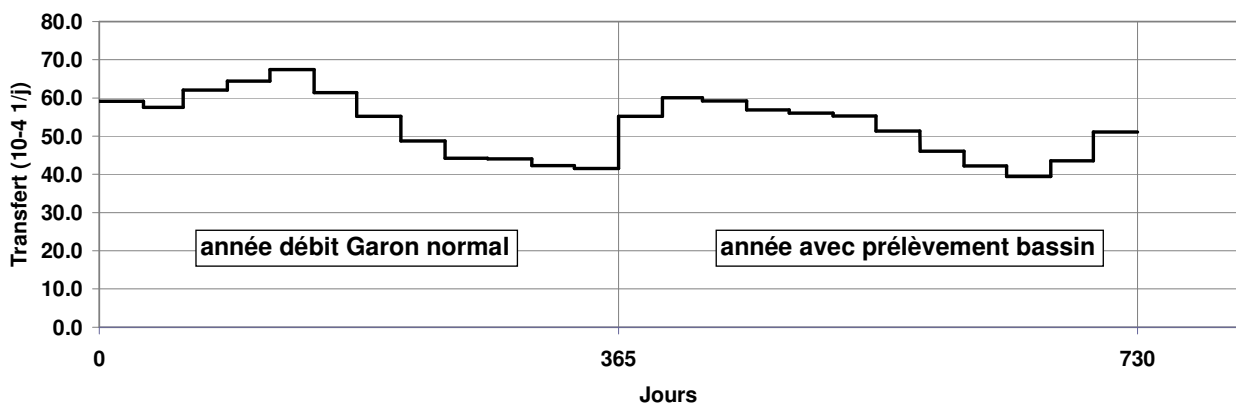
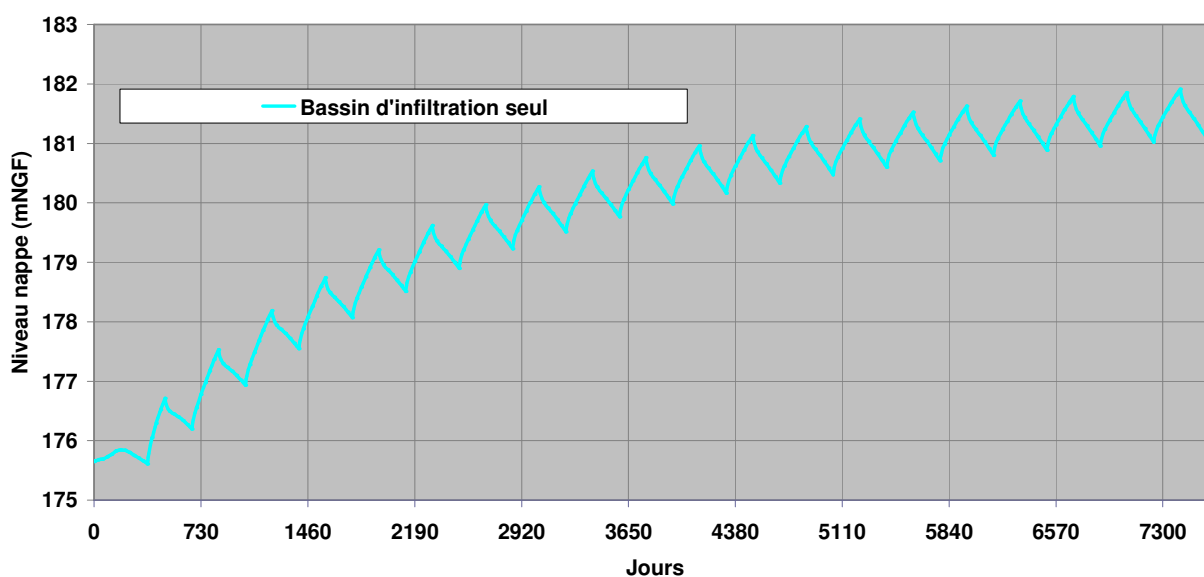


Figure 17 : Transfert rivière vers nappe

L'impact de la réalimentation artificielle de la nappe est donné en figure 18 sur le point de suivi du modèle correspondant au piézomètre DIREN de Vourles.



**Figure 18 : Gain piézométrique bassin seul**

Il apparaît que :

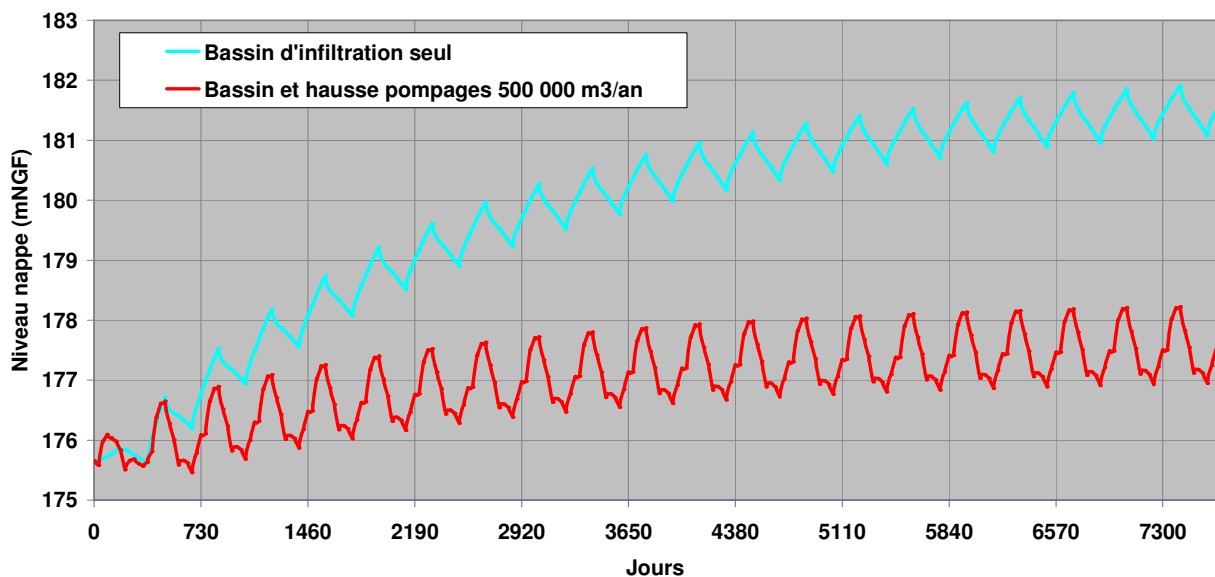
- comme il l'a déjà été constaté sur ce secteur amont, la réponse de la nappe est lente, mais le gain piézométrique s'accroît régulièrement au fil des ans pour atteindre + 6 mètres en fin de simulation ;
- la nappe atteint une cote comprise entre 181 et 182 mNGF : on peut préciser que cette altitude n'a rien d'exceptionnel puisqu'il s'agit des niveaux mesurés sur ce même piézomètre DIREN entre 1977 et 1984 (cf. chronique piézométrique en annexe 1).

Le gain piézométrique final est important : cette recharge de 850 000 m<sup>3</sup> par an - valeur somme toute modeste par rapport aux 3 650 000 m<sup>3</sup> prélevés sur le secteur Vourles pour l'AEP - peut donc constituer une option intéressante dans une optique de soutien du niveau de nappe.

## 6.4 Hausse des pompages

La simulation précédente est reprise à l'identique avec simplement une augmentation concomitante des débits AEP prélevés sur le secteur Vourles au début de l'année n+2. La hausse simulée de prélèvement est de 500 000 m<sup>3</sup>, on passe ainsi à 4 150 000 m<sup>3</sup>/an répartis sur les 6 puits AEP. Le résultat est donné en Figure 19.

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL - CM	
02/10/2008	Page : 24



**Figure 19 : Gain piézométrique avec bassin et hausse pompage**

Dans cette configuration, le déséquilibre entre prélèvements supplémentaires et réalimentation joue logiquement en faveur d'une hausse du niveau de la nappe : la remontée finale est de l'ordre de 1,50 mètre.

Cette simulation montre qu'une réalimentation artificielle de la nappe permettrait de concilier :

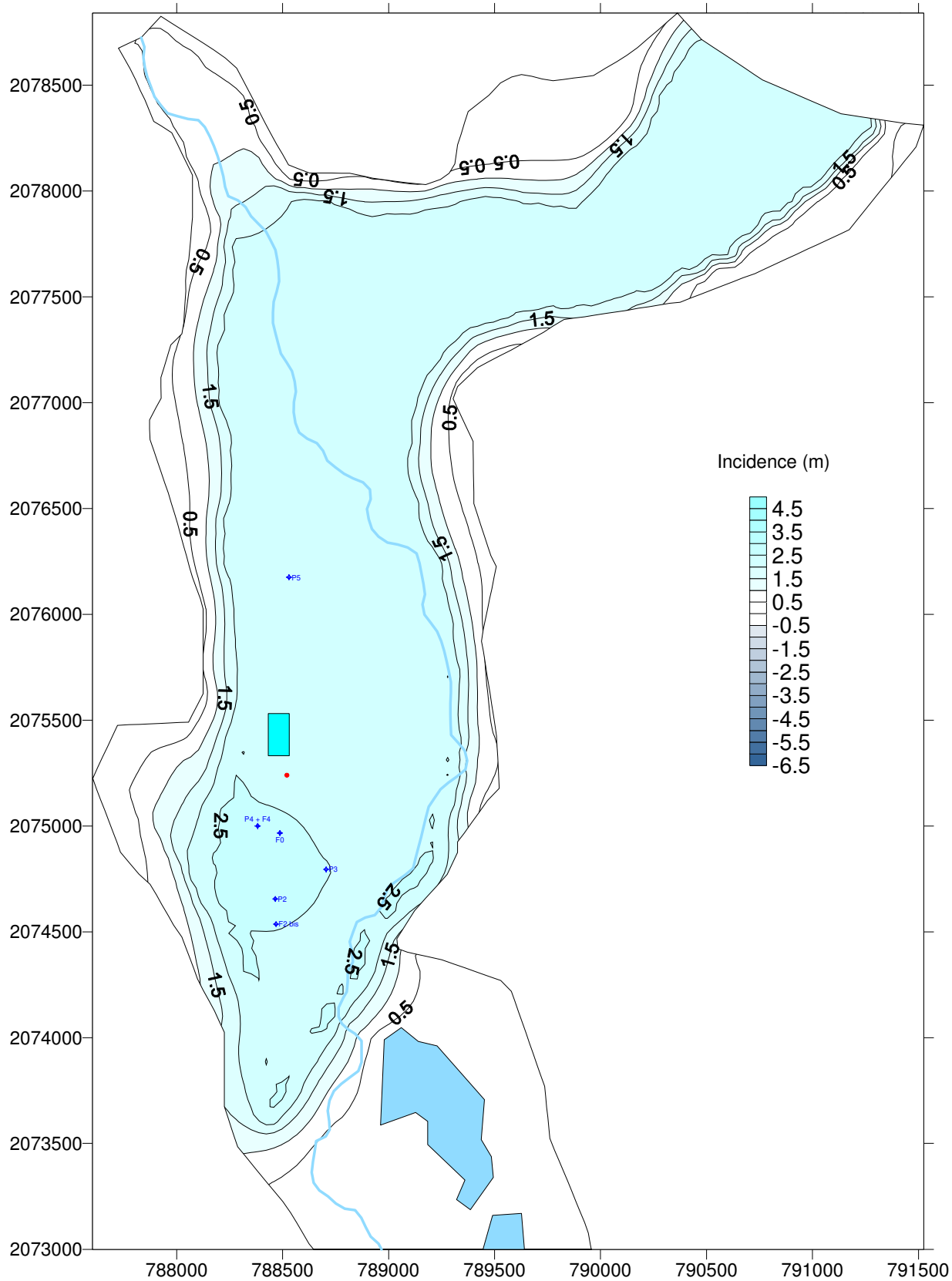
- × augmentation des pompages
- × et soutien du niveau de la nappe.

## 6.5 Carte d'incidence

La carte d'incidence présentée en figure 20 donne l'extension spatiale de la hausse piézométrique engendrée par le dispositif de réalimentation (simulation *bassin seul*). L'incidence est ici établie par différence de piézométrie entre l'état initial et la situation à  $t_0 + 1\ 216j$ , soit un peu plus de deux ans après la mise en eau du bassin.

On constate essentiellement que, du fait de la forte perméabilité de l'aquifère ( $K$  voisin de  $10^{-2}$  m/s), la totalité du secteur Vourles bénéficie de la recharge : l'impact ne se limite pas au seul secteur du champ captant de Vourles, la hausse est globale depuis le seuil des Barolles jusqu'à l'étranglement des Mouilles.

Vers l'aval, l'impact s'arrête au niveau des Mouilles, soulignant là encore le caractère hydraulique indépendant des deux compartiments amont et aval de la vallée.



**Figure 20 : Scénario 6 - Carte d'incidence**

## 7 - Pollution accidentelle sur le tracé de la RD 386 (ou de la future A45)

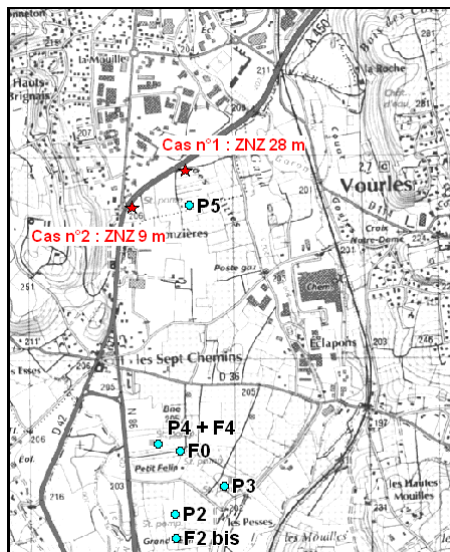
### 7.1 Description

Ce scénario simule le déversement accidentel du contenu d'un camion citerne sur le parcours de la route départementale RD 386 (ou de la future autoroute A45) au niveau du puits P5. Le scénario prend en compte plusieurs hypothèses pénalisantes, à savoir :

- Le camion se renverse par-dessus les glissières de sécurité de sorte que son contenu est déversé directement sur le sol, en bordure de l'autoroute ;
- Nous considérons un volume de 30 m<sup>3</sup> de produit, ce qui constitue une hypothèse pénalisante à double titre puisque, d'une part, ce volume est une estimation haute du volume transporté par les camions-citernes classiques et, d'autre part, on considère que tout le volume de la citerne est déversé sur le sol ;
- Les conditions du milieu seront défavorables : nous plaçons cet accident en période hivernale (novembre ou décembre) de sorte que la zone non saturée présente un taux de saturation relativement élevé, favorisant la migration verticale du polluant vers la nappe.

Bien que ces hypothèses soient pénalisantes, leur occurrence n'est pas non plus trop réduite et la probabilité qu'un tel accident se produise reste non nulle même si elle est très réduite.

### 7.2 Paramétrage des simulations



Pour étudier l'influence de l'épaisseur de la ZNS en terme de temps de transfert jusqu'aux puits AEP, l'étude du cas de pollution accidentelle sur la RD386 (ou la future A45) comporte deux simulations qui se différencient par le lieu du déversement :

- le déversement n°1 se produit dans l'axe de la vallée sur une épaisseur de ZNS importante, à 200m en amont hydraulique direct du captage AEP P5 ; à cet endroit l'épaisseur de la ZNS est de 28 m ;
- l'objectif du cas n°2 est de tester le même cas polluant sur le bord de la vallée, en particulier pour étudier le transfert du polluant dans une ZNS moins épaisse : 9 m.

La localisation des lieux de déversement est donnée en figure 21.

**Figure 21 : Localisation des accidents polluant**

Les simulations font appel aux deux modèles numériques construits dans le cadre de l'étude détaillée de la nappe du Garon :

- ① En premier lieu, le modèle des transferts verticaux en ZNS (modèle coupe) avec un polluant injecté à la surface du terrain naturel et restitution des pollutogrammes - concentration en fonction du temps - à différentes profondeurs.
- ② Puis le modèle en transport de masse dans la nappe aquifère (modèle global de la vallée du Garon), dans lequel le signal d'entrée est le pollutogramme issu du modèle ZNS.

Il est important de noter que les calculs en transport de masse - pour cette simulation et pour toutes celles effectuées dans le cadre de cette étude - se font sans sorption ni dégradation, la modélisation respecte donc la conservation dans le temps de la masse dissoute, tant en zone non saturée qu'en zone saturée.

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT - SFL - CM	
02/10/2008	Page : 27

Dans ces conditions, la notion de type de produit polluant n'intervient dans les calculs qu'au niveau de sa solubilité dans l'eau.

### 7.3 Simulation en Zone Non Saturée

Le scénario prévoit le déversement de 30 m<sup>3</sup> d'un produit de solubilité d'environ 1 g/l. Pour se placer dans une configuration supposée réaliste, et limiter la masse injectée à une valeur raisonnable, il est supposé que des travaux de dépollution d'urgence des sols sont entrepris et que la frange de terrains souillés est rapidement évacuée hors du site.

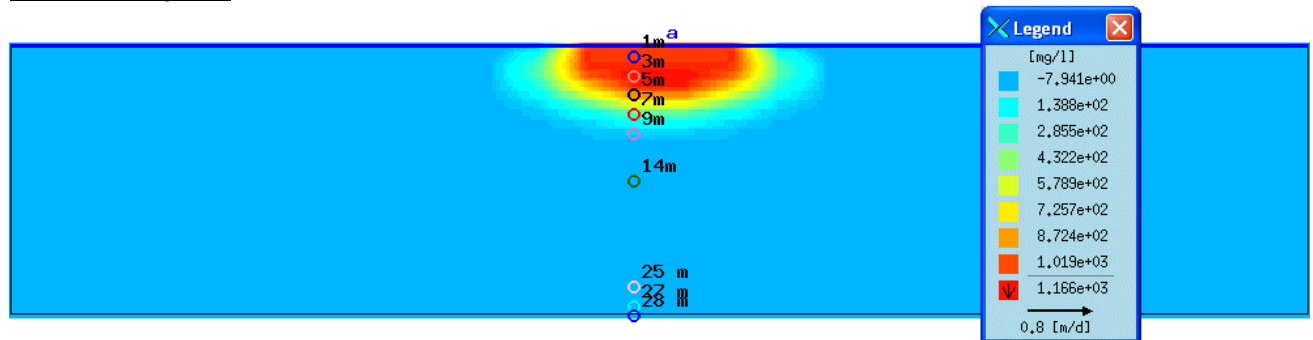
Avec cette hypothèse, le temps de présence simulée du polluant en surface du sol est court et la masse de produit injectée en ZNS se limite au volume déversé multiplié par la solubilité du produit, soit :

$$30\ 000\ l \times 1\ g/l = 30\ kg$$

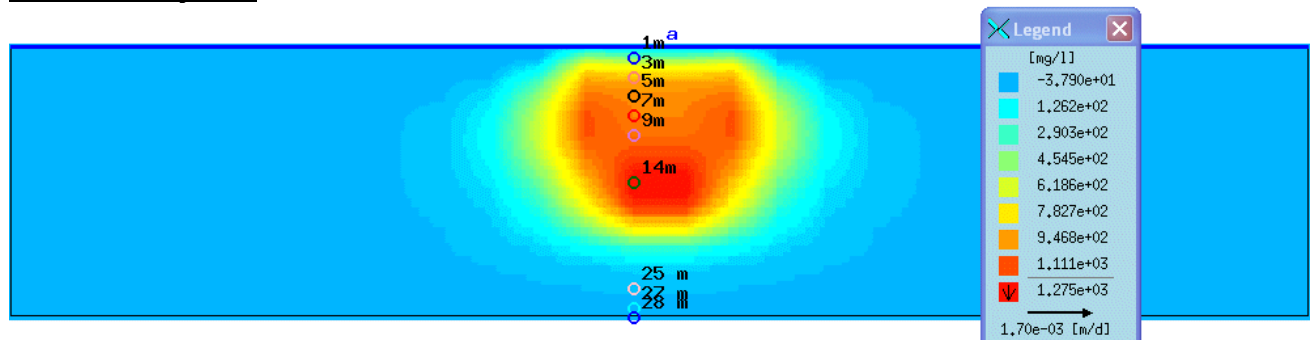
Dans la simulation, cette masse est injectée en sommet de ZNS sur une durée 2 jours.

Le résultat de la simulation de transport en ZNS est présenté en figure 22 avec des vues en coupe donnant la position du polluant à différentes dates : 1 jour, 30 jours et 1 an après le début de l'injection.

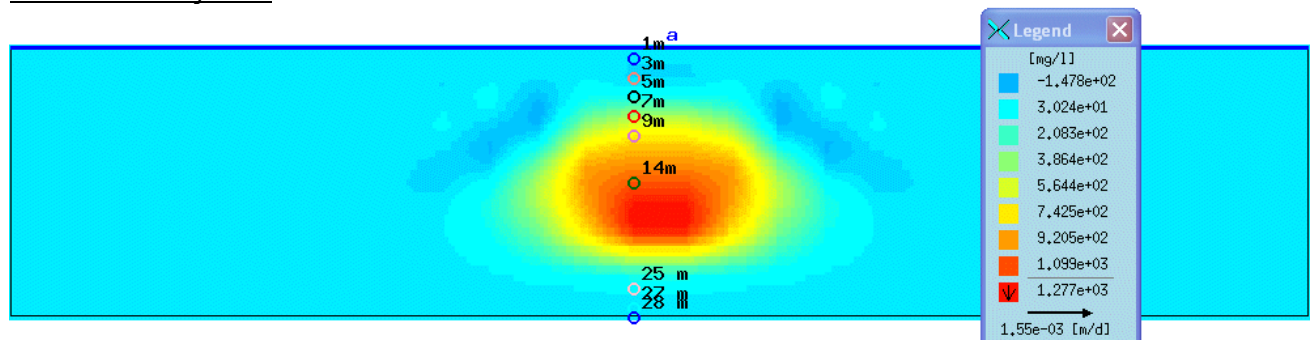
Situation à 1 jour :



Situation à 30 jours :



Situation à 365 jours :

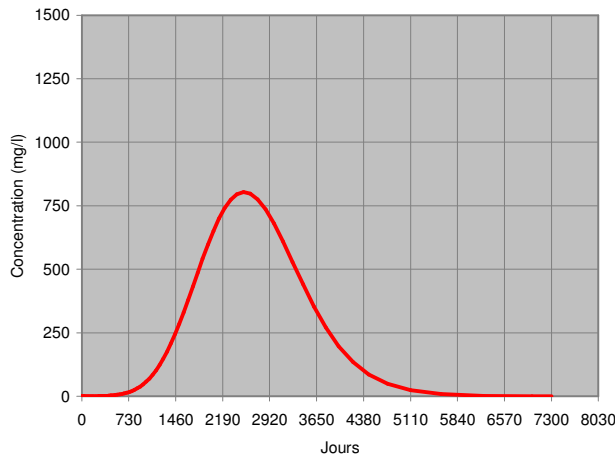


**Figure 22 : Transfert du polluant en ZNS**

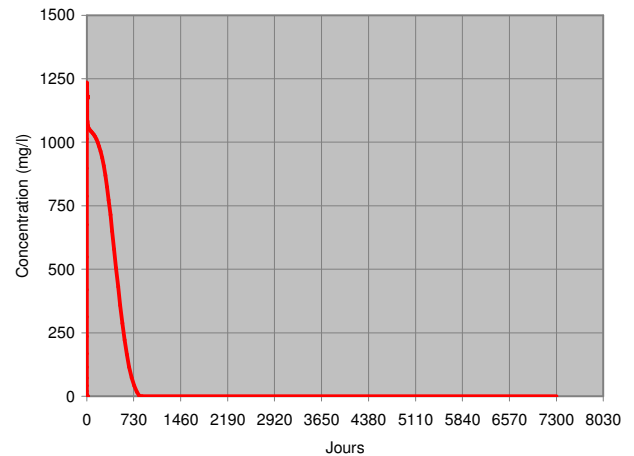
RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL - CM	
02/10/2008	Page : 28

De cette simulation sont extraits les pollutogrammes donnés en figure 23 :

- × à une profondeur de 28 m qui représente la profondeur du toit de la nappe pour le cas n°1 (injection dans l'axe de la vallée),
- × à une profondeur de 9 m pour le cas n°2 (injection en bordure).



Profondeur 28 m



Profondeur 9 m

**Figure 23 : Pollutogrammes ZNS à 28 et 9 m**

Il est essentiel de retenir que les temps d'arrivée au toit de la nappe diffèrent considérablement selon l'épaisseur de ZNS, avec depuis  $t_0$  (début de l'injection sur le terrain naturel) :

- × pour 28 m de ZNS : 313 jours pour l'arrivée du signal, pic à 2 514 jours,
- × pour 9 m de ZNS : 0,7 jour pour l'arrivée du signal, pic 2,2 jours.

L'échelle de temps est ainsi plutôt de l'ordre de l'année pour le transfert du polluant en ZNS d'épaisseur maximale : arrivée significative au toit de la nappe 1 an après l'accident, arrivée du pic 7 ans, et passage complet après 17 ans.

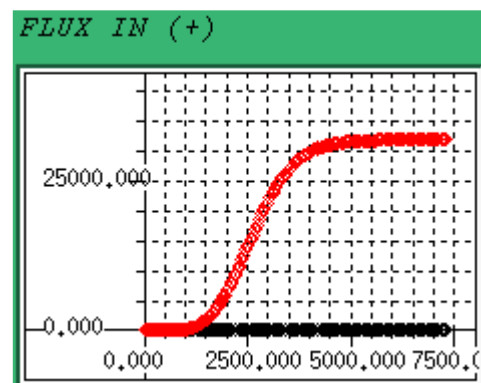
Pour une épaisseur de 9 m, on peut considérer que l'arrivée du polluant en nappe est quasi instantanée (moins d'un jour) et que le panache polluant a totalement traversé la ZNS en un peu plus de 2 ans.

## 7.4 Transport du polluant en nappe

### 7.4.1 Paramétrage des simulations

Les simulations sont effectuées en régime transitoire sur 20 ans.

Les pollutogrammes extraits du modèle ZNS présentés ci-dessus sont utilisés comme signal d'entrée en nappe. A signaler dans la méthodologie que les concentrations brutes du modèle ZNS sont converties en fonction du rapport entre débits entrants en nappe et concentration, afin d'injecter effectivement la masse de 30 kg au toit de la nappe. Les calculs de bilan de masse effectués après simulation sur le modèle saturé permettent de vérifier le principe de conservation de la masse, avec par exemple en figure 24 le cumul de la masse (g) en fonction du temps (j) sur la condition de flux du modèle.



**Figure 24 : Bilan masse ZNS 28 m**

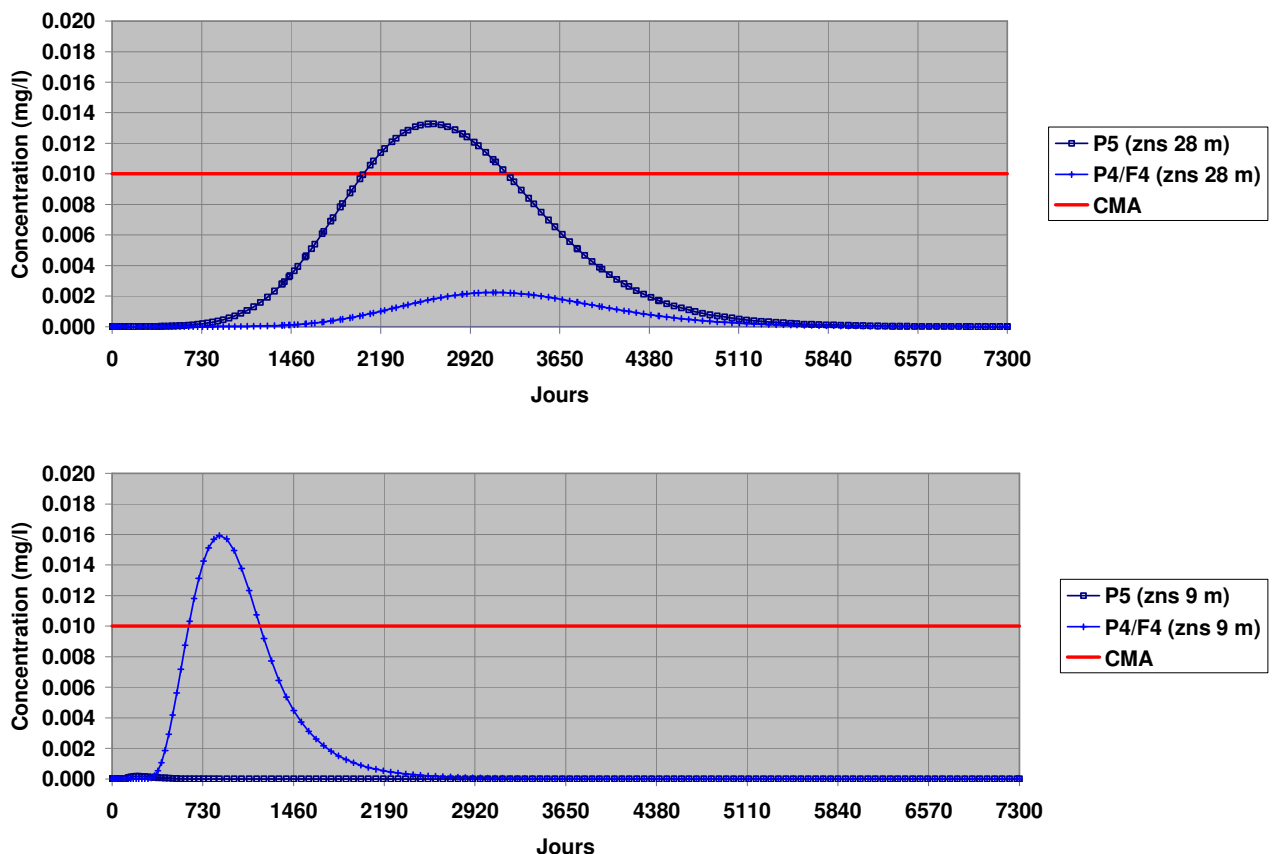
RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT - SFL - CM	
02/10/2008	Page : 29

## 7.4.2 Résultats

Les résultats de simulation sont présentés respectivement pour les cas n°1 (injection dans l'axe de la vallée, ZNS importante 28 m) et n°2 (injection en bordure de vallée, ZNS faible 9 m) sous deux formes :

- en figure 25 l'évolution de la concentration dans le temps sur deux captages AEP du secteur Vourles : P5 et P4/F4 (voir localisation en figure 21), comparée à une concentration maximale admissible (CMA) pour l'eau destinée à la consommation humaine indicative de l'ordre de 10µg/ ;
- en figure 26 les cartes d'iso-concentration en nappe à 1 an, 5 ans et 20 ans.

La date initiale  $t_0$  est le début de l'injection sur le terrain naturel, les résultats incluent donc le temps de transfert en ZNS et le temps de transport en nappe.



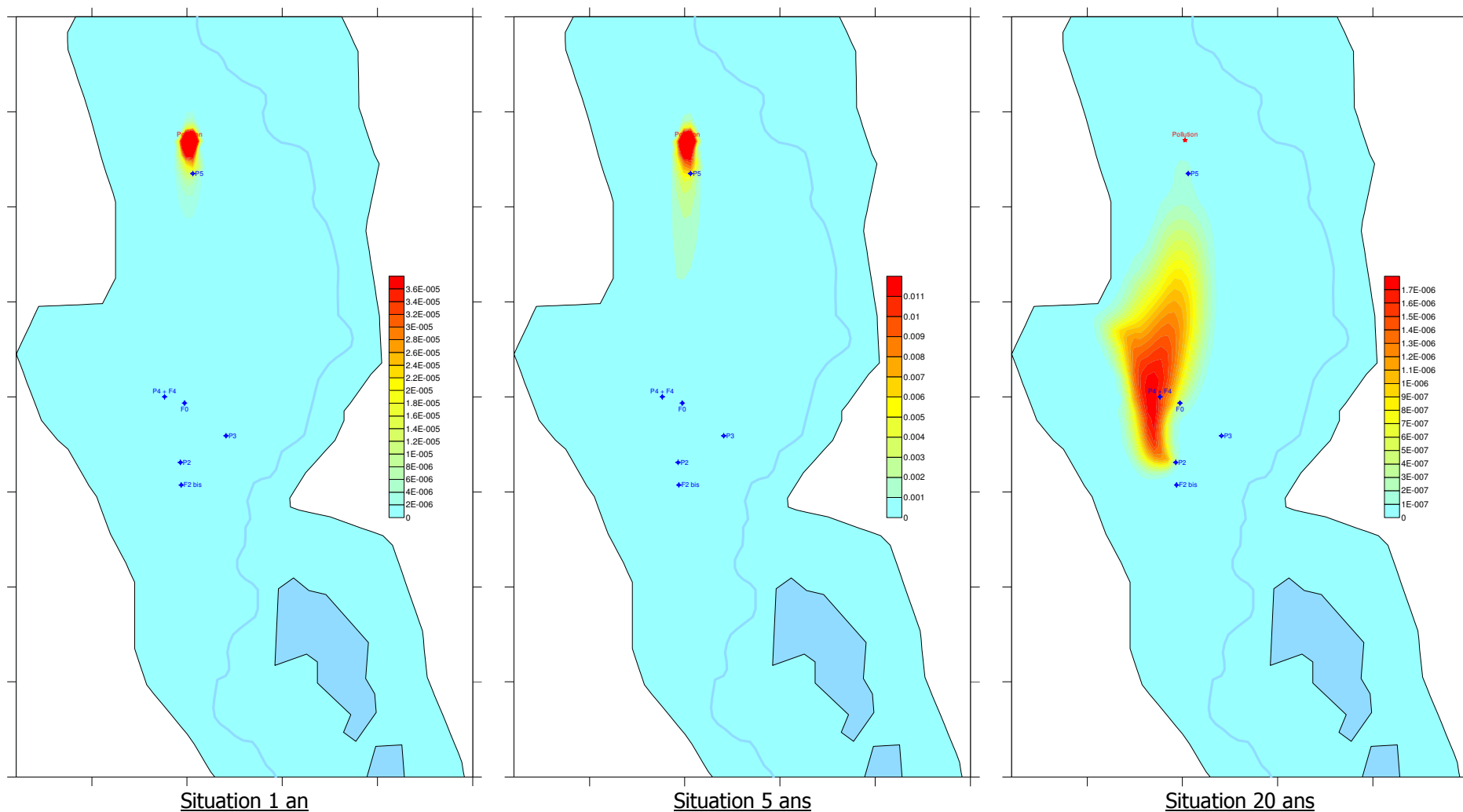
**Figure 25 : Concentration**

Dans les deux cas, on constate que l'accident polluant porte une atteinte qualitative sensible aux eaux souterraines prélevées sur le secteur Vourles :

- Pour le cas n°1 avec injection dans l'axe de la vallée (noté ZNS 28 m sur les graphiques), le puits de pompage P5 est directement impacté par l'accident polluant, le temps d'arrivée est cependant très long avec une CMA atteinte 2 100 jours après le déversement (5,75 ans), temps dont la plus grande partie est attribuable au transfert en ZNS. Dans cette simulation, le pompage P5 est maintenu en fonctionnement : il est logiquement fortement impacté du fait de sa situation à l'aval immédiat du point d'injection, mais il agit cependant comme un puits de fixation qui vient soustraire du polluant à l'aquifère, protégeant ainsi les puits situés plus en aval (voir les concentrations nettement plus faibles en P4/F4).

- Pour le déversement se produisant en bordure de la vallée (noté ZNS 9 m sur les graphiques), le puits P5 est épargné (voir carte d'isoconcentration en figure 14b). L'arrivée du polluant en P4/F4, le premier puits AEP touché, intervient 290 jours après le déversement : compte tenu d'une distance au point d'injection de 1 170 m et d'un temps de transfert en ZNS négligeable, la vitesse de circulation du polluant en nappe est de 4 m/jour. La CMA de 10 µg/l y est dépassée à 620 jours (1,7 an), le maximum de concentration atteint après 860 jours (2,3 ans). Le puits P4/F4 resterait contaminé (concentration supérieure à la CMA) pendant 540 jours, ceci même avec un pompage maintenu à son niveau ordinaire.

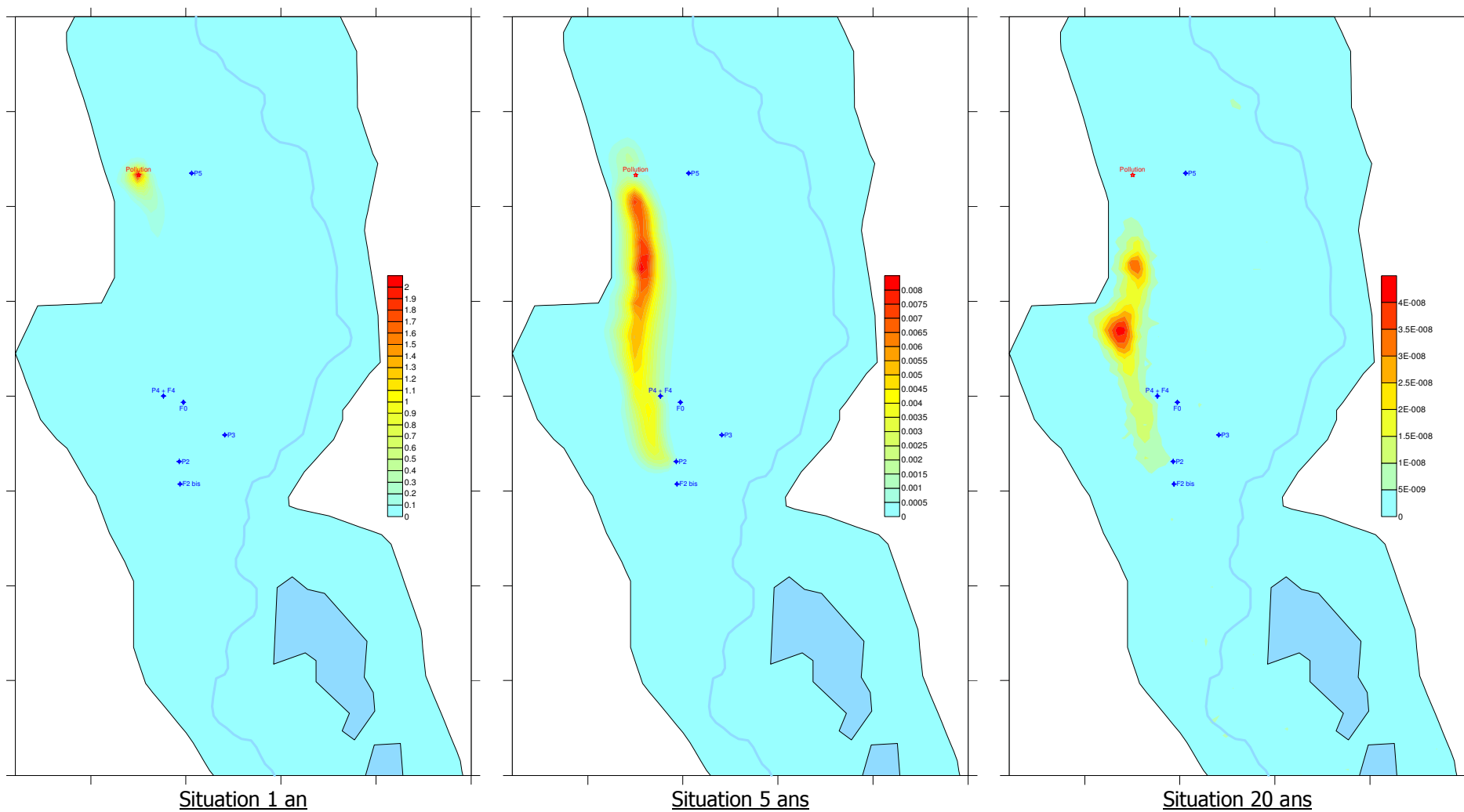
RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL - CM	
02/10/2008	Page : 31



**Figure 26a : Isoconcentration ZNS 28 m**

Rq : échelle des concentrations différente entre les cartes

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL - CM	
02/10/2008	Page : 32



**Figure 26b : Isoconcentration ZNS 9 m**

Rq : échelles des concentrations différentes entre les cartes

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL - CM	
02/10/2008	Page : 33

## 8 - Pollution du Garon en hautes eaux

### 8.1 Description

Ce scénario simule le déversement accidentel du contenu d'un camion citerne sur le parcours de l'autoroute A45 au niveau de son intersection avec le Garon, de sorte que le polluant déversé atteigne la rivière au Nord-Est du puits P5.

Ce scénario se place en période de hautes eaux du Garon, le polluant sera ainsi entraîné vers l'aval par la rivière dont les infiltrations vers la nappe superficielle d'accompagnement seront réduites. En revanche, la pollution sera conduite par le Garon vers l'aval et pourra impacter les champs captant en aval du seuil des Mouilles, ceux-ci se situant à proximité immédiate de la rivière contaminée.

Des pertes par infiltration en direction de la nappe d'accompagnement sont possibles sur l'ensemble du linéaire du Garon, multipliant les impacts potentiels.

Ce scénario permet de quantifier les impacts, notamment au niveau des champs captant de Vourles et de Montagny.

### 8.2 Méthodologie

La construction du scénario est relativement complexe, elle fait intervenir successivement :

- La création spécifique d'un modèle numérique pour l'hydraulique de surface afin de définir la propagation du polluant dans la rivière Garon, en temps et en concentration. Le logiciel utilisé est un couplage entre Mage (calcul des cotes fil d'eau pour un débit rivière donné) et Adis (calcul hydrodispersif d'un composé soluble dans les eaux de surface), tous deux développés par le CEMAGREF.
- Le calcul de la masse de polluant s'infiltrant à travers le radier de la rivière Garon en direction de la nappe superficielle d'accompagnement du Garon (ou *nappes perchées*).
- La simulation des transferts en ZNS sous la nappe superficielle, la ZNS étant d'épaisseur variable d'amont en aval de la vallée.
- La propagation finale du polluant dans l'aquifère principal de la vallée du Garon.

### 8.3 Simulation de la pollution en rivière

Comme indiqué en figure 27, le modèle Mage/Adis pour l'hydraulique de surface couvre la totalité du linéaire de la rivière Garon intervenant dans le modèle des écoulements souterrains, soit une longueur de 12,04 km. Il est découpé en 7 biefs notés de 0 à 6 d'amont en aval, dont les longueurs et les repérages en pK sont donnés dans le tableau 5.

Id Bief	Longueur (m)	Cumul fin du bief (m)	pk de restitution des pollutogrammes (m)
0	2 535	2 535	-
1	1 527	4 062	3 298
2	1 369	5 431	4 746
3	1 497	6 928	6 180
4	904	7 832	7 380
5	1 843	9 675	8 754
6	2 369	12 044	10 860

2535 = pk injection

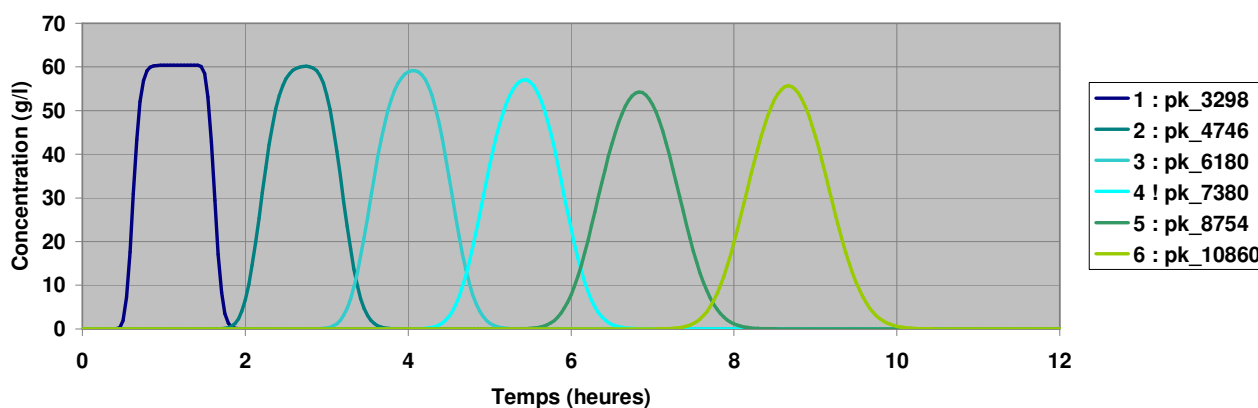
**Tableau 5 : Modèle rivière Garon**



**Figure 27 : Biefs du modèle eaux superficielles**

Le cas de pollution est le déversement de 30 m<sup>3</sup> d'hydrocarbure (type supercarburant) au niveau du passage de l'A45 sur le Garon, soit au pK 2 535 du modèle (amont du bief 1). Le calcul hydrodispersif s'effectue un hydrodynamisme calé en régime permanent sur un débit de hautes eaux de la rivière : 180 l/s. En terme de masse, 30 000 kg de polluant sont déversés en 1 heure dans le Garon.

Les pollutogrammes obtenus – concentrations en g/l dans la rivière en fonction du temps – sont donnés en figure 28 pour le centre des 6 biefs concernés par le déversement.



**Figure 28 : Concentration en rivière par bief**

Avec ce régime de hautes eaux du Garon la propagation du polluant est rapide : environ 10 h pour parcourir la distance entre l'A45 et le Rhône, ce qui donne une vitesse moyenne d'écoulement de 0,27 m/s, comparable aux vitesses mesurées sur le terrain lors des campagnes de jaugeage.

L'étalement des pollutogramme est peu sensible entre l'amont et l'aval, on peut retenir une durée de présence de l'onde polluante d'environ 1 heure quelque soit le pK considéré.

### 8.4 Masse infiltrée sous le Garon

Par rapport aux pollutogrammes bruts présentés ci-dessus, il est considéré que seule la part correspondant à la fraction soluble du polluant est susceptible de s'infiltrer sous le lit de la rivière. Avec une solubilité dans l'eau de 100 mg/l pour des hydrocarbures, les pollutogrammes réduits utilisés pour quantifier la masse polluante transmise à la nappe sont ceux présentés en figure 29.

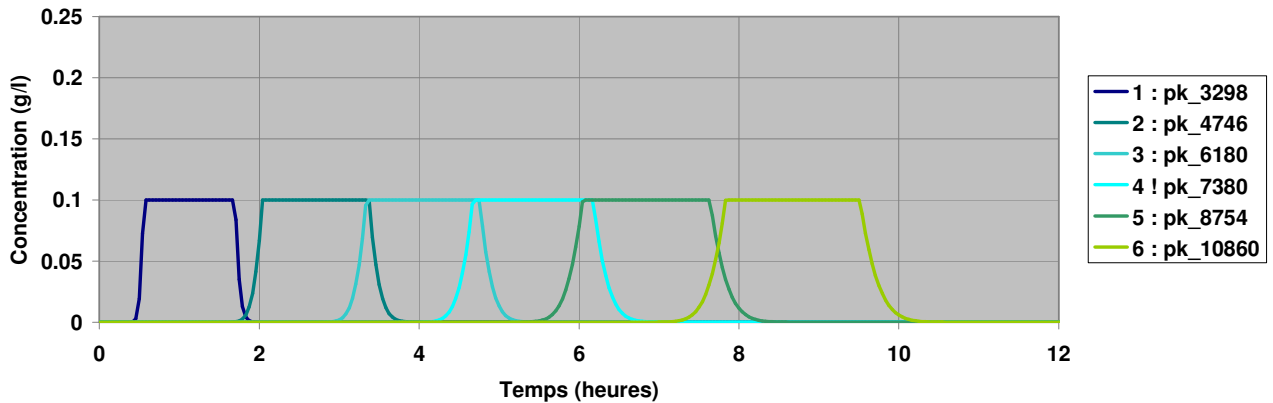


Figure 29 : Pollutogrammes réduits

Par ailleurs, le bilan hydraulique obtenu après calage du modèle de nappe permet de connaître le débit d'alimentation (échanges rivière vers nappe) pour chacun des biefs. En croisant les concentrations rivière réduites, le temps de passage du polluant dans la rivière et les débits infiltrés par la rivière, on obtient finalement la masse de polluant réellement infiltrée par le Garon telle que donnée dans le tableau 6.

Bief	Débit infiltré par le Garon (m3/j)	Tps Ini (j)	Tps Fin (j)	Cumul masse (kg)
Bief 1	2055	0.019	0.078	12.12
Bief 2	1419	0.073	0.156	11.78
Bief 3	952	0.125	0.217	8.76
Bief 4	823	0.175	0.281	8.72
Bief 5	1416	0.229	0.346	16.47
Bief 6	34	0.302	0.425	0.42
<b>Total (kg) :</b>				<b>58.28</b>

Tableau 6 : Masse infiltrée sous le Garon

L'épisode polluant du Garon se traduit ainsi par l'infiltration d'une masse d'environ 58 kg d'hydrocarbures en direction des nappes souterraines, le reste du polluant étant transporté puis évacué du système par les eaux superficielles (en direction du Rhône).

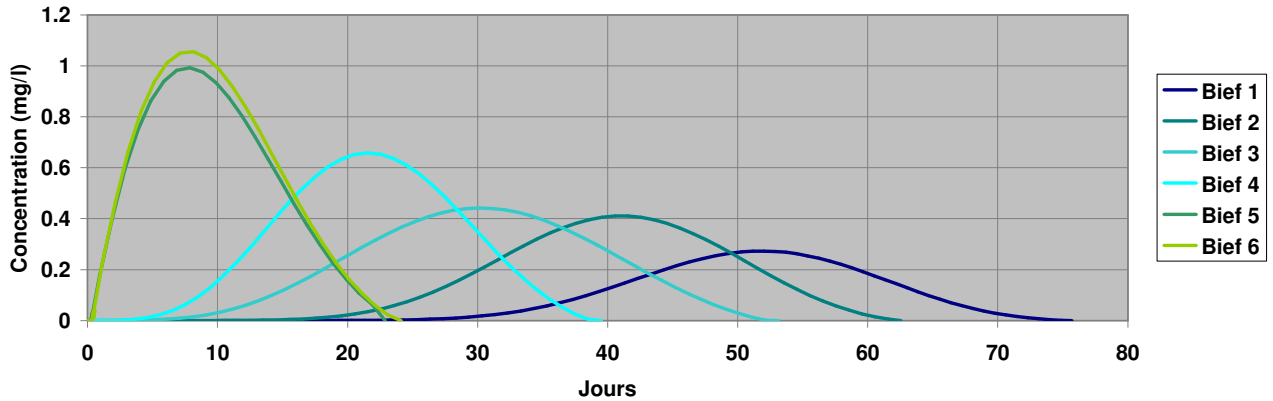
### 8.5 Transfert en Zone Non Saturée

Une fois connue la masse de polluant induite par la pollution du Garon, le modèle des transferts verticaux en ZNS (modèle coupe) est utilisé pour définir le temps de transfert du polluant depuis la nappe superficielle du Garon jusqu'au toit de la nappe principale. Les calculs sont effectués en transport de masse pour chaque bief avec un débit imposé tel que mentionné dans le tableau 6.

En outre, l'épaisseur de la ZNS est variable entre les biefs, diminuant globalement d'amont en aval, ce qui influence notablement le temps final d'arrivée du polluant à la nappe. Les épaisseurs moyennes de ZNS prises en compte pour les simulations de transfert en ZNS sous le Garon sont les suivantes :

- × Bief 1 : 20 m,
- × Bief 2 : 13 m,
- × Bief 3 et 4 : 6 m,
- × Bief 5 et 6 : 2 m.

Les pollutogrammes issus des simulations ZNS et tels qu'ils sont ensuite injectés en sommet de nappe pour la simulation de transport en zone saturée sont donnés en figure 30.



**Figure 30 : Résultats base de ZNS**

La variabilité d'épaisseur de ZNS d'amont en aval induit des temps d'atteinte à la nappe qui varient sensiblement :

- pour les biefs à ZNS sous-jacente d'épaisseur réduite à 2 m (biefs 5 et 6 en aval), la transmission du signal polluant peut être considérée comme immédiate,
- à l'opposé, au droit du bief 1 le plus en amont (ZNS de 20 m d'épaisseur), le temps d'arrivée du polluant au toit de la nappe est d'environ 30 jours.

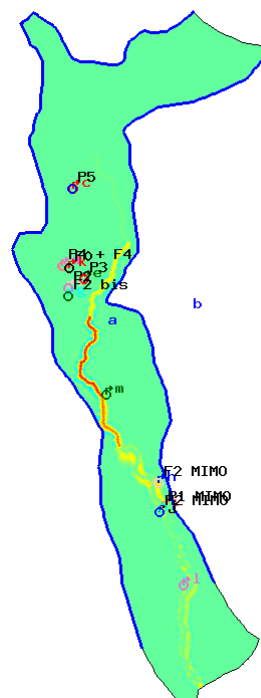
## 8.6 Transport du polluant en nappe

Les simulations sont effectuées en régime transitoire sur 20 ans. Les pollutogrammes précédents sont appliqués sur tous les nœuds rivière du modèle saturé.

Dans un premier temps, le résultat de la simulation est donné en figure 31 avec les cartes d'isoconcentration du polluant en nappe à  $t_0 + 10$  jours et  $t_0 + 30$  jours,  $t_0$  étant la date de pollution de la rivière Garon.



Situation à 10 jours



Situation à 30 jours

Cartes sans échelle des concentrations

**Figure 31 : Concentrations en nappe à 10 et 30 jours**

Deux points sont à retenir :

- la pollution du Garon en période de hautes eaux aura un impact qualitatif sur tout l'aquifère souterrain situé entre le point de déversement et l'exutoire de la rivière dans le Rhône ;
- en raison des transferts en ZNS plus rapides, le premier secteur touché sera la partie aval de la vallée ; en amont du seuil des Mouilles, la première atteinte à la nappe se manifeste 1 mois environ après la pollution du Garon.

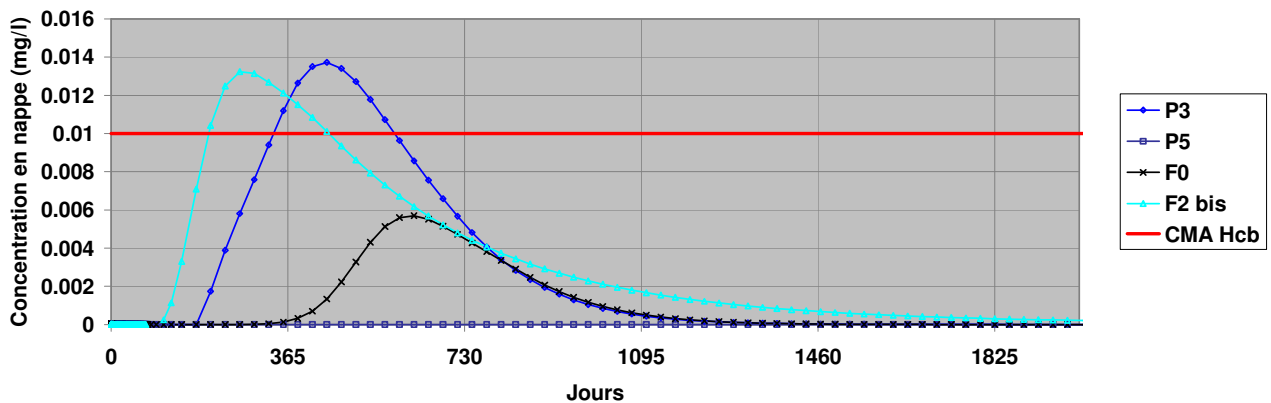
Les figures 31 et 32 présentent l'évolution de la concentration dans le temps sur les captages AEP :

- × du secteur Vourles : P3, P5, F0 et F2bis,
- × du secteur Montagny : F2 et P1.

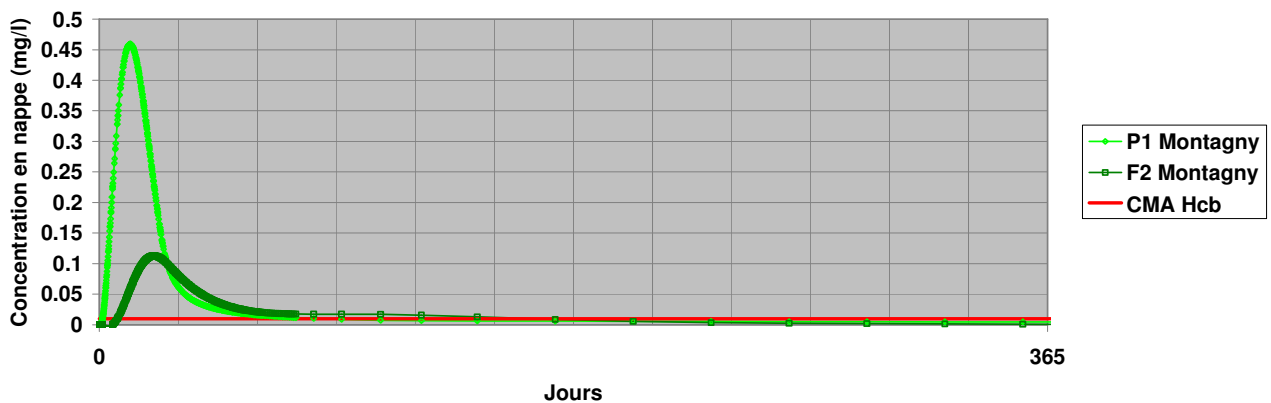
La concentration maximale admissible (CMA) en hydrocarbures totaux pour l'eau destinée à la consommation humaine (10µg/l) y est donnée pour comparaison :

- sur le secteur Vourles, les puits P3 et F2bis - les plus proches de la rivière - montrent une concentration maximale de l'ordre de 14 µg/l dépassant légèrement la CMA ; les puits plus éloignés de la rivière comme F0 sont moins atteints avec une concentration en dessous de la CMA ; le puits P5 est épargné ; le premier puits touché serait F2bis avec une atteinte intervenant 108 jours après le passage du polluant dans le Garon ;
- alimentée davantage par la rivière (que par les précipitations), la nappe captée sur le secteur Montagny subit par contre une atteinte qualité très prononcée : la concentration dans les puits dépasse très largement la CMA, avec 0,1 mg/l en F2 et 0,45 mg/l en P1. On retiendra également que le temps entre pollution du Garon et contamination des puits du secteur Montagny est nettement plus court que sur le secteur Vourles : le puits P1 serait impacté en moins de 1 jour et F2 en 6 jours.

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT - SFL - CM	
02/10/2008	Page : 38



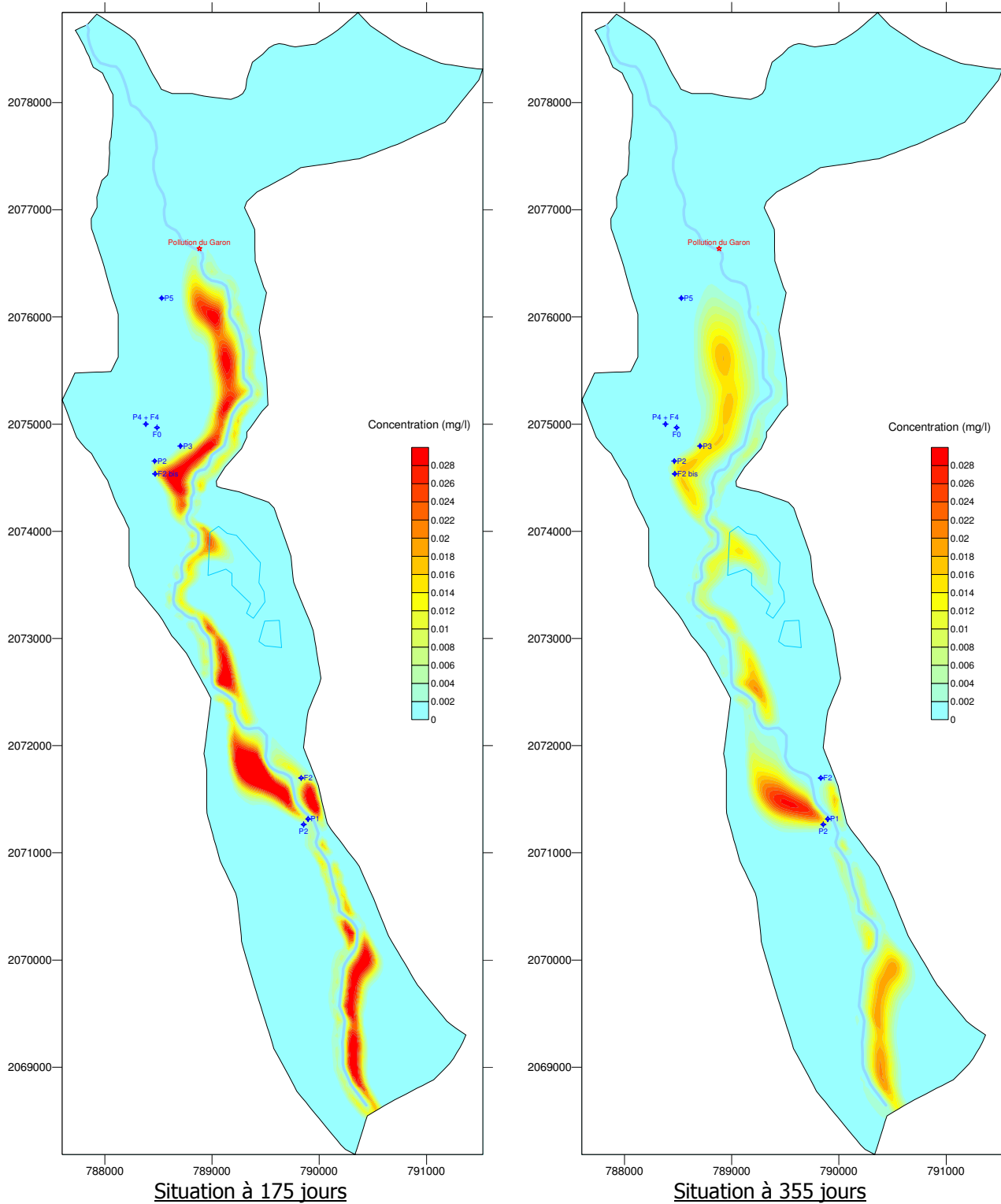
**Figure 31 : Concentration sur les puits AEP du secteur Vourles**



**Figure 32 : Concentration sur les puits AEP du secteur Montagny**

Les cartes d'isoconcentration du polluant en nappe de la figure 33 sont établies pour  $t_0 + 175$  jours et  $t_0 + 355$  jours. Elles permettent de visualiser l'extension et l'évolution des panaches de pollution :

- × du fait que le Garon alimente la nappe sur pratiquement tout son cours, l'aquifère souterrain est atteint – à des degrés divers – sur toute la partie de vallée située au sud du déversement ;
- × les zones de pompage AEP, maintenus en fonctionnement normal dans cette simulation, tendent logiquement à constituer des zones d'appel de la pollution ;
- × ceci, complété par un effet de dilution du polluant dans la masse de l'aquifère, entraîne une baisse globale des teneurs en nappe avec le temps ;
- × on peut également noter qu'une circulation préférentielle se crée dans la gravière Lafarge (zone de conductivité hydraulique très forte) ;



**Figure 33 : Scénario 8 - Carte isoconcentration du polluant en nappe**

## 9 - Pollution du Garon en basses eaux

### 9.1 Description

Ce scénario repose sur le même évènement que le scénario 8 mais dans des conditions hydroclimatiques différentes, à savoir en basses eaux du Garon.

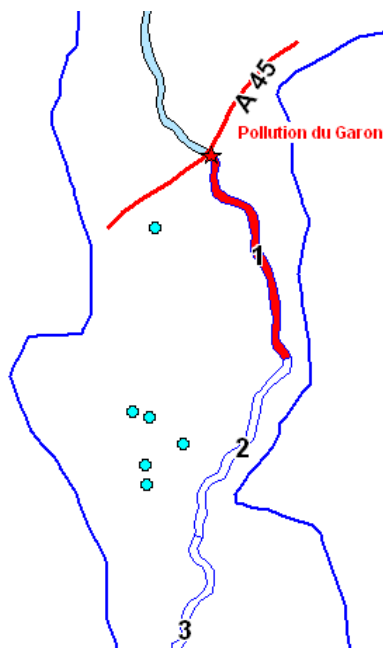
Ainsi, le Garon présente un débit très faible voire nul et la pollution va s'infiltrer en totalité vers la nappe superficielle.

### 9.2 Paramétrage de la simulation

En cas d'étiage sévère du Garon, on peut assister à une perte totale des eaux superficielles sur le secteur de Vourles.

Dans ces conditions, la simulation prévoit que tout le débit du Garon et donc l'intégralité du polluant qui y a été déversé s'infiltrer au droit du bief n°1 du modèle (voir figure 34) en direction de la nappe superficielle. Les biefs suivants, puisque à sec, ne constituent plus des vecteurs de pollution.

Après infiltration dans les zones de perte du bief n°1, le polluant est considéré comme piégé momentanément dans la nappe superficielle. Il sera ensuite poussé verticalement en direction de l'aquifère principal à travers la ZNS sous l'effet des flux d'alimentation du Garon qui retrouve un régime hydrologique moyen.



**Figure 34 : Lieu de perte du Garon**

Avec cette hypothèse, le temps de présence du polluant dans la nappe superficielle, avant d'arriver à épuisement total, est donné par :

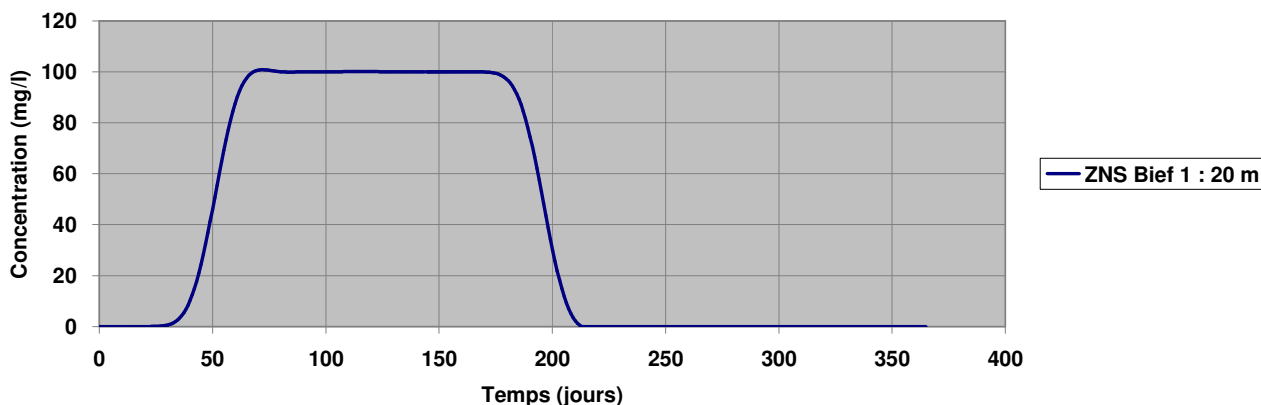
- 30 000 kg de produit piégé dans les alluvions et la nappe superficielle
- de solubilité 100 mg/l (hydrocarbure type supercarburant)
- sous un flux vertical de 2 055 m<sup>3</sup>/j (bilan du modèle sous le bief n°1 en régime permanent)
- Ainsi, il nécessite 145 jours.

Dans la simulation, le signal d'entrée du polluant dans le système aquifère souterrain est donc une injection en sommet de ZNS sous tout le bief n°1 d'un flux de concentration 100 mg/l pendant 145 jours.

### 9.3 Transfert en Zone Non Saturée

L'épaisseur moyenne de la ZNS sous le bief n°1 est de 20 m. A cette profondeur, le modèle coupe des transferts verticaux en ZNS restitue le pollutogramme donné en figure 35.

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL – CM	
02/10/2008	Page : 41



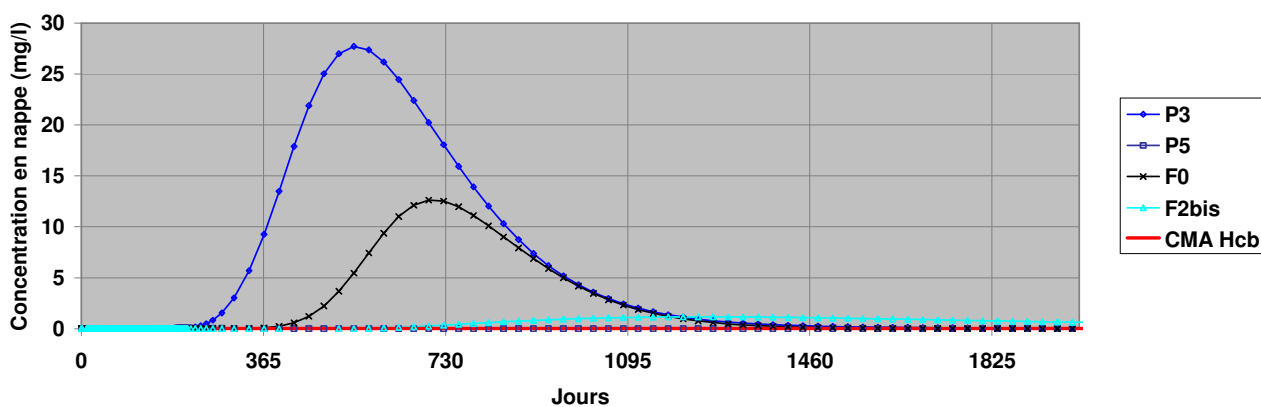
**Figure 35 : Pollutogramme base ZNS**

Le transit du polluant ZNS entraîne un retard et un étalement du signal avec une concentration de 100 mg/l observée globalement entre 30 et 210 jours après le déversement.

Ce signal polluant est ensuite imposé au toit de la nappe sous le bief n°1 dans le modèle saturé.

#### 9.4 Transport du polluant en nappe

La simulation est effectuée en régime transitoire sur 20 ans. Le résultat est donné pour le secteur Vourles en figure 36 avec l'évolution de la concentration en fonction du temps sur les puits AEP P3, P5, F0 et F2bis. Le temps  $t_0$  est la date de pollution de la rivière Garon.



**Figure 36 : Concentration en nappe sur le secteur Vourles**

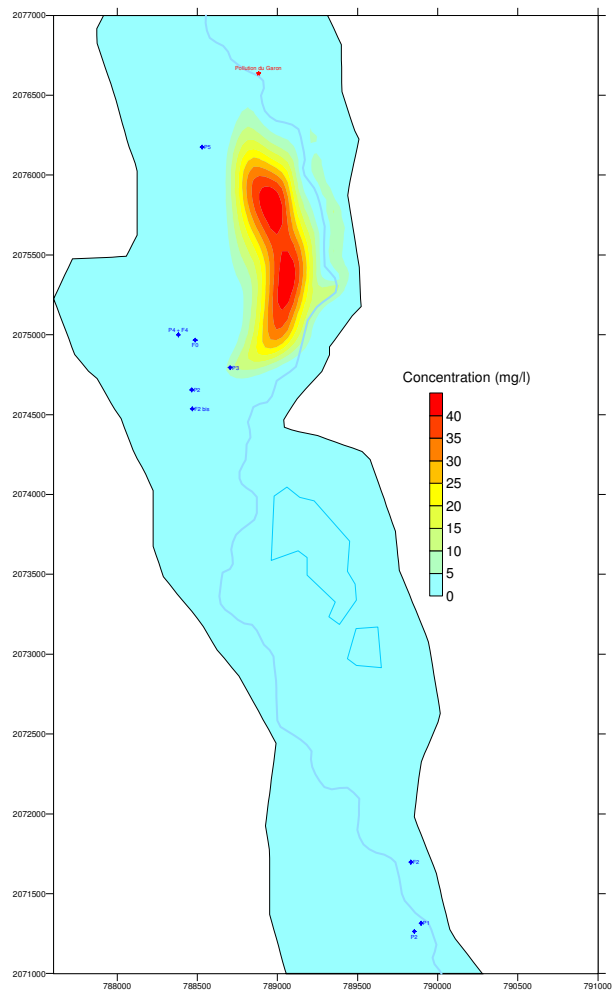
Le puits P5, le plus au nord, n'est pas atteint par le polluant, mais il apparaît de toute évidence que ce cas de pollution est fortement préjudiciable à la qualité des eaux souterraines prélevées sur d'autres puits AEP du sud du secteur Vourles :

- × le puits P3 est le plus impacté avec des fortes teneurs apparaissant à  $t_0 + 230$  jours ; au maximum du pic (550 jours) la concentration atteint 28 mg/l, soit près de 3 000 fois la valeur de la concentration maximale admissible ;
- × les puits F0 et F2bis sont touchés à des valeurs moindres, mais toujours nettement au dessus de la CMA ;
- × on peut d'autre part estimer que sur ce secteur la ressource en eau souterraine resterait impropre à la consommation pendant une durée d'au moins 5 ans.

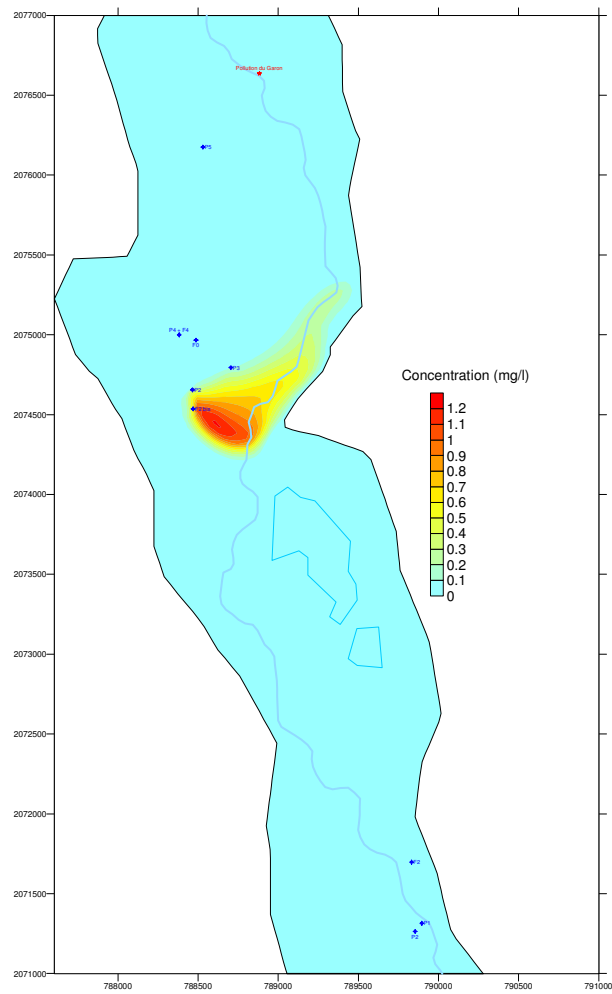
La représentation spatiale de la progression du panache de pollution est donnée en figure 37 :

- Situation à 1 an : la pollution atteint le puits P3, le puits P5 est effectivement épargné.
- Situation à 5 ans : la pollution atteint l'étranglement des Mouilles, les puits P2 et F2bis sont touchés avec des teneurs importantes ( $> 0,5$  mg/l).
- Situation à 20 ans : le panache a franchi le seuil des Mouilles et affecte la partie aval de la vallée du Garon. A partir du seuil, on note que le polluant circule préférentiellement par la gravière Lafarge. Les concentrations sont par contre beaucoup plus faibles, pour la plupart inférieures à la CMA. Plus vers l'aval, compte tenu du sens d'écoulement de la nappe, la zone de captage de Montagny semble pouvoir être affectée à encore plus long terme par l'arrivée du polluant, mais dans ce cas, les teneurs seront minimales.

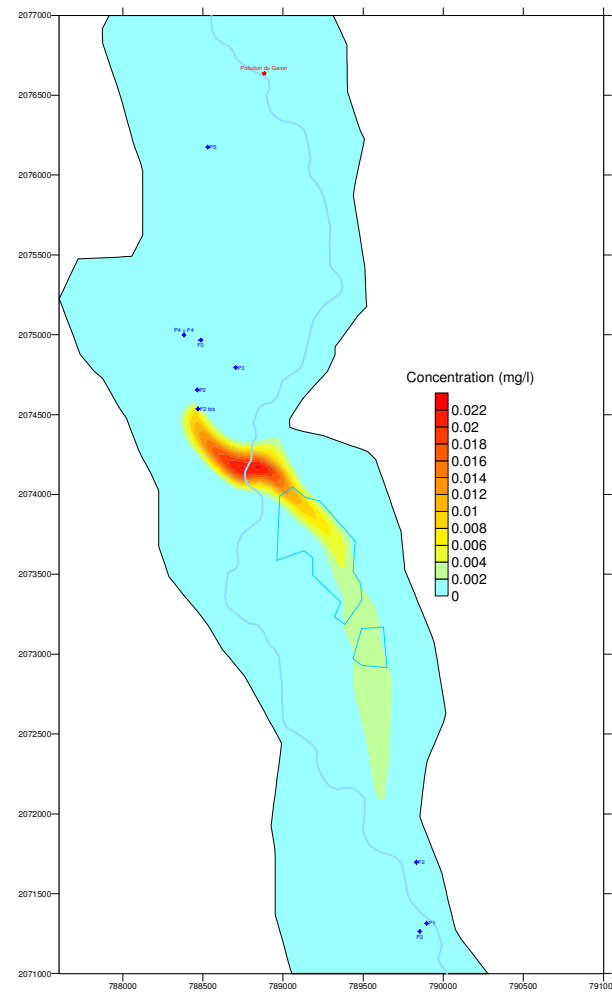
RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL - CM	
02/10/2008	Page : 43



Situation à 1 an



Situation à 5 ans



Situation à 20 ans

Rq : échelles des concentrations différentes entre les cartes

**Figure 37 : Scénario 9 - Cartes isoconcentration du polluant en nappe**

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL – CM	
02/10/2008	Page : 44

# ANNEXES

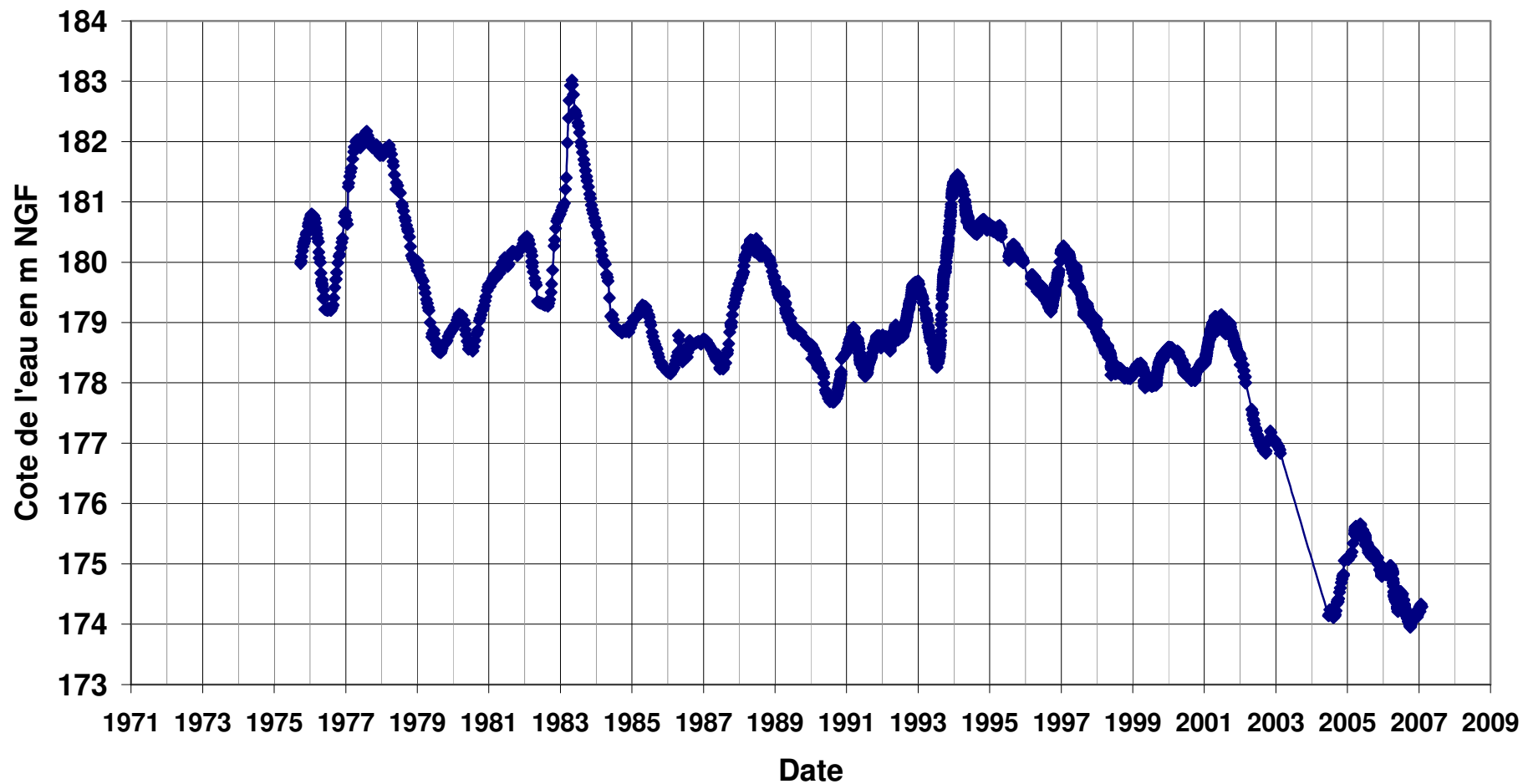
RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL - CM	
02/10/2008	Annexes

**- ANNEXE 1 -**  
**PIÉZOMÈTRE DIREN VOURLES**

Cette annexe contient 1 page

RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT – SFL - CM	
02/10/2008	Annexes

Cote de la nappe au piézomètre 07221D0023/S (source : DIREN Rhône Alpes)  
Egalement appelé "piézomètre ex-CUMA Vourles" - code BURGEAP Vo10



RLy.2953/A.16982/CLyZ.061184	
NT - SFL - CM	
02/10/2008	Annexes