





# Logiciel TIGRE - Théorie des Images dans une Géométrie REctangulaire

**BRGM/RP-61429-FR**

Août 2012

*Mise à jour : Octobre 2014*

Rapport réalisé dans le cadre des projets de Recherche du BRGM

**Dominique THIÉRY**

**Vérificateur :**

Nom : Y. Barthélémy

Date : 03/08/2012

Signature :



**Approbateur :**

Nom : S.Lallier

Date : 13/08/2012

Signature :



En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.**



**Mots-clés** : Calcul de rabattement, Logiciel, Solution analytique, Méthode des images, Formule de Theis

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Thiery D.** (2012) – Logiciel TIGRE - Théorie des Images dans une Géométrie Rectangulaire. BRGM/RP-61429-FR, 43 p., 18 fig.

© BRGM, 2012, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.



# Synthèse

Ce rapport présente le logiciel TIGRE v2.3.

Le logiciel TIGRE (**T**héorie des **I**mages dans une **G**éométrie **R**ectangulaire) permet de calculer l'évolution au cours du temps des rabattements, ou des remontées de niveau piézométrique, résultant d'un ensemble de puits de pompage et/ou d'injection situés dans une nappe souterraine homogène.

Ce logiciel, dont une première version avait été élaborée par Thiéry (1977), est une extension du logiciel IMAGE (Sauty, 1975), qui n'est plus opérationnel.

La méthode, basée sur la théorie des images, utilise une solution analytique. Elle est très rapide et très facile à mettre en œuvre.

La nappe peut être d'extension infinie ou limitée par 1 à 4 limite(s).

Chacune de ces limites peut être au choix :

- Une limite étanche : failles ou affleurements.
- Une limite de réalimentation, c'est-à-dire une limite à charge imposée : rivière, canal, plan d'eau, mer.

La nappe doit pouvoir être considérée comme homogène. Elle est caractérisée par :

- Une transmissivité uniforme : elle doit donc être captive ou présenter de faibles variations de niveau par rapport à son épaisseur.
- Un coefficient d'emmagasinement (libre ou captif) uniforme.
- Quand une limite est à charge imposée, cette charge est égale à zéro. C'est donc l'origine des charges.
- Quand plusieurs limites sont à charge imposée, elles ont donc la même charge : la charge zéro.

La nappe doit être initialement en régime stabilisé, mais il n'est pas nécessaire qu'elle soit au repos, ou avec une charge uniforme. En effet, le principe de superposition montre que le code de calcul TIGRE peut calculer l'influence de nouveaux pompages (ou injections) implémentés dans la nappe. Le code de calcul TIGRE fournit donc la variation de charge en tout point, positive ou négative, à ajouter à l'état initial stabilisé.

Depuis la version 2.3, les calculs prennent en compte les pertes de charges quadratiques dans les puits de pompage ou d'injection. En revanche ils ne prennent pas en compte les éventuels effets de capacité dans les puits.

Ce rapport présente les écrans de saisie pour utiliser le code de calcul TIGRE v2.3, ainsi que six exemples de validation.





## Sommaire

<b>1.</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>Création d'un nouveau projet.....</b>	<b>9</b>
<b>3.</b>	<b>Ouverture d'un projet existant .....</b>	<b>11</b>
<b>4.</b>	<b>Définition de la Géométrie et des unités .....</b>	<b>13</b>
<b>5.</b>	<b>Définition des dates de calcul .....</b>	<b>15</b>
<b>6.</b>	<b>Définition optionnelle d'une grille de calcul.....</b>	<b>17</b>
<b>7.</b>	<b>Définition des coordonnées des puits et des piézomètres .....</b>	<b>19</b>
<b>8.</b>	<b>Lancement des calculs .....</b>	<b>21</b>
<b>9.</b>	<b>Exemple de visualisation des résultats .....</b>	<b>25</b>
<b>10.</b>	<b>Exemples de validation avec le code MARTHE.....</b>	<b>27</b>
<b>11.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>41</b>
<b>12.</b>	<b>Références.....</b>	<b>43</b>

## Table des illustrations

Figure 1 : Schéma de principe .....	8
Figure 2 : Création d'un nouveau projet .....	9
Figure 3 : Définition de la géométrie et des unités .....	13
Figure 4 : Exemple avec deux limites.....	14
Figure 5 : Tableur pour la définition des dates de calcul.....	15
Figure 6 : Définition (optionnelle) d'une grille de calcul.....	17
Figure 7 : Définition des coordonnées des puits et piézomètres. ....	19
Figure 8 : Détection des éventuelles erreurs de géométrie ou de coordonnées. ....	21
Figure 9 : Enchaînement possible d'un autre calcul. ....	21
Figure 10 : Projet dont les paramètres ont été modifiés. ....	22
Figure 11 : Message de fin rappelant les noms des fichiers créés. ....	23
Figure 12 : Visualisation de l'évolution des rabattements calculés dans 3 puits et 4 piézomètres.	25

Figure 13 : Pompage au centre d'un domaine carré. Régime permanent. ....	29
Figure 14 : Pompage au 1/3 inférieur d'un domaine carré. Rabattement après 50 jours. ....	31
Figure 15 : Pompage au 1/3 inférieur d'un domaine carré dont 3 côtés sont à charge imposée. Rabattement après 50 jours.....	33
Figure 16 : Pompage au 1/3 inférieur d'un domaine carré dont les côtés parallèles sont des limites de même nature. Rabattement après 50 jours. ....	35
Figure 17 : Pompage au 1/3 inférieur d'un domaine carré dont les 4 limites sont étanches. Rabattement après 2 jours.....	37
Figure 18 : Pompage au 1/3 inférieur d'un domaine carré dont les côtés parallèles sont des limites de nature opposée. Régime permanent. ....	39

# 1. Introduction

Le logiciel TIGRE (Théorie des Images dans une Géométrie REctangulaire) permet de calculer l'évolution au cours du temps des rabattements, ou des remontées de niveau piézométrique, résultant d'un ensemble de puits de pompage et/ou d'injection situés dans une nappe souterraine homogène.

Ce logiciel, dont une première version avait été élaborée par Thiéry (1977), est une extension à quatre limites du logiciel IMAGE (Sauty, 1975), qui n'est plus opérationnel.

La nappe peut être d'extension infinie ou limitée par 1 à 4 limite(s) (Figure 1).

Chacune de ces limites peut être au choix :

- Une limite étanche : failles ou affleurements.
- Une limite de réalimentation, c'est-à-dire une limite à charge imposée : rivière, canal, plan d'eau, mer.

La nappe doit pouvoir être considérée comme homogène. Elle est caractérisée par :

- Une transmissivité uniforme : elle doit donc être captive ou présenter de faibles variations de niveau par rapport à son épaisseur.
- Un coefficient d'emménagement (libre ou captif) uniforme.
- Quand une limite est à charge imposée, cette charge est égale à zéro. C'est donc l'origine des charges.
- Quand plusieurs limites sont à charge imposée, elles ont donc la même charge : la charge zéro.

La nappe doit être initialement en régime stabilisé, mais il n'est pas nécessaire qu'elle soit au repos, ou avec une charge uniforme. En effet, le principe de superposition montre que le code de calcul TIGRE peut calculer l'influence de nouveaux pompages (ou injections) implémentés dans la nappe. Le code de calcul TIGRE fournit donc la variation de charge en tout point, positive ou négative, à ajouter à l'état initial stabilisé.

Le code de calcul TIGRE est conçu pour des calculs en régime transitoire, mais il peut également être utilisé pour réaliser des simulations en régime permanent. Dans ce cas, il faut cependant procéder avec soin :

- S'assurer qu'un régime permanent est possible, donc qu'il y a une ou des limites à charge imposée.
- Réaliser les calculs pour une durée très longue, mais cependant raisonnable. En effet un calcul sur une durée exagérément longue peut, selon la configuration, conduire à un nombre d'images extrêmement grand et générer des instabilités.

Depuis la version 2.2, les calculs prennent en compte les pertes de charges quadratiques dans les puits de pompage ou d'injection. En revanche ils ne prennent pas en compte les éventuels effets de capacité dans les puits.

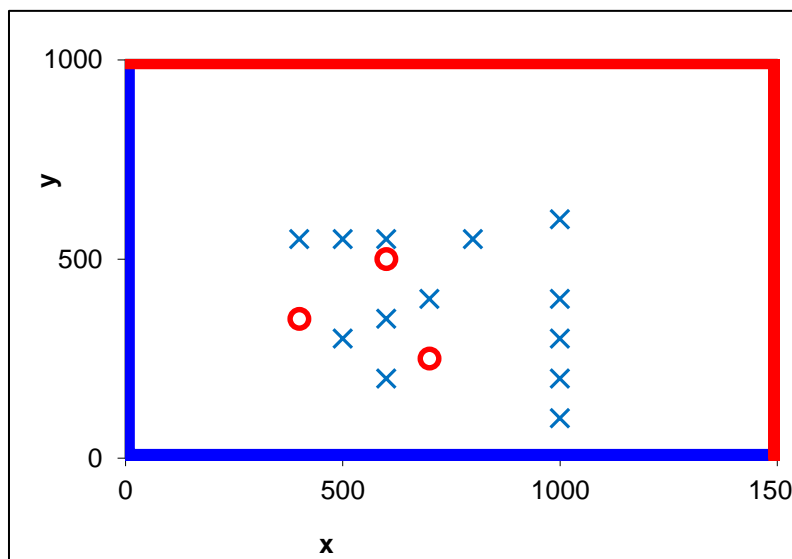


Figure 1 : Schéma de principe

La Figure 1 présente un exemple de géométrie : 2 limites de réalimentation (rivières) en bleu, 2 limites étanches (failles) en rouge. Les puits sont les cercles rouges, les piézomètres les croix bleues.

Les calculs sont réalisés directement, sans aucune discrétisation du temps ou de l'espace, par superposition de l'influence de chaque puits et limite selon la formule de Theis.

Les limites sont prises en compte par la « méthode des images » :

- Pour prendre en compte une limite étanche, le logiciel génère pour chaque puits, un puits image identique, symétrique par rapport à la limite.
- Pour prendre en compte une limite à charge imposée, le logiciel génère pour chaque puits, un puits image symétrique par rapport à la limite, mais avec un débit opposé.
- Quand il y a deux limites parallèles, le logiciel doit générer des images par rapport à la limite n°2 des images générées par rapport à la limite n°1, ce qui conduit en théorie à une infinité d'images, de plus en plus éloignées.
- Quand il y a quatre limites, le logiciel doit générer successivement une infinité d'images par rapport aux limites n°3 et n°4 de cette infinité d'images. Ceci conduit en théorie à une infinité d'images, de plus en plus éloignées.

La version v2.3 admet jusqu'à 2000 dates de calcul, et 10000 puits et piézomètres. (une variation de débit compte pour un puits). Dans le cas d'une grille, il n'y a pas de limitation sur le nombre de lignes et de colonnes de la grille.

Le logiciel TIGRE v2.3 fonctionne sous environnement Windows (en particulier XP, Vista, Windows 7, Windows 8 et Windows 10) en 32 bits ou en 64 bits.

## 2. Création d'un nouveau projet

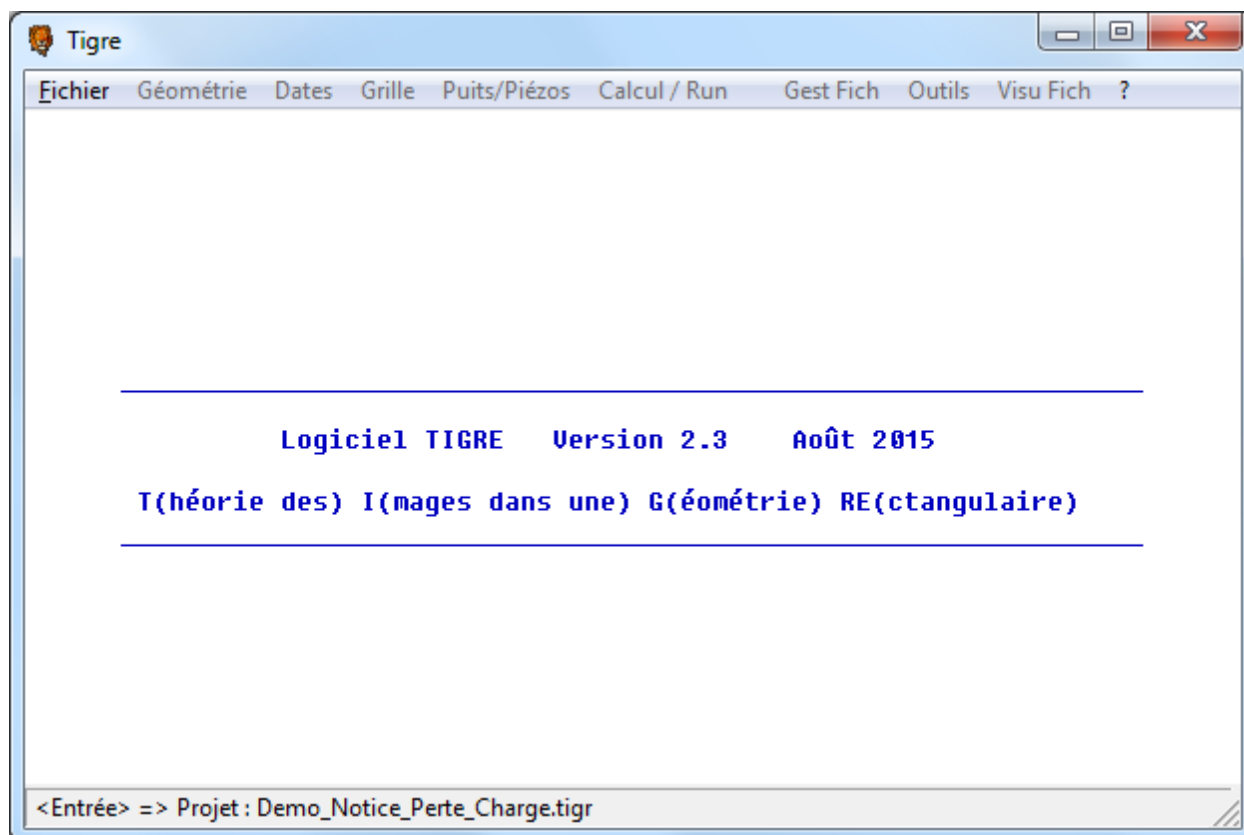


Figure 2 : Création d'un nouveau projet

Lors de la création d'un nouveau projet un ensemble de dialogues permet de définir :

- La géométrie : les limites, les distances entre limites, la transmissivité, le coefficient d'emmagasinement, les unités.
- Les dates auxquelles sont calculés les rabattements.
- Une grille facultative. L'éventuelle grille peut être visualisée avec les outils graphiques de WinMarthe, ou directement par Surfer ®. Indépendamment de cette grille, les rabattements sont calculés dans chaque puits et dans chaque piézomètre.
- Les positions des piézomètres où sont calculés les rabattements et les positions et débits des puits de pompage et d'injection.

Toutes les données sont sauvegardées en format texte dans un fichier projet d'extension [.tigr].



### **3. Ouverture d'un projet existant**

Par le menu « Fichier », il suffit de choisir le fichier projet (d'extension par défaut [.tigr]). Il est alors possible au moyen des 3 dialogues « Géométrie », « Dates », « Puits/Piézo » de modifier les données. Le lancement des calculs se fait en cliquant sur le menu « Calcul / Run ».





## 4. Définition de la Géométrie et des unités

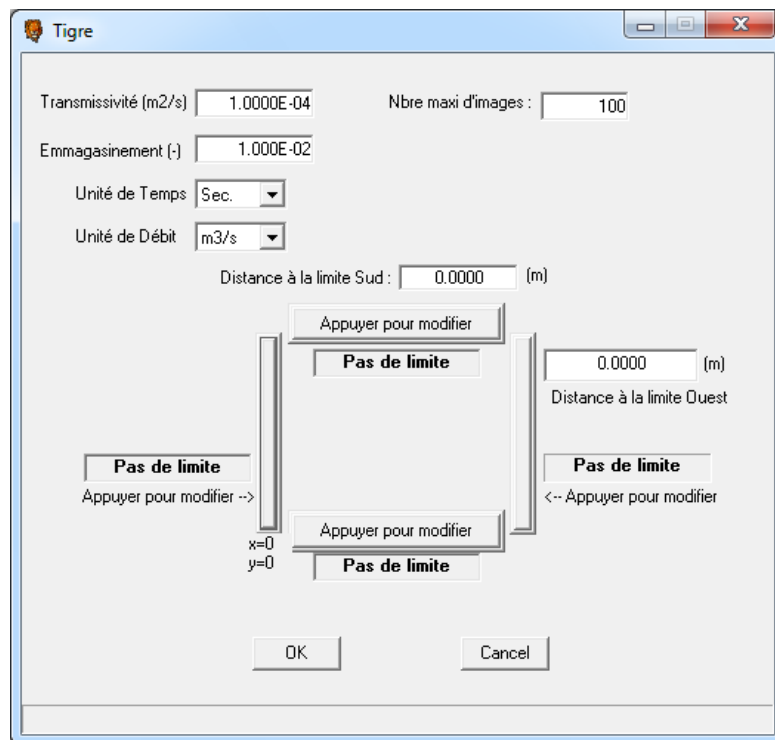


Figure 3 : Définition de la géométrie et des unités

L'origine des coordonnées est située à l'angle inférieur gauche (ou sud-ouest) du rectangle formé par les limites.

- En actionnant le bouton « Géométrie », on peut définir 4 Limites au maximum : en cliquant sur une limite on change sa nature : « Limite étanche », « Charge imposée », « Pas de limite ».
- On fixe la distance de la limite Nord à la limite Sud, et la distance de la limite Est à la limite Ouest.

Le nombre maximal d'images est fixé par défaut à 100 qui est une valeur raisonnable. Si des messages d'erreur en indiquent la nécessité, ce nombre maximal d'images pourra être augmenté.

C'est le nombre maximal d'images pour chaque puits. Il n'y aurait pas de problèmes si on fixait un nombre d'images trop grand. En effet, quand l'influence d'une image devient négligeable, aucune nouvelle image, plus éloignée, n'est rajoutée.

La Figure 4 montre un exemple où on a défini deux limites : une limite à potentiel imposé (charge imposée) à l'Ouest, et une limite étanche au Sud.

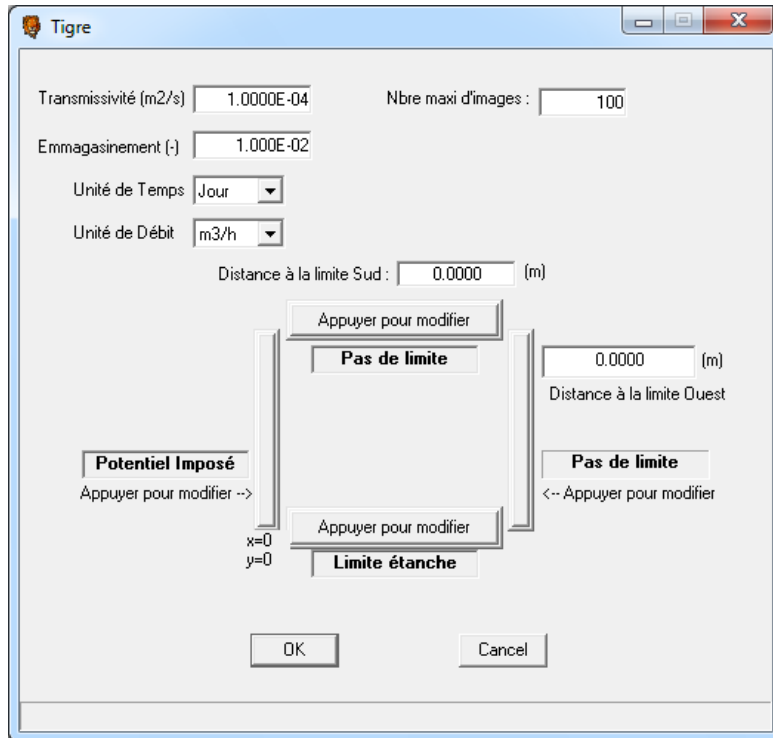
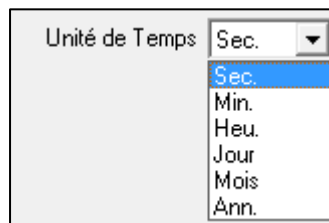
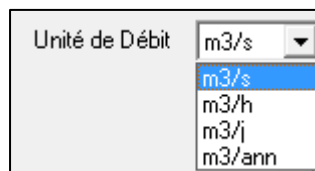


Figure 4 : Exemple avec deux limites.

On peut choisir l'unité de temps :



On peut également choisir l'unité des débits :



## 5. Définition des dates de calcul

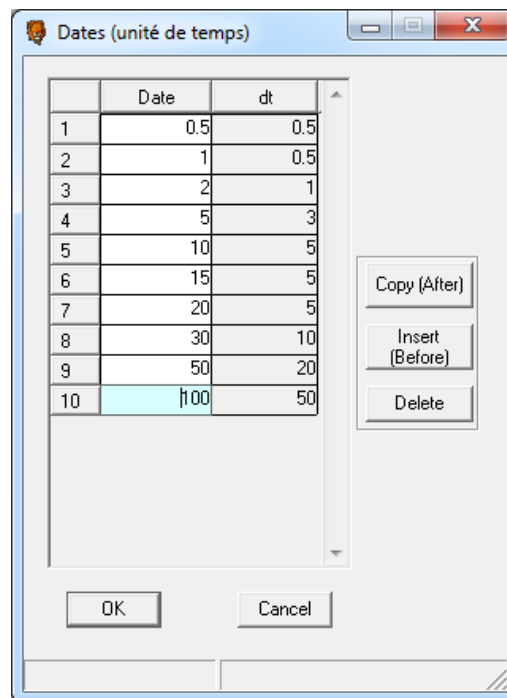


Figure 5 : Tableur pour la définition des dates de calcul.

Un tableur simple (Figure 5), accessible par le bouton « Dates », permet de définir les dates auxquelles seront calculés les rabattements.



## 6. Définition optionnelle d'une grille de calcul

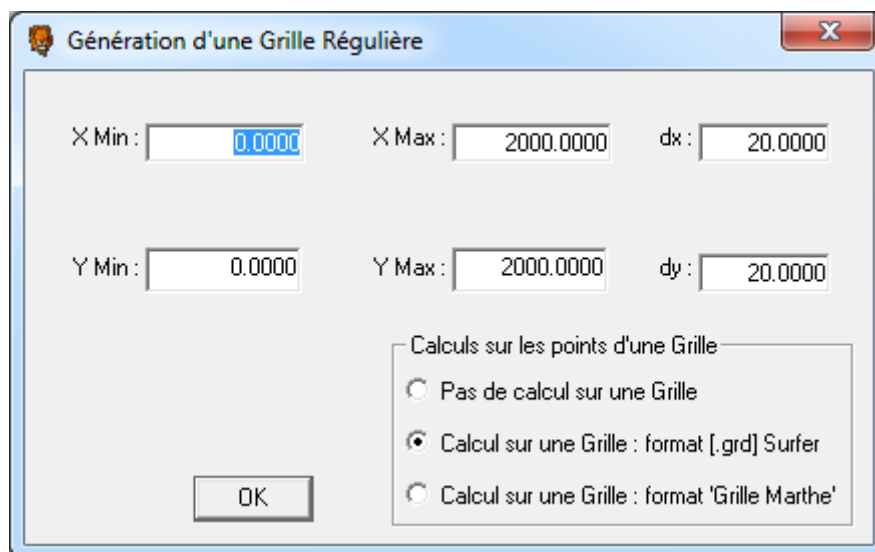


Figure 6 : Définition (optionnelle) d'une grille de calcul.

En plus des coordonnées des piézomètres, il est possible, si on le souhaite, de définir, par le bouton « grille », une grille de calcul (Figure 6). Les rabattements sont calculés aux centres des mailles définies par cette grille.

L'éventuelle grille peut être visualisée avec les outils graphiques de WinMarthe, ou directement avec le logiciel Surfer®.

- Si on choisit une grille « [.grd] de Surfer » : seule la grille correspondant à la dernière date est écrite dans le fichier résultat.
- Si on choisit une grille au format « Grille Marthe », les grilles de toutes les dates sont écrites dans le fichier résultat.



## 7. Définition des coordonnées des puits et des piézomètres

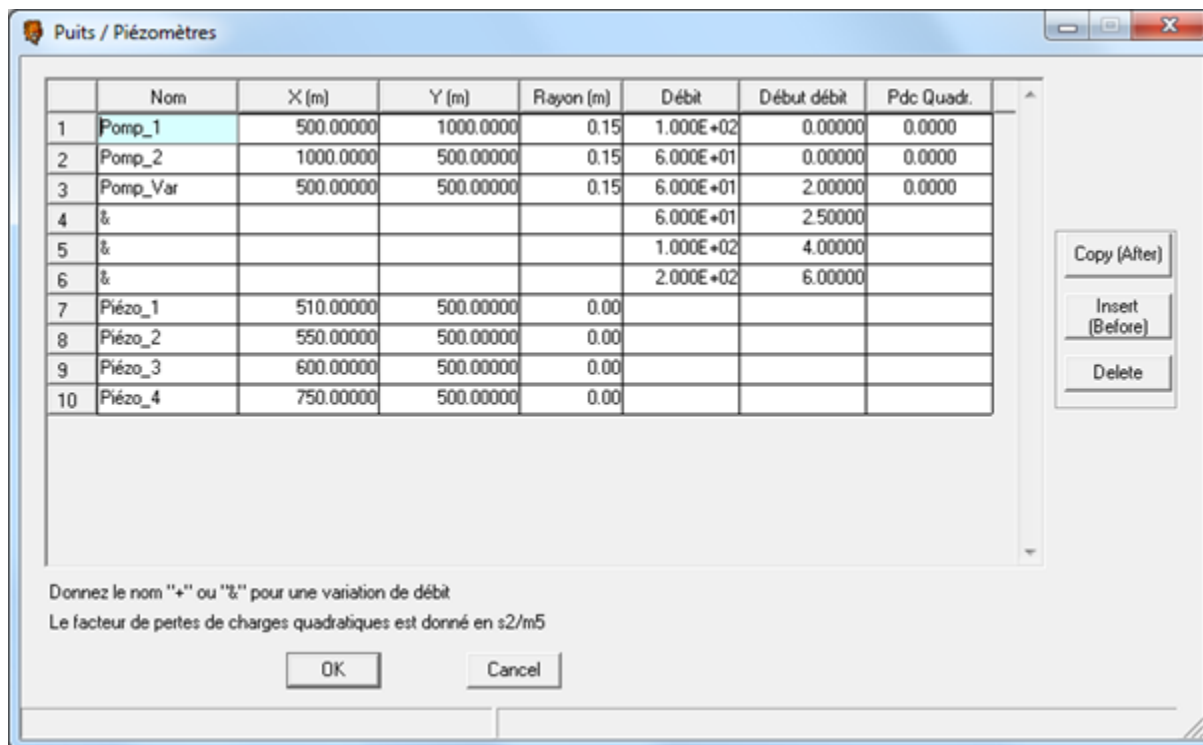


Figure 7 : Définition des coordonnées des puits et piézomètres.

La Figure 7 montre l'écran de définition des coordonnées des puits et piézomètres accessible par le bouton « Puits/piézos ».

- Un piézomètre ou un puits est défini par un nom et par ses coordonnées, en mètres. L'origine des coordonnées est l'angle sud – ouest du rectangle formé par les 4 limites. Les puits ou piézomètres doivent être tous situés à l'intérieur du rectangle formé par les limites existantes : donc pas à l'ouest de la limite ouest si elle existe, pas au sud de la limite sud si elle existe, etc.
- Un puits a un rayon de puits, un piézomètre a un rayon nul.
- Si on donne un rayon de puits non nul, on peut alors définir le débit du puits, exprimé en unité de débits. Un débit positif est injecté, un débit négatif est pompé.
- On peut donner une date de début de pompage, exprimée en unité de temps.
- Si le puits a un débit variable, on définit les variations de débit dans les lignes suivantes. On donne alors comme nom « & » ou « + », ce qui signifie que c'est une suite. On peut alors uniquement définir le nouveau débit et la date à laquelle s'applique ce nouveau débit.

Naturellement, il ne faut pas affecter une variation de débit à un piézomètre.

- Pour les puits, on peut donner, dans la dernière colonne un facteur de perte de charge quadratique. Ce facteur de perte de charge quadratique doit être donné en  $s^2/m^5$ .





## 8. Lancement des calculs

Une fois que la géométrie, les dates de calcul, et la position des puits et piézomètres sont définies, le calcul est lancé par le bouton « Calcul / Run ».

Une vérification des coordonnées est effectuée avant calculs, et des éventuels messages d'erreur sont générés (Figure 8).

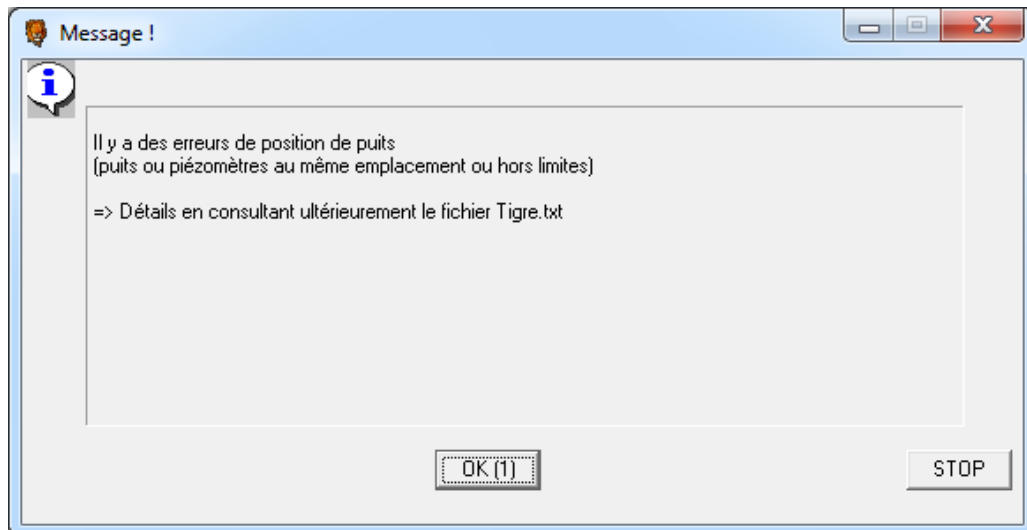


Figure 8 : Détection des éventuelles erreurs de géométrie ou de coordonnées.

Si les données sont correctes, les calculs se réalisent généralement très rapidement, sauf si la durée simulée est très grande ou bien si on choisit une grille faisant intervenir un très grand nombre de points.

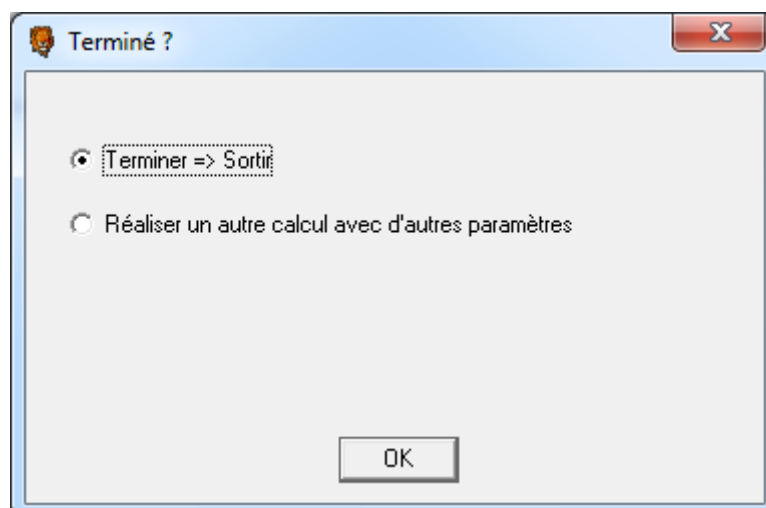


Figure 9 : Enchaînement possible d'un autre calcul.

On peut éventuellement enchaîner plusieurs simulations, avec des paramètres différents (Figure 9).

Si le projet a été modifié ou vient d'être créé, ce qui est indiqué par une « \* » à côté du nom du projet [.tigr] (Figure 10), le logiciel propose de le sauvegarder avant de sortir.

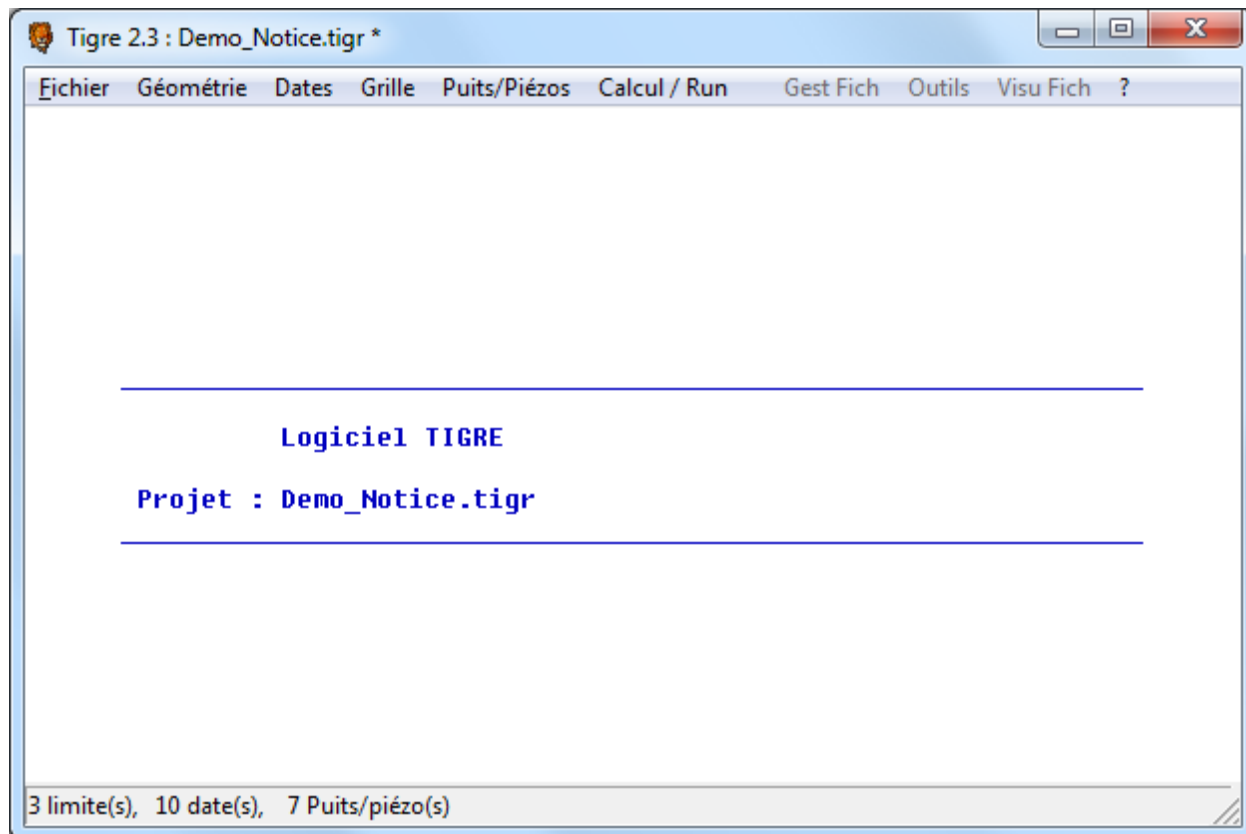


Figure 10 : Projet dont les paramètres ont été modifiés.

À la fin des calculs apparaît un message de fin (Figure 11) qui rappelle le nom des fichiers de résultats créés. Les fichiers de résultats sont accessibles uniquement quand l'exécution du logiciel TIGRE est terminée, c'est-à-dire après avoir fermé ce dernier écran.

Le fichier « tigre\_his.prn », qui est généré automatiquement, est un fichier compatible Excel présentant une colonne par puits ou piézomètre et une ligne par date. Il peut être visualisé par importation dans le logiciel Excel®, ou dans le logiciel Grapher®, ou avec Open Office par exemple. Les valeurs des différents puits ou piézomètres d'une ligne sont séparées par des tabulations.

Le fichier généré s'appelle toujours « tigre\_his.prn ». Si on veut le conserver, il est donc conseillé de le renommer.

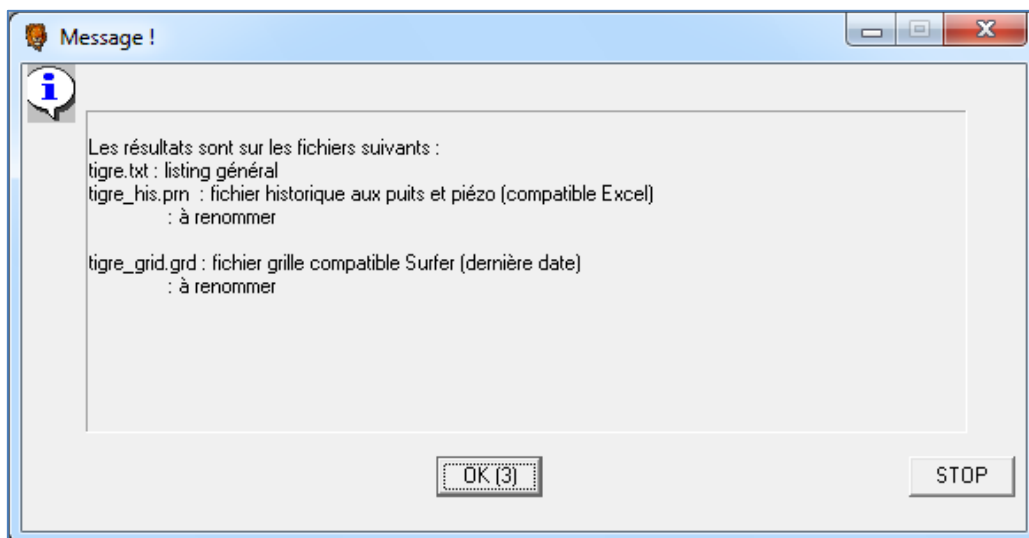


Figure 11 : Message de fin rappelant les noms des fichiers créés.



## 9. Exemple de visualisation des résultats

La Figure 12 qui représente l'évolution au cours du temps des rabattements calculés dans 3 puits et 4 piézomètres peut être obtenue immédiatement par importation du fichier « tigre\_his.prn » dans le logiciel Excel ®, ou Grapher ® ou dans Open Office.

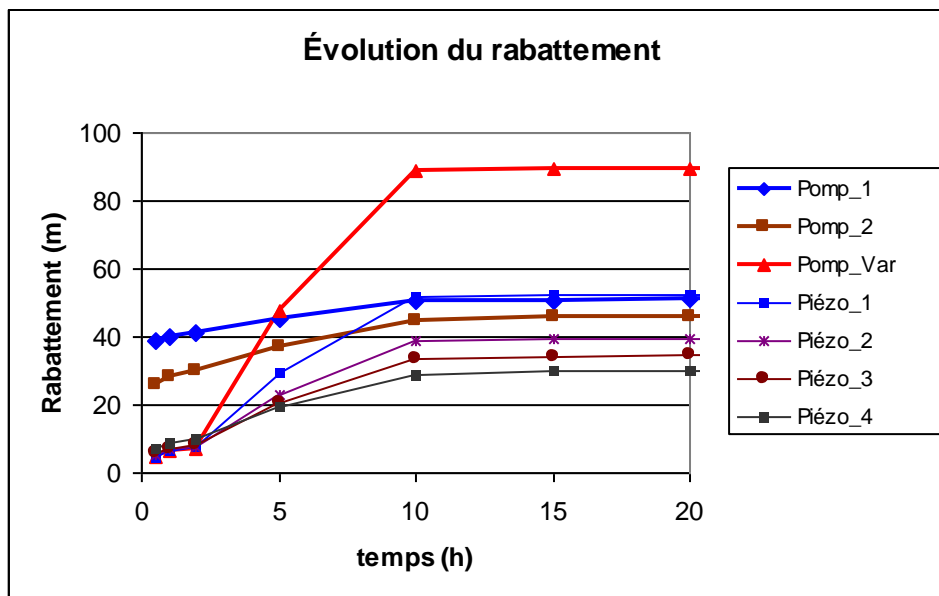


Figure 12 : Visualisation de l'évolution des rabattements calculés dans 3 puits et 4 piézomètres.



## 10. Exemples de validation avec le code MARTHE

Pour tous les exemples on a fixé les caractéristiques suivantes :

- Transmissivité =  $10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s
- Coefficient d'emmagasinement (captif) =  $10^{-4}$  (sans unité)
- Débit = 0.1 m<sup>3</sup>/s
- Quatre limites (configuration la plus complexe).
- Distance entre les limites sud et nord = 2000 m, distance entre les limites est et ouest = 2000 m.

Pour tous ces exemples on a laissé le nombre maximal d'images à la valeur par défaut égale à 100.

La validation a été effectuée en comparant les résultats obtenus avec le logiciel TIGRE à ceux obtenus avec le code de calcul hydrodynamique MARTHE du BRGM avec un maillage fin.

Pour la comparaison des valeurs calculées pour tous les exemples de validation, les couleurs sont les suivantes : MARTHE = couleur bleue ; TIGRE = couleur rouge.





### 10.1 Exemple de validation n°1 : Pompage au centre d'un domaine carré formé par 4 limites à charge imposée

Le domaine est un carré formé par 4 limites à charge imposée ; ces limites correspondent par exemple à un canal qui entoure le domaine.

En résumé, les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- Quatre limites à charge imposée.
- Régime permanent.
- Pompage au centre du domaine :  $x = 1000 \text{ m}$  ;  $y = 1000 \text{ m}$ .

La Figure 13 représente les rabattements calculés, avec des iso-rabattements tous les 2.5 m. Les rabattements des codes de calcul MARTHE (bleu) et TIGRE (rouge), représentés avec le code de calcul WinMarthe, sont confondus.

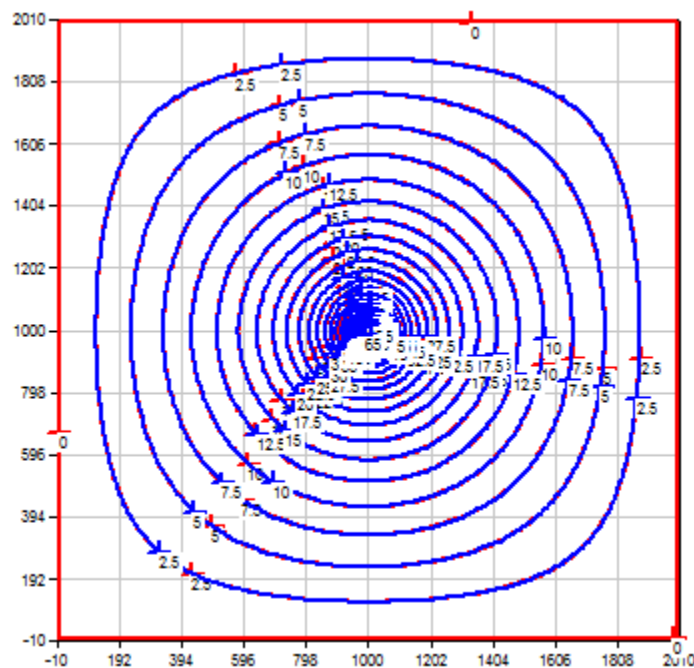


Figure 13 : Pompage au centre d'un domaine carré. Régime permanent.



## 10.2 Exemple de validation n°2 : Pompage au tiers inférieur d'un carré formé par 4 limites à charge imposée

Comme dans l'exemple n°1, le domaine est un carré formé par 4 limites à charge imposée. Le pompage est situé au 1/3 inférieur du domaine.

En résumé, les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- Quatre limites à charge imposée.
- Régime transitoire : rabattements après 50 jours.
- Pompage situé au 1/3 inférieur du domaine :  $x = 666 \text{ m}$  ;  $y = 666 \text{ m}$ .

La Figure 14 compare les rabattements obtenus avec les codes de calcul MARTHE (bleu) et TIGRE (rouge). Les rabattements calculés avec les deux codes de calcul sont (quasiment) confondus.

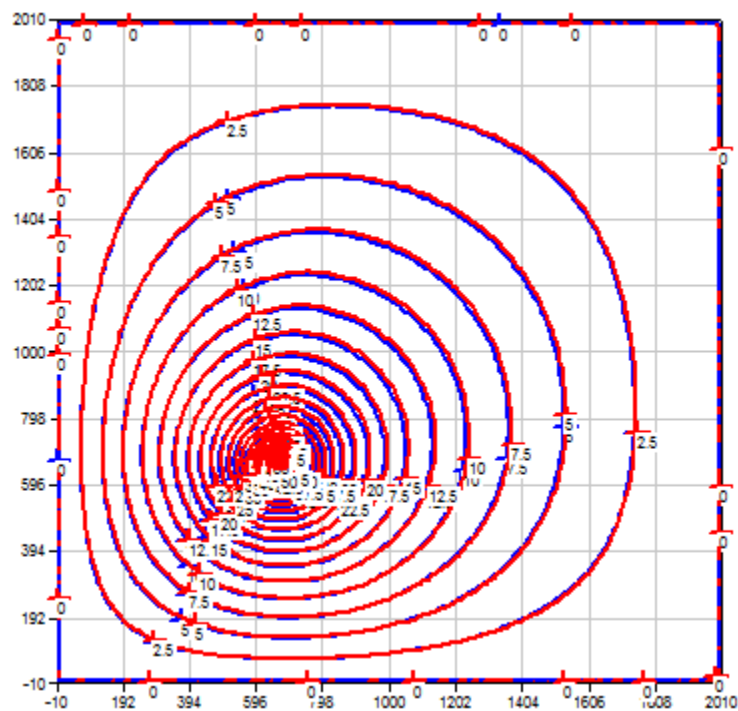


Figure 14 : Pompage au 1/3 inférieur d'un domaine carré. Rabattement après 50 jours.



### 10.3 Exemple de validation n°3 : Pompage au tiers inférieur d'un carré dont 3 cotés sont à charge imposée

Le domaine est un carré. Seule la limite située à l'Est est étanche, les 3 autres limites sont à charge imposée. Le pompage est situé au 1/3 inférieur du domaine.

En résumé, les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- La limite située à l'Est est étanche ; les trois autres limites sont à charge imposée.
- Régime transitoire : rabattements après 50 jours.
- Pompage situé au 1/3 inférieur du domaine :  $x = 666$  m ;  $y = 666$  m.

La Figure 15 compare les rabattements obtenus avec les codes de calcul MARTHE (bleu) et TIGRE (rouge). Les rabattements calculés avec les deux codes de calcul sont (quasiment) confondus.

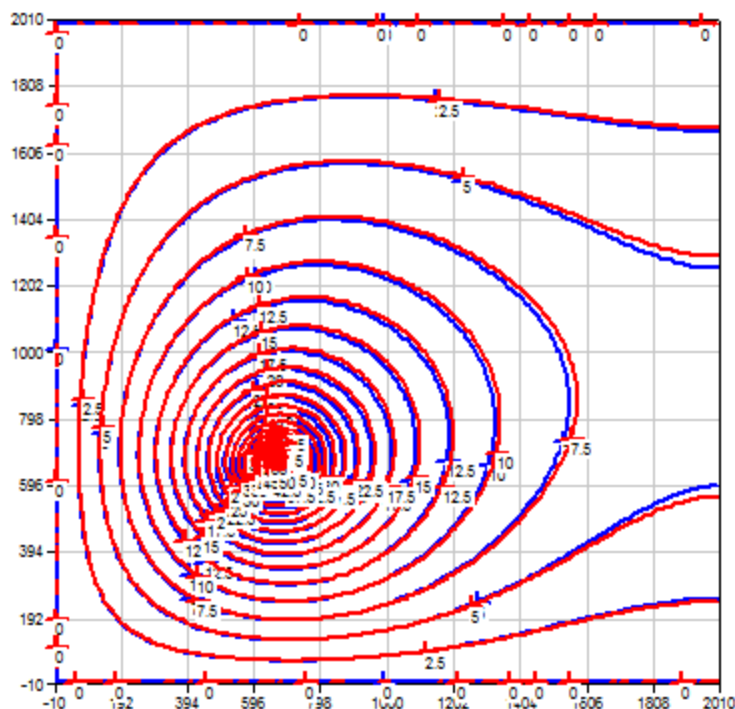


Figure 15 : Pompage au 1/3 inférieur d'un domaine carré dont 3 côtés sont à charge imposée.  
Rabattement après 50 jours.



#### 10.4 Exemple de validation n°4 : pompage au tiers inférieur d'un carré dont les cotés parallèles sont des limites de même nature

Le domaine est un carré. Les limites situées à l'Ouest et à l'Est sont étanches. Les limites situées au Nord et au Sud sont à charge imposée. Le pompage est situé au 1/3 inférieur du domaine.

En résumé, les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- Les limites ouest et est sont étanches ; les limites sud et nord sont à charge imposée.
- Régime transitoire : rabattements après 50 jours.
- Pompage situé au 1/3 inférieur du domaine :  $x = 666 \text{ m}$  ;  $y = 666 \text{ m}$ .

La Figure 16 compare les rabattements obtenus avec les codes de calcul MARTHE (bleu) et TIGRE (rouge). Les rabattements calculés avec les deux codes de calcul sont très proches. Le faible écart sur la position des isovaleurs correspond à un écart sur les charges calculées extrêmement faible.

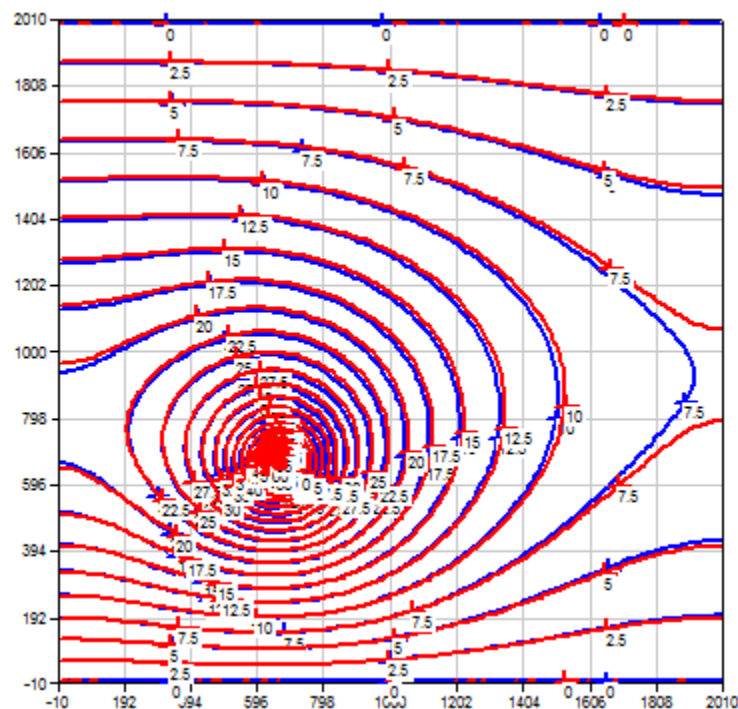


Figure 16 : Pompage au 1/3 inférieur d'un domaine carré dont les côtés parallèles sont des limites de même nature. Rabattement après 50 jours.





### 10.5 Exemple de validation n°5 : pompage au tiers inférieur d'un carré dont les 4 limites sont étanches

Le domaine est un carré dont les quatre limites sont étanches. Il n'y a donc aucune réalimentation et pas de régime permanent.

En résumé, les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- Les quatre limites sont étanches. Il n'y a donc aucune réalimentation.
- Régime transitoire : rabattements après 2 jours.
- Pompage situé au 1/3 inférieur du domaine :  $x = 666 \text{ m}$  ;  $y = 666 \text{ m}$ .

La Figure 17 compare les rabattements obtenus avec les codes de calcul MARTHE (bleu) et TIGRE (rouge). Les rabattements calculés avec les deux codes de calcul sont confondus.

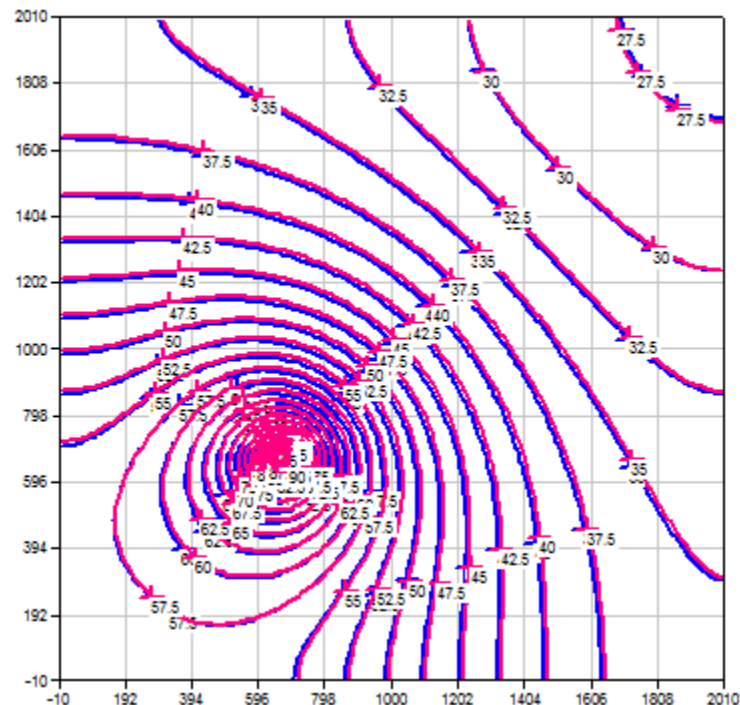


Figure 17 : Pompage au 1/3 inférieur d'un domaine carré dont les 4 limites sont étanches. Rabattement après 2 jours.



### 10.6 Exemple de validation n°6 : pompage au tiers inférieur d'un carré dont les cotés parallèles sont des limites de nature opposée

Le domaine est un carré. Les limites situées à l'Ouest au Sud sont à charge imposée. Les limites situées à l'Est et au Nord sont étanches. Le débit de pompage est situé au 1/3 inférieur du domaine.

En résumé, les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- Les limites ouest et sud sont à charge imposée ; les limites nord et est sont étanches.
- Régime permanent.
- Débit situé au 1/3 inférieur du domaine :  $x = 666 \text{ m}$  ;  $y = 666 \text{ m}$ .

La Figure 18 compare les rabattements obtenus avec les codes de calcul MARTHE (bleu) et TIGRE (rouge). Les rabattements calculés avec les deux codes de calcul sont très proches. Le faible écart sur la position des isovalues, dans la zone où le gradient de charge est très faible, correspond à un écart quasi nul sur les charges calculées.

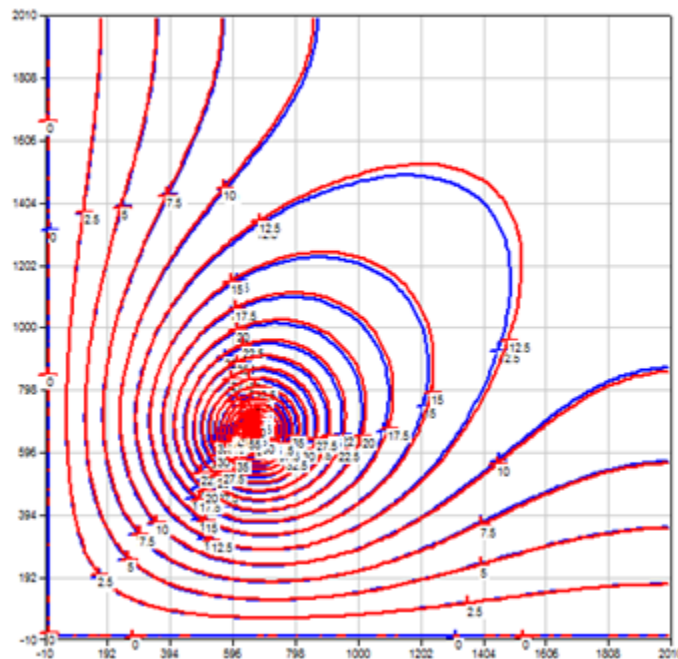


Figure 18 : Pompage au 1/3 inférieur d'un domaine carré dont les côtés parallèles sont des limites de nature opposée. Régime permanent.



## 11. Conclusion

Le code de calcul TIGRE v2.3, très simple de mise en œuvre, permet de calculer l'évolution au cours du temps des rabattements, ou des remontées de niveau piézométrique, résultant d'un ensemble de puits de pompage et/ou d'injection situés dans une nappe souterraine homogène.

La nappe peut être un d'extension infinie ou limitée par 1 à 4 limite(s).

Chacune de ces limites peut être au choix :

- Une limite étanche : failles ou affleurements
- Une limite de réalimentation, c'est-à-dire une limite à charge imposée : rivière, canal, plan d'eau, mer.

La nappe doit pouvoir être considérée comme homogène. Elle est caractérisée par :

- Une transmissivité uniforme, elle doit donc être captive ou présenter de faibles variations de niveau par rapport à son épaisseur.
- Un coefficient d'emménagement (libre ou captif) uniforme.
- Quand une limite est à charge imposée, cette charge est égale à zéro. C'est donc l'origine des charges.
- Quand plusieurs limites sont à charge imposée, elles ont donc la même charge : la charge zéro.

Le code de calcul TIGRE prend en compte les pertes de charge quadratiques.

La nappe doit être initialement en régime stabilisé, mais il n'est pas nécessaire qu'elle soit au repos, ou avec une charge uniforme. En effet, le principe de superposition montre que le code de calcul TIGRE peut calculer l'influence de nouveaux pompages (ou injections) implémentés dans la nappe. Le code de calcul TIGRE fournit donc la variation de charge en tout point, positive ou négative, à ajouter à l'état initial stabilisé.



## 12. Références

Sauty, J.P. 1975 - Informatique hydrogéologique. Calcul d'interférence entre puits. Programme IMAGE. Rapport BRGM/75-SGN-407-AME. 30 p.

Thiéry, D. 1977 - Irrigation des bananeraies de Casamance (Sénégal). Simulation de l'exploitation de la nappe de Goudomp d'après l'essai de pompage de 1977. Rapport BRGM/77-AGE-028. 37 p.



**Centre scientifique et technique**  
**Direction Eau, Environnement et Écotechnologies**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34  
[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)