



ÉTUDE DE LA NAPPE D'ACCOMPAGNEMENT DE LA DRANSE DE MORZINE.

RAPPORT PROVISOIRE.

1. Objet de l'étude.....	4
2. Principaux résultats issus de la synthèse hydrogéologique et définition de l'emprise du modèle	5
2.1. Topographie et Hydrologie	5
2.2. Géologie et géométrie de l'aquifère étudié	7
2.2.1. Généralités.....	7
2.2.2. Données de forage.....	7
2.2.3. Données géophysiques	8
2.3. Extension du modèle.....	9
2.3.1. Extension verticale du modèle	9
2.3.2. Extension horizontale du modèle.....	10
3. Définition du modèle conceptuel.....	11
3.1. Carte piezométrique	11
3.2. Evolution des niveaux d'eau	13
3.2.1. En rivière	13
3.2.2. En nappe.....	14
3.2.3. Analyse comparative des chroniques	15
3.3. Choix du logiciel de modélisation.....	16
3.4. Choix des Périodes de simulation	17
4. Construction et calage du modèle numérique	18
4.1. Maillage	18
4.1.1. Démarche adoptée.....	18
4.1.2. Discrétisation spatiale de l'extension des formations	18
4.2. Conditions aux limites	19
4.2.1. Limites latérales	19
4.2.2. Recharge.....	19
4.2.3. Echanges nappe-rivière	20
4.3. Calage du modèle	21
4.3.1. Régime permanent.....	21
4.3.2. Régime transitoire	22
4.4. Paramètres hydrodynamiques obtenus après calage.....	22
4.4.1. Transmissivité et perméabilité	22
4.4.2. Coefficient d'emmagasinement.....	23
5. Exploitation du modèle hydrogéologique.....	24
5.1. Préambule	24
5.2. Année hydrologique de référence	24
5.3. Secteurs d'exploitation envisageables	24
5.4. Schémas d'exploitation envisageables	25
5.4.1. Exploitation en continu envisageable	25
5.4.2. Exploitation sur 3 mois consécutif sur la terrasse du déjeuner	26
5.4.3. Exploitation sur 3 mois consécutif avec le secteur des plagnettes.....	27
5.4.4. Exploitation sur 1 mois lors de l'étiage hivernal.....	28

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation de la zone d'étude, avec en bleu, l'aquifère étudié.....	5
Figure 2. Chroniques des débits de la Dranse à Seytroux.....	6
Figure 3. Carte de localisation des piézomètres implantés.....	7
Figure 4. Carte de localisation des panneaux électriques et des piézomètres dans la nappe de Morzine	8
Figure 5. Carte d'iso-altitude du substratum hydrogéologique.....	9
Figure 6. Piézométrie de la nappe de Morzine, en basses eaux (Novembre 2007).....	12
Figure 7. Evolution comparée des niveaux d'eau dans les rivières	13
Figure 8. Evolution comparée des niveaux d'eau dans les piézomètres	15
Figure 9. Comparaison des niveaux d'eau dans les rivières et dans la nappe	16
Figure 10. Maillage du modèle de la nappe de Morzine	18
Figure 11. Exemple de coupe transversale du domaine modélisé	19
Figure 13. Qualité du calage en régime permanent.....	21
Figure 14. Carte piézométrique simulée superposée avec la carte piézométrique observée, 15 novembre 2007	21
Figure 15. Comparaison des chroniques piézométriques mesurées et calculées au niveau du Pz3.....	22
Figure 16. Champ de perméabilités issu du calage du modèle	23
Figure 17. Isochrones de transfert 50 jours (rouge) et 10 jours (en vert) pour un pompage de 2* 45 m ³ /h ...	25
Figure 18. Résultats de la simulation à 150 m ³ /h sur le secteur du Déjeuner, avec isochrones de transfert 50 jours (rouge) et 10 jours (en vert).....	26
Figure 19. Résultats de la simulation à 3*45 m ³ /h sur le secteur du Déjeuner et 2*20 m ³ /h sur le secteur des Plagnettes, avec isochrones de transfert 50 jours (rouge) et 10 jours (en vert)	27
Figure 20. Rabattement provoqué par une exploitation de 200 m ³ /h pendant 1 mois.....	28

1. OBJET DE L'ETUDE

Sur le secteur de la terrasse du Déjeuner (Essert-Romand), différentes reconnaissances hydrogéologiques (forage, essais de pompage) ont été réalisées depuis 1997. Elles ont permis de mettre en évidence un potentiel significatif pour l'exploitation des eaux souterraines.

Les collectivités membres du Syndicat Intercommunal de la vallée d'Aulps ont pris conscience de l'intérêt de cette ressource à court, moyen et long termes. Afin de pouvoir assurer sa protection, de connaître le potentiel utilisable, d'identifier le positionnement optimal de futurs points de production éventuels, elles souhaitent réaliser une étude globale de la ressource.

Dans l'objectif de mieux connaître les caractéristiques hydrogéologiques du secteur, le SIVOM de la Vallée d'Aulps, a lancé une étude comprenant l'acquisition de nouvelles données sur la ressource destinée notamment à :

- Préciser des schémas d'exploitation envisageables (débit),
- Caractériser la qualité de l'eau des ressources en eau du secteur,
- Evaluer la vulnérabilité de la ressource et donc ses possibilités de la protéger dans le cadre de la mise en place de périmètres de protection.

L'ensemble des données hydrogéologiques concernant la zone d'étude a été synthétisé à l'aide d'un modèle mathématique des écoulements souterrains. Une fois validé et calé, cet outil numérique a permis de simuler l'incidence des différents schémas d'exploitation ainsi que les vitesses de transit vers les points de pompage (et donc la vulnérabilité).

Le présent rapport décrit la réalisation du modèle mathématique, de la construction à l'exploitation en tant qu'outil de prédiction.

2. PRINCIPAUX RESULTATS ISSUS DE LA SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE ET DEFINITION DE L'EMPRISE DU MODELE

2.1. TOPOGRAPHIE ET HYDROLOGIE

La Dranse draine la majeure partie du massif montagneux du Chablais, avant de rejoindre le lac Léman au niveau de Thonon.

Dans la partie amont de son cours, la Dranse prend le nom de « Dranse de Morzine ». La partie haute du bassin versant de la Dranse de Morzine atteint environ 2500 mètres d'altitude, au niveau de la Pointe de Hauts-forts.

La présente étude concerne les ressources en eau souterraine d'un aquifère situé à environ 900 mètres d'altitude. La carte ci-après présente les grandes lignes du relief local.

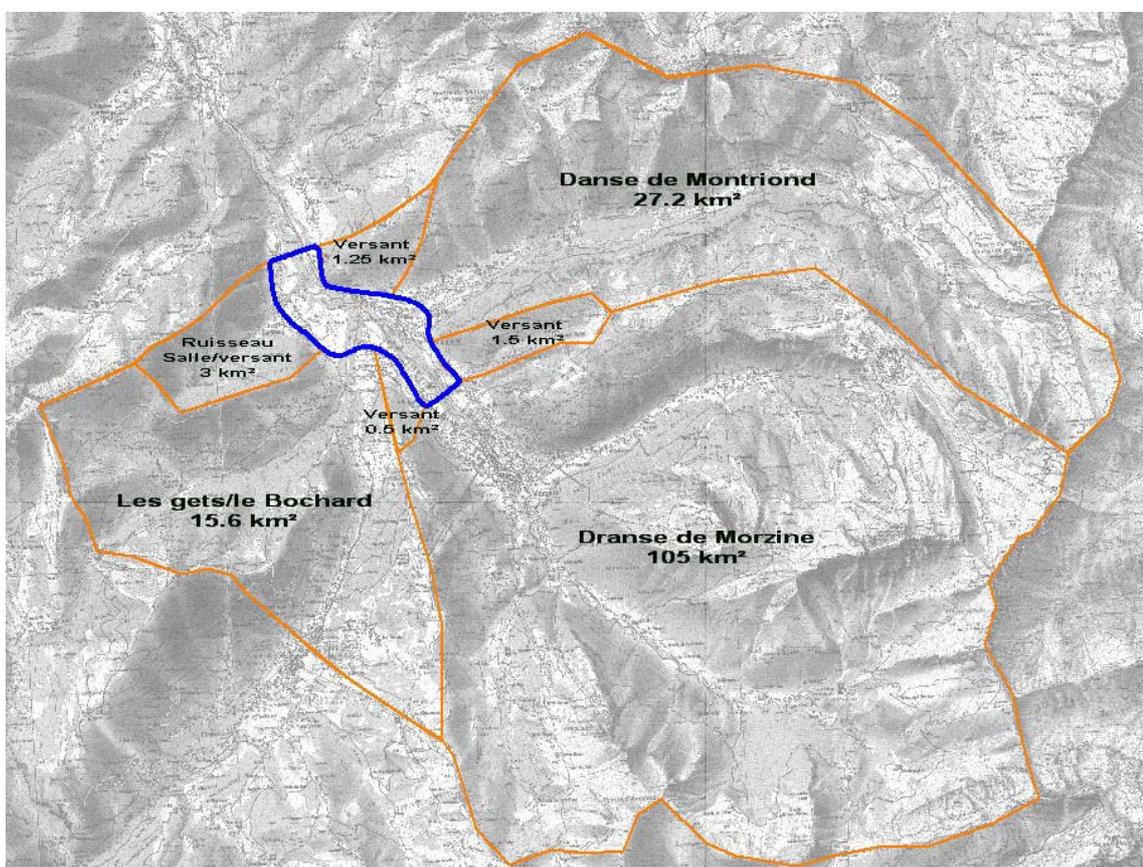


Figure 1. Localisation de la zone d'étude, avec en bleu, l'aquifère étudié

La Dranse de Morzine est la branche la plus longue et la plus élevée en altitude. Si l'on considère comme exutoire la section de la Dranse situé à l'amont de notre zone d'étude, au le bassin versant drainé par la Dranse de Morzine a une superficie de 105 km².

La Dranse est un cours d'eau torrentiel situé sur la bordure nord du massif préalpin du Chablais et composé de trois branches supérieures. La Dranse a un **régime hydraulique de type nival**, avec une composante pluviale, comme le montre la figure ci-après.

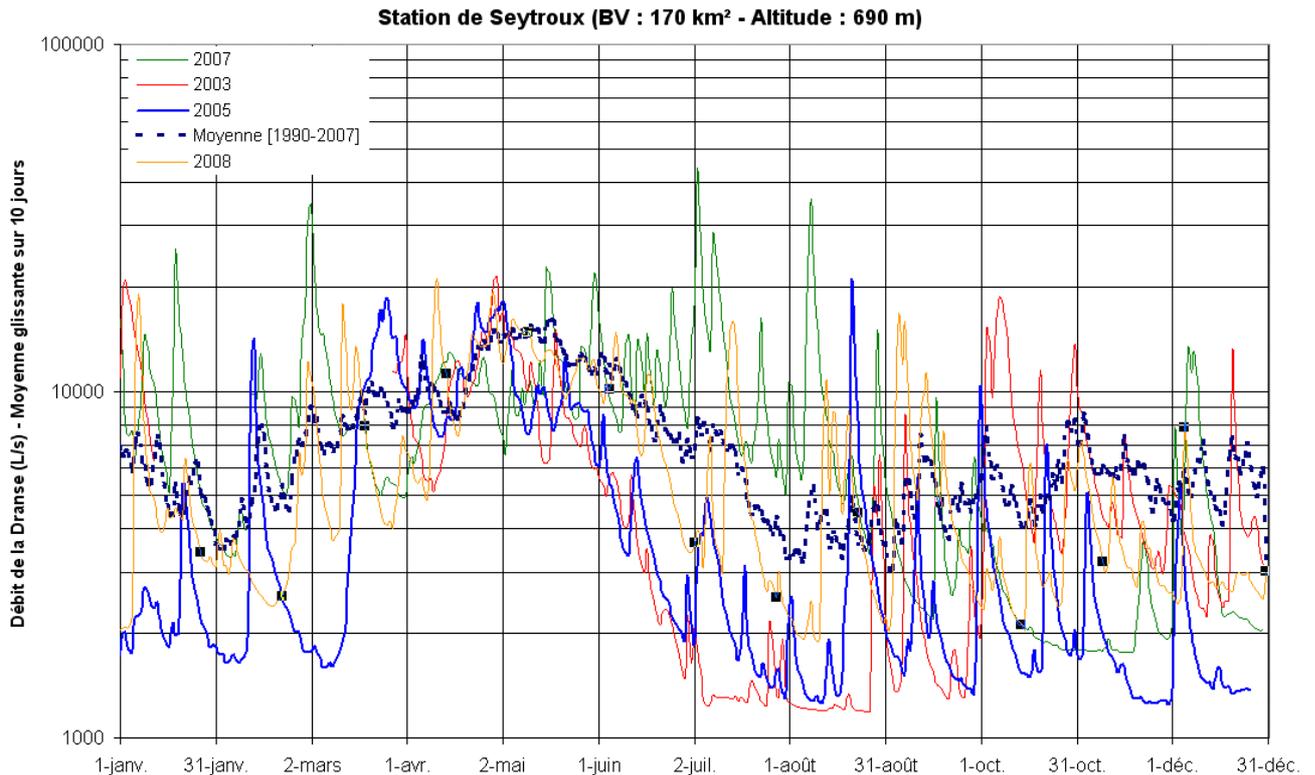


Figure 2. Chroniques des débits de la Dranse à Seytroux

En effet, elle présente des fluctuations saisonnières de débit bien marquées et des hautes eaux qui se rencontrent au printemps et sont dues essentiellement à la fonte des neiges.

Dans la zone étudiée, et comme dans la plupart des parties amont de bassin versant, les cours d'eau ont globalement un rôle de drainage vis-à-vis des hydrosystèmes souterrains.

Les niveaux d'eau relevés le long de la Dranse de Morzine peuvent être comparés aux niveaux de la nappe observés dans les piézomètres implantés à proximité du cours d'eau. Les niveaux d'eau relevés dans les piézomètres sont plus élevés que ceux du cours d'eau.

Ce bref examen des différences de charge entre la nappe et la rivière ainsi que les résultats issus des jaugeages différentiels permettent d'illustrer le **rôle drainant de la Dranse de Morzine**, notamment entre le pont des Plagnettes et la partie aval de la zone d'étude.

2.2. GEOLOGIE ET GEOMETRIE DE L'AQUIFERE ETUDIE

2.2.1. GENERALITES

L'aquifère mis en évidence au forage du Déjeuner est localisé dans les alluvions fluvio-lacustres tardi-glaciaires correspondant au système de terrasses emboîtées noyant le pied des versants morainiques au sud de Morzine, dans le secteur d'Essert la Pierre, Essert Romand et Montriond. La Dranse de Morzine, la Dranse de Montriond et le ruisseau du Bochart, ont largement érodé ces terrasses et ont, le long de ces dépressions, déposé des alluvions plus récentes gravelo-sableuses.

Une relation hydraulique existe entre ces deux ensembles aquifères. Ainsi, l'aquifère observé à Essert Romand et contenu dans les alluvions tardi-glaciaires, apparaît en équilibre avec la Dranse de Morzine.

Les alluvions tardi-glaciaires affleurent sur une surface proche de 410 ha et représentent, selon le contexte hydrogéologique relevé au forage du Déjeuner, un aquifère potentiellement intéressant pour l'alimentation en eau potable.

La morphologie de la zone étudiée est celle d'une vallée alpine, avec des versants à forte pente. Des cônes de déjection ont été déposés au débouché de la vallée par les cours d'eau rejoignant la Dranse. Les sédiments déposés dans la vallée présentent un relief assez marqué puisqu'ils ont été érodés par la Dranse. Ainsi, le secteur du Déjeuner se trouve sur un plateau surélevé d'environ 40m par rapport au cours d'eau.

2.2.2. DONNEES DE FORAGE

Afin de connaître la profondeur du substratum et de définir au mieux les horizons qui composent les alluvions de la nappe d'accompagnement de la Dranse, SOGREAH et la RDA ont réalisé le suivi de forage de 12 piézomètres entre Essert et Montriond. Nous disposons donc de 12 coupes géologiques de forage réparties le long de la Dranse.



Figure 3. Carte de localisation des piézomètres implantés

Nous disposons également de la coupe géologique du forage du Déjeuner et du piézomètre situé à proximité de la station d'épuration. Tous ces forages ont été géo-référencés et nivelés.

Ces forages recoupent des niveaux alluvionnaires sablo-graveleux plus ou moins argileux. Les forages atteignent généralement le substratum hydrogéologique, constitué par la moraine argileuse à une profondeur comprise entre 20 m (à proximité de la Dranse) et 60 m (sur le plateau du Déjeuner).

2.2.3. DONNEES GEOPHYSIQUES

Dans l'objectif de décrire la géométrie de la nappe d'accompagnement de la Dranse dans le secteur des Plagnettes, une campagne de prospection géophysique a été réalisée sur les communes d'Essert-Romand, Montriond et Morzine. 10 panneaux électriques d'une longueur cumulée de 7 400 mètres environ ont permis d'obtenir une imagerie des résistivités du sous sol. Ces résistivités donnent des indications sur les matériaux rencontrés dans le sol et leur saturation en eau.

Comme le montre la carte ci-dessous, les panneaux géophysiques sont disposés de façon à recouper l'ensemble de la nappe dans la zone d'étude, et à définir au mieux les matériaux rencontrés jusqu'à environ 60m de profondeur.

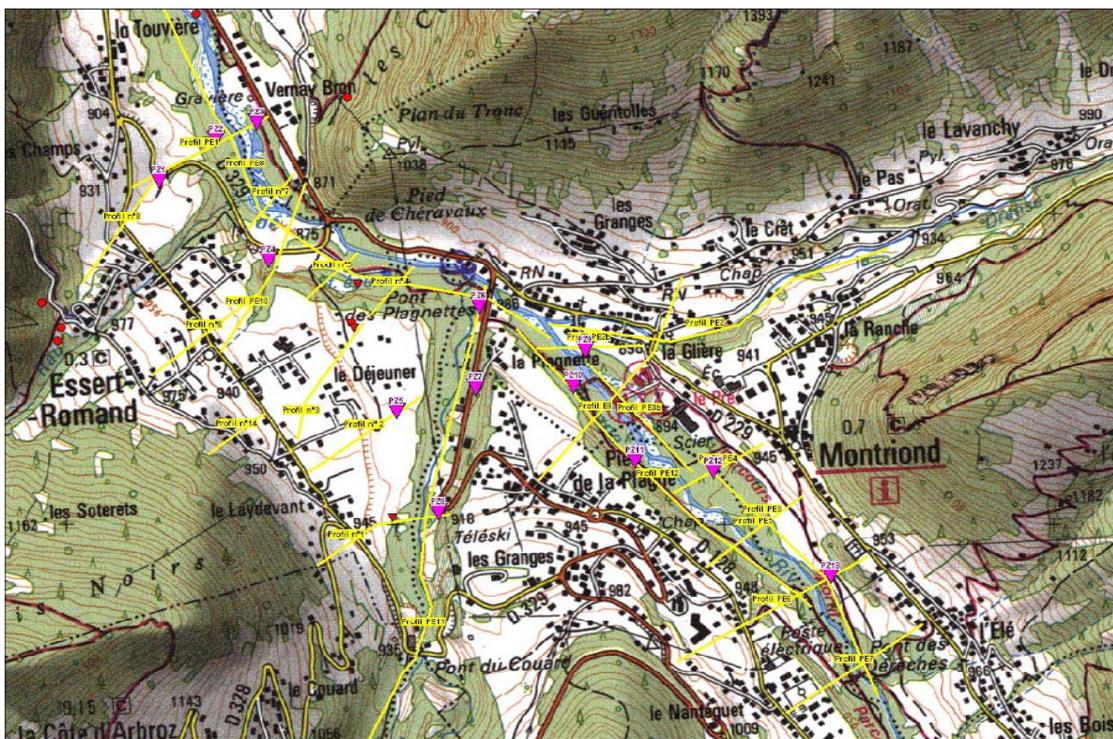


Figure 4. Carte de localisation des panneaux électriques et des piézomètres dans la nappe de Morzine

Les forages réalisés entrecoupant certains profils de résistivité, nous avons pu superposer les informations géophysiques et les coupes géologiques de forage. Les informations acquises par compilation des données ont permis de définir les différents horizons rencontrés et d'identifier le substratum.

2.3.2. EXTENSION HORIZONTALE DU MODELE

L'extension latérale de l'aquifère est limitée. Nous avons choisi de limiter le modèle aux zones de remplissage alluvial d'épaisseur conséquente.

L'emprise du modèle est définie par les limites suivantes :

- En amont des écoulements : la section transverse passant par le pont des Dérèches
- En aval des écoulements : la section transverse passant par le lieu dit la Touvière
- La rupture de pente (qui coïncide avec la limite géologique) au niveau des versants
- Les cônes de déjection au débouché de la vallée au niveau du ruisseau des Gets et de la Salle
- La section transverse passant par le lieu dit La Ranche au débouché de la vallée de la Dranse de Montriond

A travers ces limites des flux d'eau peuvent transiter. C'est pour cela qu'il est nécessaire de définir des conditions hydrauliques pour ces limites.

3. DEFINITION DU MODELE CONCEPTUEL

3.1. CARTE PIEZOMETRIQUE

L'ensemble des points d'accès à la nappe ainsi que différents points caractéristiques de la Dranse ont été nivelés. Grâce à une campagne synchrone (novembre 2007) de mesures de niveaux d'eau, il a ensuite été possible de dresser une carte piézométrique de la nappe de Morzine mettant en évidence les points suivants :

- L'ensemble des écoulements souterrains converge vers la Dranse de Morzine, confirmant le rôle de drain de la Dranse vis-à-vis de l'ensemble des hydrosystèmes du secteur,
- Les gradients piézométriques sont très variables suivant les zones (1 à 10 %), indiquant que les apports latéraux et/ou les caractéristiques hydrodynamiques du remplissage peuvent varier latéralement de façon significative.
- Au niveau du secteur du Déjeuner, la direction d'écoulement en nappe est orientée Sud-Nord.

3.2. EVOLUTION DES NIVEAUX D'EAU

3.2.1. EN RIVIERE

L'examen de la figure ci-après présentant les chroniques des niveaux d'eau mesurés sur le réseau d'eaux superficielles permet de distinguer :

- Les Dranse (de Morzine et Montriond) possèdent des régimes hydrologiques à dominante nivale ; les hautes eaux se rencontrent en été,
- Les ruisseaux latéraux (comme celui des Gets) possèdent un régime hydrologique de type pluvial avec des hautes eaux très corrélées avec les fortes précipitations sous forme de pluie.

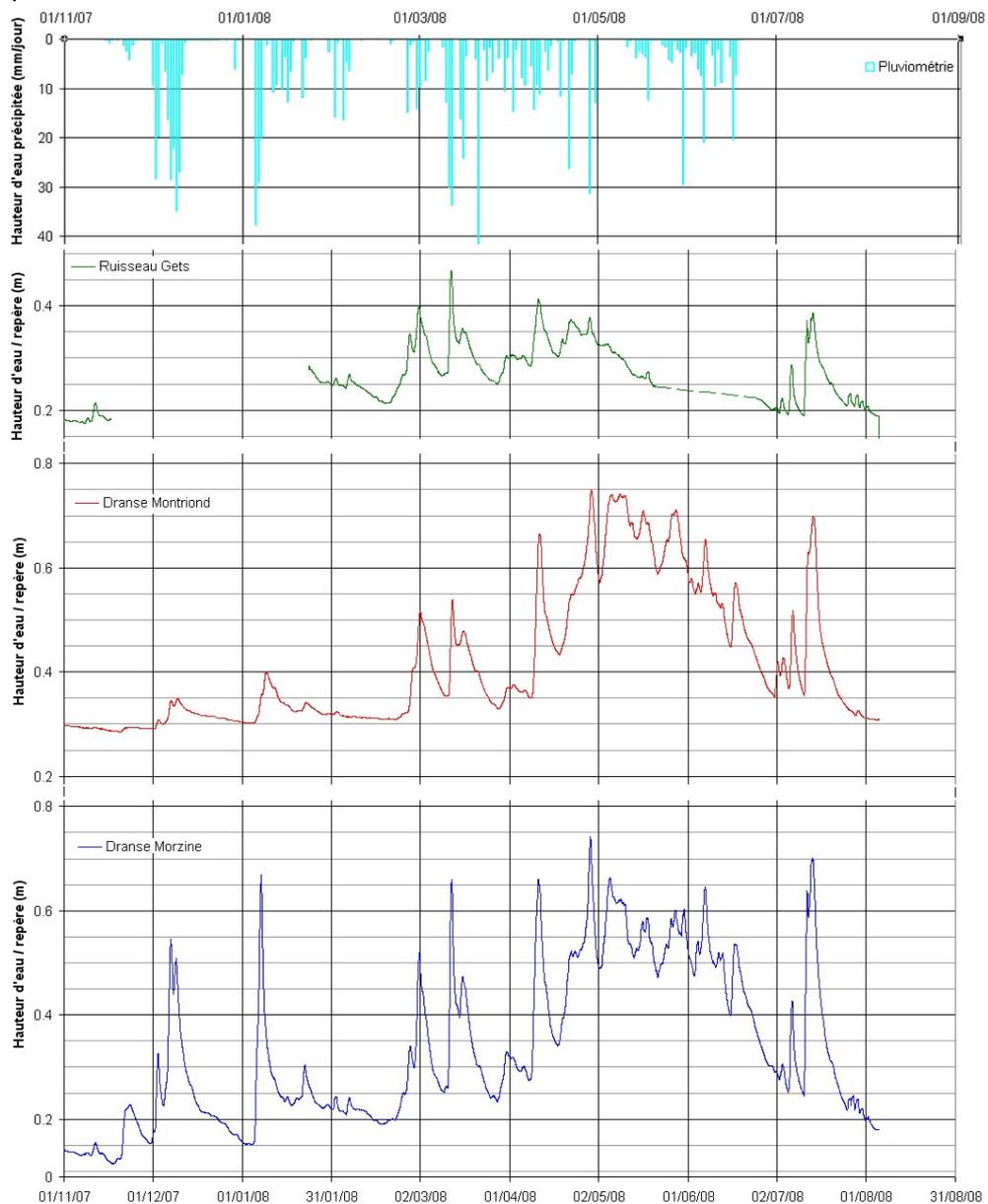


Figure 7. Evolution comparée des niveaux d'eau dans les rivières

3.2.2. EN NAPPE

L'examen des chroniques piézométriques des 14 piézomètres suivis en continu met en évidence les caractéristiques suivantes :

- Sur le cycle [2007-2008], on observe une période de basses eaux autour du 15 novembre et une période de hautes eaux dont le maximum se situe autour du 15 avril,
- Il existe une variabilité forte dans la réaction des différents ouvrages. Le battement annuel de la nappe atteint 4 m sur la terrasse du Déjeuner (Pz5 et PzDéjeuner) alors qu'il est tout au plus de quelques décimètres à proximité de la Dranse.

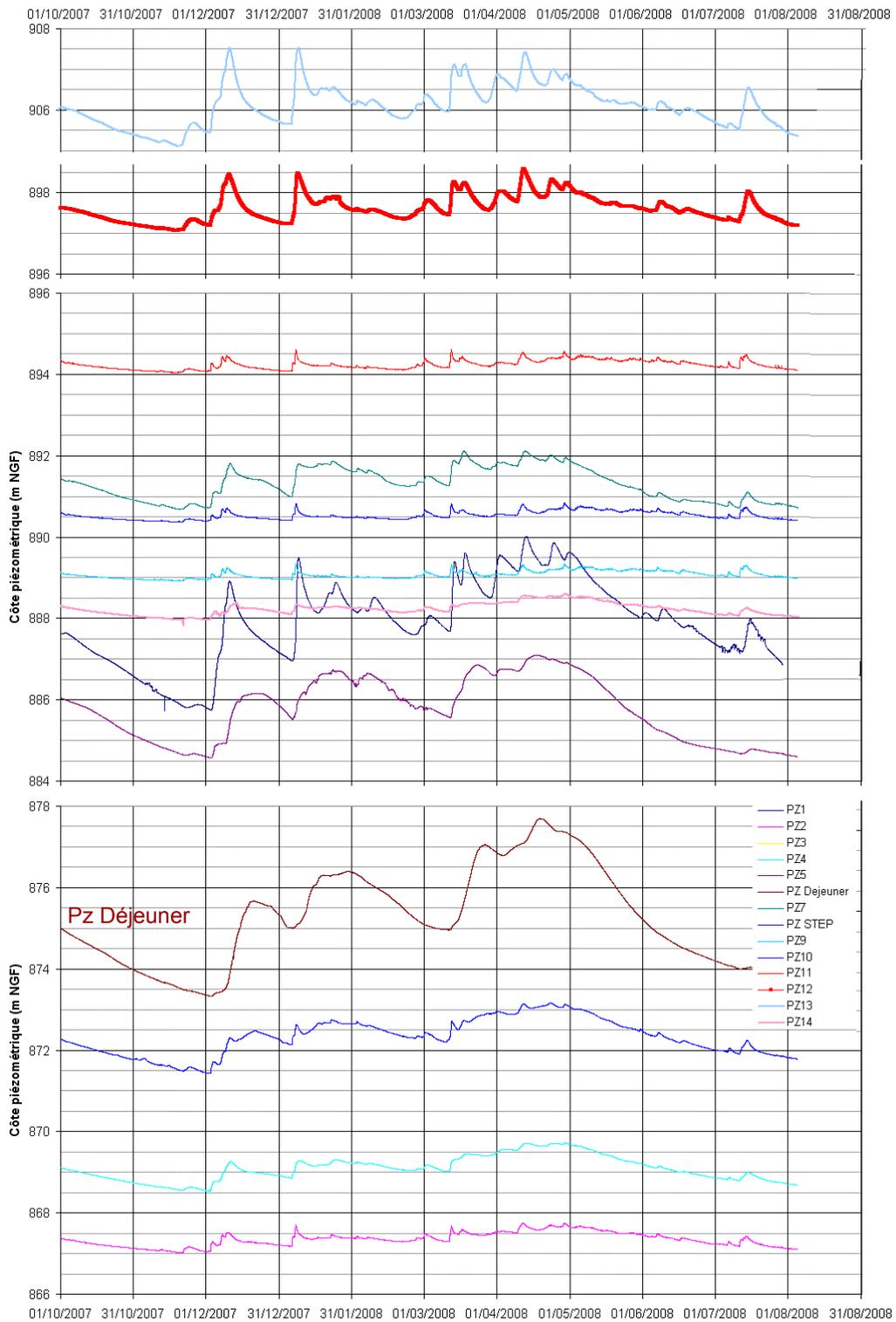


Figure 8. Evolution comparée des niveaux d'eau dans les piézomètres

3.2.3. ANALYSE COMPARATIVE DES CHRONIQUES

La comparaison des chroniques de niveaux d'eau des rivières et des niveaux piézométriques en nappe permet d'apporter les éléments suivants :

- La piézométrie de la nappe semble suivre les hauteurs d'eau des ruisseaux à dominante pluviale (comme celui des Gets) et non le niveau de la Dranse possédant un régime hydrologique à dominante nivale,
- La Dranse de Morzine ne joue probablement qu'un rôle de drain vis-à-vis de la nappe et constitue ainsi un niveau de base à l'ensemble des hydrosystèmes du secteur.

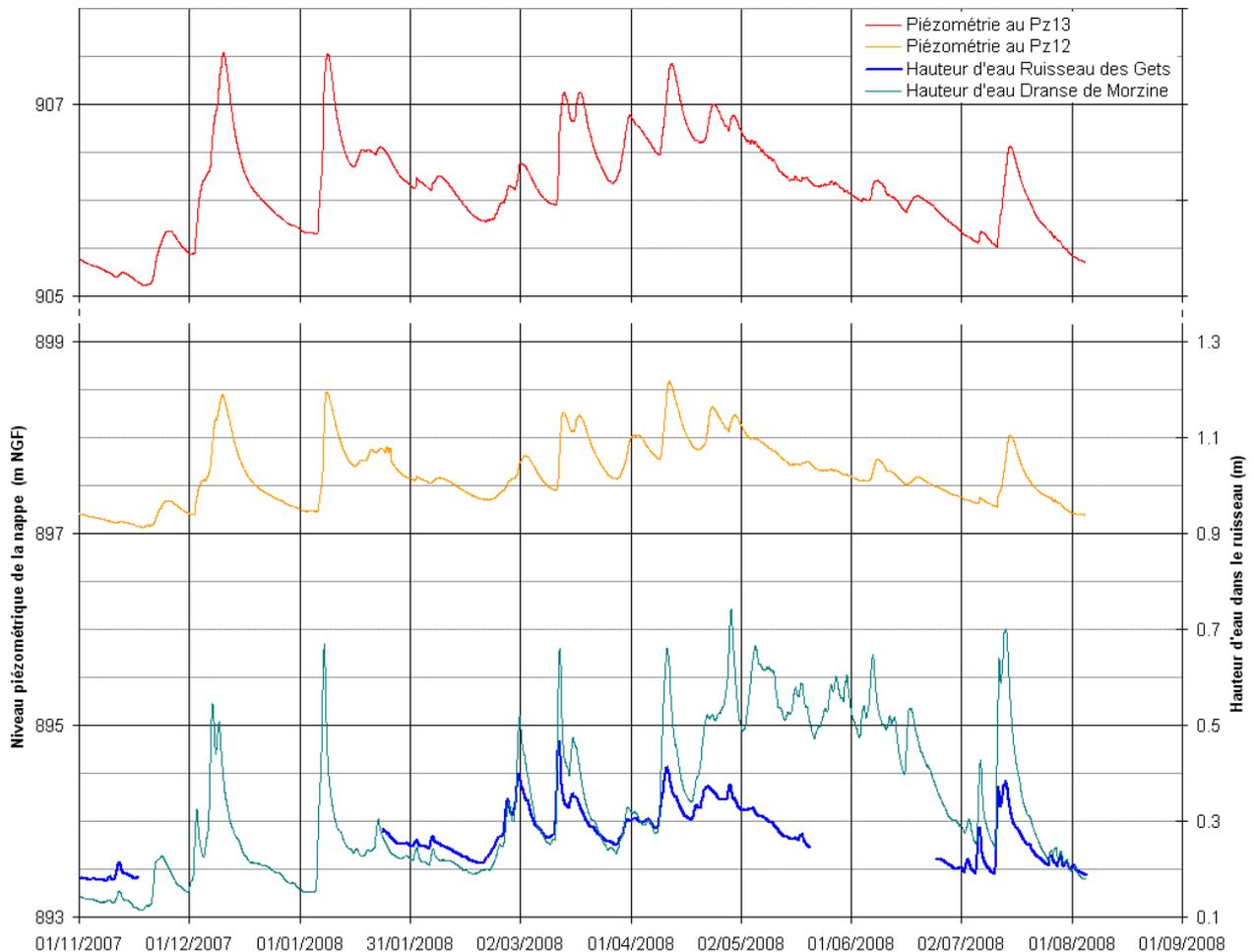


Figure 9. Comparaison des niveaux d'eau dans les rivières et dans la nappe

Cette analyse comparative met en évidence que la majeure partie de la recharge de l'aquifère s'effectue à partir d'entrée d'eau dans le système dont l'intensité suit la même dynamique que le niveau des ruisseaux de versant (régime hydrologique à dominante pluviale). On peut donc considérer que la recharge suit une loi basée sur les précipitations.

3.3. CHOIX DU LOGICIEL DE MODELISATION

Dans le cadre de la modélisation hydrogéologique de la zone d'étude, il est nécessaire de disposer d'un modèle numérique permettant :

- De reproduire la variabilité spatiale des caractéristiques hydrodynamiques de la nappe,
- De simuler les variations de niveaux au cours du cycle hydrologique afin d'intégrer notamment les périodes d'étiage, période critiques pour l'exploitation de la ressource,
- De simuler l'incidence des pompages sur du moyen terme mais également sur du long terme.

- D'évaluer les vitesses de transit au sein de l'aquifère afin de préciser la vulnérabilité de la ressource.

Le logiciel retenu pour répondre aux objectifs de l'étude est **Visual Modflow**. En effet il répond à plusieurs critères :

- Il est reconnu internationalement.
- Il est adapté au contexte de l'étude. Cet outil de modélisation permet notamment:
 - La prise en compte de l'ensemble du système aquifère et des écoulements qui s'y produisent.
 - Une représentation précise de la géologie de la zone d'étude, en important les données des cotes du mur de l'aquifère.
 - La prise en compte des interactions entre eaux souterraines et eaux de surface.
- Il est convivial et pérenne.

Ainsi, le logiciel VISUAL MODFLOW est un outil de modélisation numérique sophistiqué, basé sur la méthode des différences finies. Il permet la résolution de l'écoulement et du transfert de masse, en 2D et en 3D, en régime permanent et en régime transitoire.

3.4. CHOIX DES PERIODES DE SIMULATION

Dans un premier temps, le modèle a été calé en régime permanent par rapport à un état de référence qui correspond à un niveau de basses eaux, au **15 novembre 2007**.

Cette situation correspond à l'étiage de l'année 2005 et se situe en fin de courbe de tarissement. Elle peut donc être considérée comme une période où les conditions hydrauliques au système et notamment la recharge sont constantes dans le temps et correspond donc à un régime quasi-permanent.

Elle est donc particulièrement bien adaptée au **calage en régime permanent**.

Le **calage en régime transitoire** doit comprendre au minimum un cycle hydrologique pour valider le calage et ainsi pouvoir se servir du modèle comme outil de prédiction. Le calage en régime transitoire a été réalisé sur la période d'enregistrement, c'est-à-dire entre fin 2007 et début 2009

4. CONSTRUCTION ET CALAGE DU MODELE NUMERIQUE

4.1. MAILLAGE

4.1.1. DEMARCHE ADOPTEE

Pour passer de la description des différents paramètres hydrauliques (extension, conditions limites, caractéristiques hydrodynamiques des terrains) à un modèle numérique, il est nécessaire de « discrétiser » l'espace (et le temps) pour pouvoir résoudre les équations d'écoulement. La discrétisation consiste à définir des zones élémentaires où les propriétés hydrauliques des terrains sont homogènes : ce sont les mailles du modèle.

La finesse des mailles est ajustée en fonction de la précision à laquelle on souhaite caractériser le fonctionnement hydrodynamique de la nappe.

Ainsi, le modèle de la nappe de Morzine comprend environ 16000 mailles. Ces mailles sont de dimension homogène et permettent de reproduire les hétérogénéités du domaine d'étude de façon significative. Chaque maille a une taille maximale de 20 m par 20 m. Au niveau du forage du Déjeuner, le maillage a été affiné de façon à représenter plus précisément le fonctionnement hydrodynamique de la nappe à cet endroit (taille d'environ 1 m de côté).

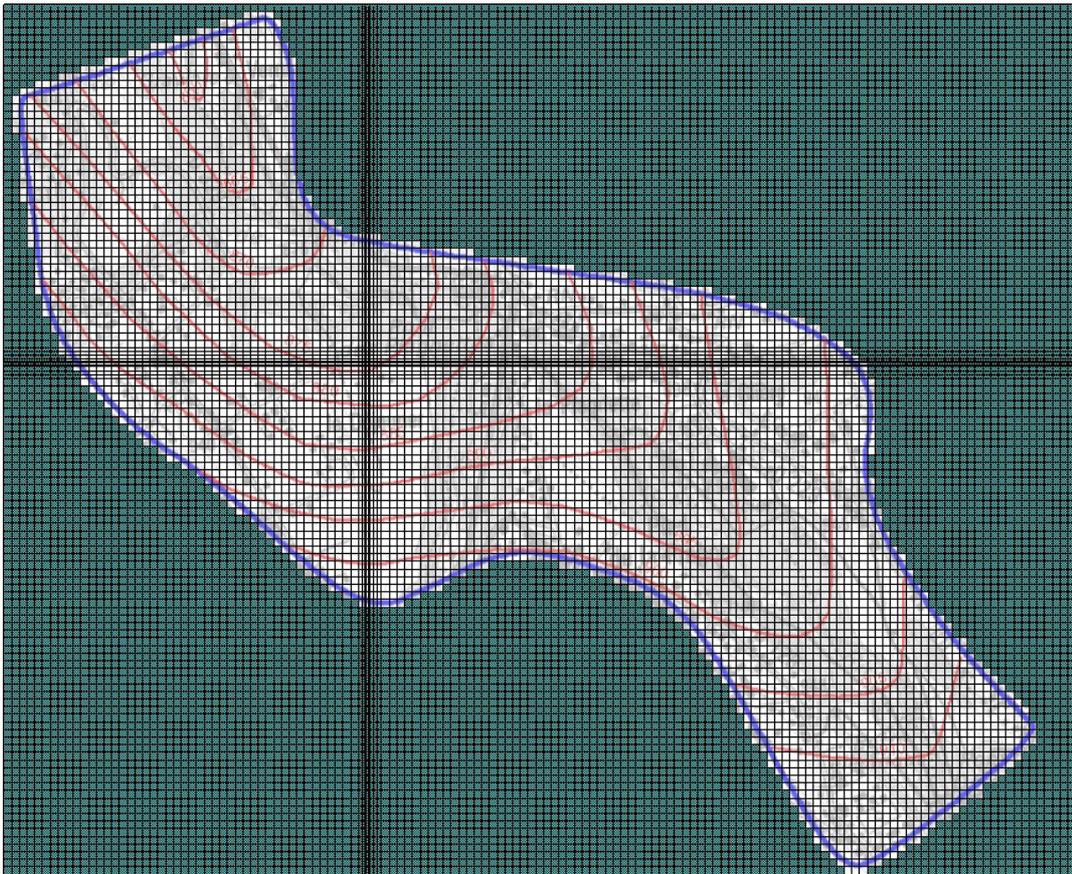


Figure 10. Maillage du modèle de la nappe de Morzine

4.1.2. DISCRETISATION SPATIALE DE L'EXTENSION DES FORMATIONS

Comme cela a été évoqué précédemment, l'extension et l'épaisseur des formations modélisées est basée sur une analyse du contexte géologique (nature des formations, accidents tectoniques) et du comportement hydrogéologique de l'aquifère (conditions aux limites).

A partir de la carte de l'interpolation du mur des formations tardi-glaciaire du Modèle Numérique Terrestre (MNT) de la zone modélisée, des grilles du toit et du mur du modèle ont pu être réalisées à l'aide du logiciel d'interpolation SURFER (format numérique).

Ces grilles de données interpolées sont directement introduites sous VISUAL MODFLOW et interpolées au centre de chaque maille.

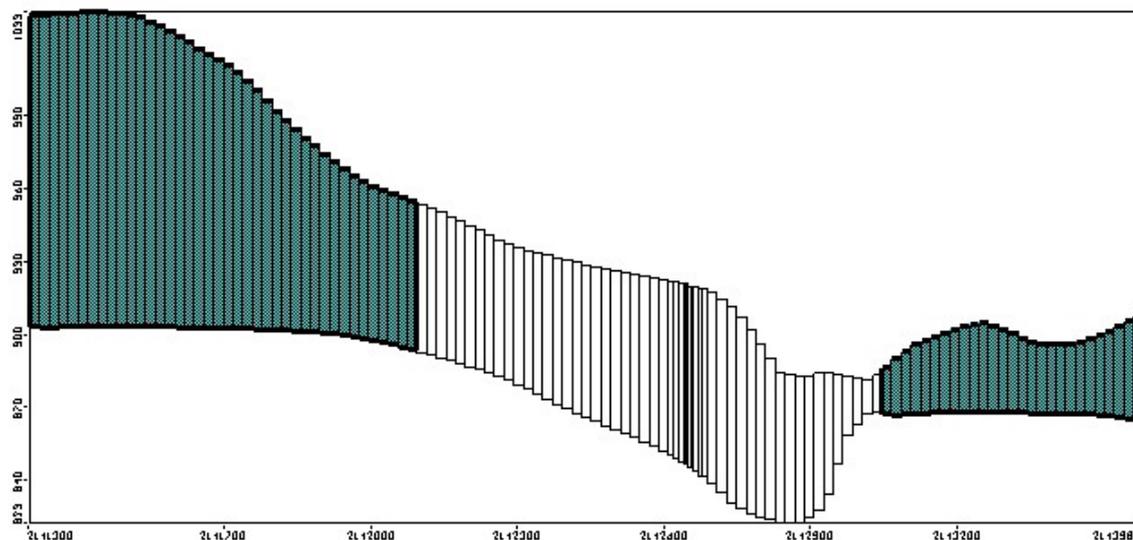


Figure 11. Exemple de coupe transversale du domaine modélisé

4.2. CONDITIONS AUX LIMITES

4.2.1. LIMITES LATERALES

Les limites amont et aval du modèle correspondent respectivement aux sections transverses du lit de la Dranse de Morzine au droit du pont des Dérèches et au niveau de la Touvière. Ces limites sont intégrées dans le modèle par des limites à potentiel imposé.

Les limites du modèle correspondant au débouché de cours d'eau (Dranse de Montriond, ruisseau de Salle et Ruisseau des Gets) ou aux limites de versants de vallée sont intégrées dans le modèle par des limites à flux imposé. Ces flux sont proportionnels à la taille du bassin versant drainé et débouchant au niveau de la limite considérée.

4.2.2. RECHARGE

4.2.2.1. GENERALITES

Les ressources en eau souterraine du secteur sont rechargées :

- Verticalement par des eaux météoritiques provenant plus ou moins directement des précipitations (indirectement si les précipitations sont sous forme neigeuse),
- Latéralement par des eaux superficielles liées aux principaux cours d'eau (et à leur alluvions associées) et aux écoulements de sub-surface séjournant dans les plaquages superficiels.

4.2.2.2. RECHARGE VERTICALE PAR LES PRECIPITATIONS

La zone étudiée est située à environ 900m d'altitude. Les précipitations sont sous forme de pluie d'avril à novembre et principalement sous forme de neige de décembre à mars. Nous disposons des données de précipitation journalière depuis le 1^{er} janvier 2002 au niveau de la station des Gets située à 1072 m d'altitude et à proximité de la zone d'étude. Le graphique ci-dessous présente l'évolution des précipitations mensuelles de novembre 2007 à juin 2008.

En première approche, on supposera que la recharge verticale représente environ 30 % de la pluviométrie totale. Dans tous les cas, même s'il existe des incertitudes fortes sur ce paramètre (liées au notamment au stockage par la neige), il ne représente pas le terme le plus sensible de la recharge totale compte tenu de la faible surface de la zone modélisée.

4.2.2.3. RECHARGE LATERALE

Le terme le plus sensible dans la recharge de l'aquifère est représenté par la recharge latérale.

L'eau qui s'écoule par gravité au niveau des versants et des cônes de déjection des ruisseaux du Salle et du Bochard (ruisseau des Gets) alimentent la nappe d'accompagnement de la Dranse aux limites de bassin précédemment définies. Ces flux entrants seront considérés comme un paramètre de calage lors de la simulation des écoulements en régime permanent et transitoire, mais respecteront les contraintes suivantes :

- Les flux aux limites sont proportionnels à la taille du bassin versant drainé et dont les eaux débouchent au niveau de la limite considérée,
- En régime transitoire, l'évolution des flux est calée sur l'évolution des hauteurs d'eau des cours d'eau (mesurée notamment sur le ruisseau des Gets).

4.2.3. ECHANGES NAPPE-RIVIERE

Comme l'a montré la campagne de jaugeages différentiels réalisés sur la Dranse, celle-ci a un rôle drainant sur la partie aval de la zone considérée. L'intensité du drainage est *a priori* relativement limitée car lors de la campagne de jaugeage différentiels, le débit drainé a été évalué à moins de 100 L/s.

La différence de charges généralement marquée entre la nappe et la Dranse indique qu'il existe un potentiel d'écoulement entre la nappe et la Dranse. Le débit drainé par la Dranse est quant à lui conditionné par la perméabilité des matériaux situés à proximité de la rivière et par le colmatage du lit de la rivière.

Les principales rivières (Dranse de Morzine et de Montriond) ont été assignées au modèle sous forme de conditions de type « River » intégrant un potentiel et un paramètre de passage entre la rivière et la nappe (conductance).

4.3. CALAGE DU MODELE

4.3.1. REGIME PERMANENT

Le calage en régime permanent a été réalisé en ajustant notamment le champ de perméabilité. La figure suivante montre que la moyenne des écarts entre la piézométrie simulée et la piézométrie observée est proche de zéro.

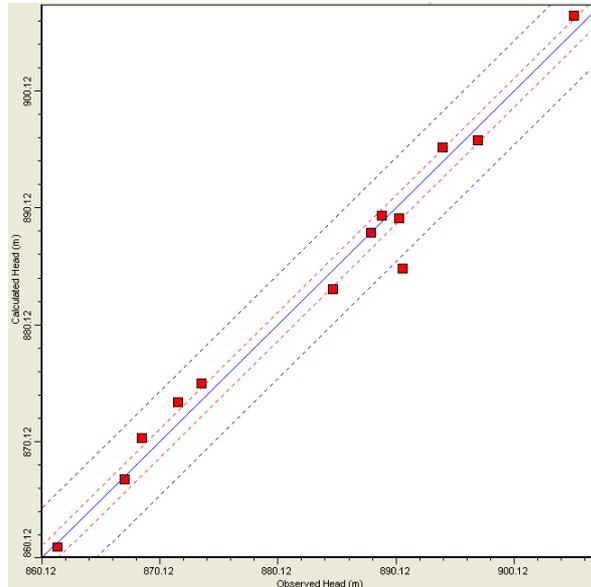


Figure 12. Qualité du calage en régime permanent

La carte suivante compare la piézométrie issue du calage avec la carte piézométrique observée.

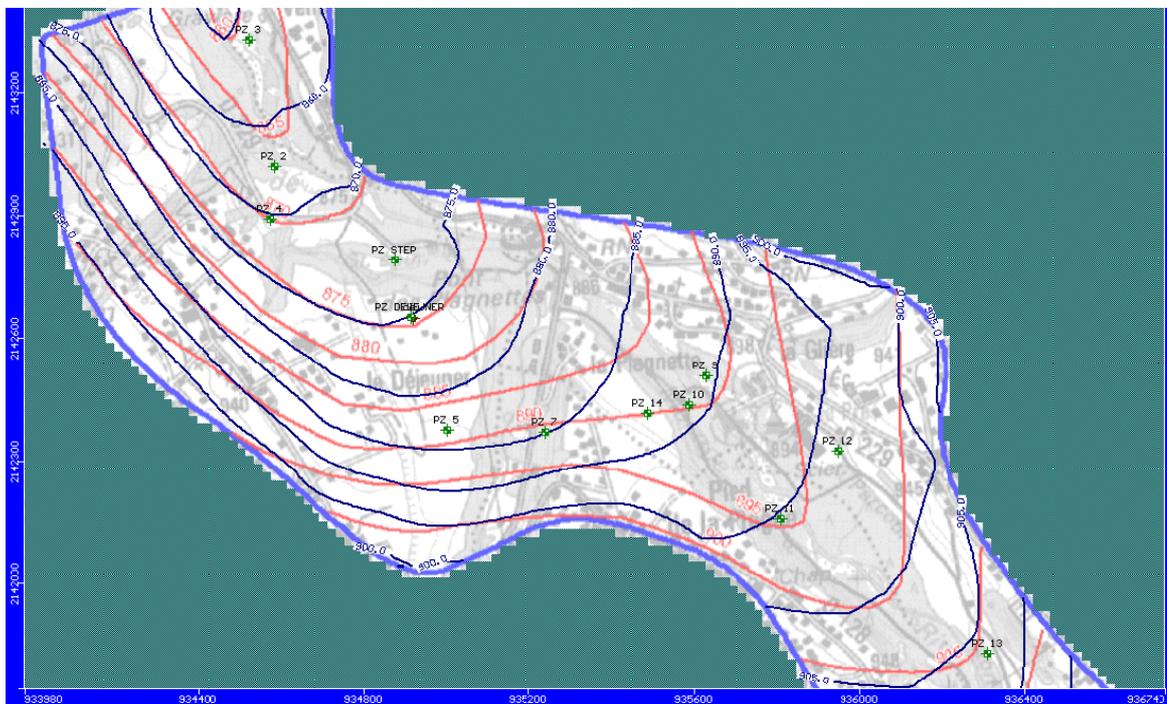


Figure 13. Carte piézométrique simulée superposée avec la carte piézométrique observée, 15 novembre 2007

Compte tenu des objectifs de l'étude, on peut considérer que le calage en régime permanent est satisfaisant. En effet, même s'il existe quelques décalages dans la piézométrie absolue, les gradients sont correctement reproduits.

4.3.2. REGIME TRANSITOIRE

L'ajustement de la répartition des coefficients d'emmagasinement ainsi que la modification une nouvelle fois du champ de perméabilités a permis de caler le modèle en régime transitoire.

Le modèle apparaît être correctement calé aux regards des objectifs de l'étude :

- Le modèle réagit à des variations brusques de la recharge
- Les grandes lignes des variations piézométriques annuelles et pluriannuelles sont correctement simulées,
- La diffusivité de la nappe modélisée est conforme aux mesures réalisées sur le terrain. En effet, les amplitudes sont correctement reproduites et par ailleurs, la moyenne des déphasages entre les chroniques modélisée et observée est proche de 0.

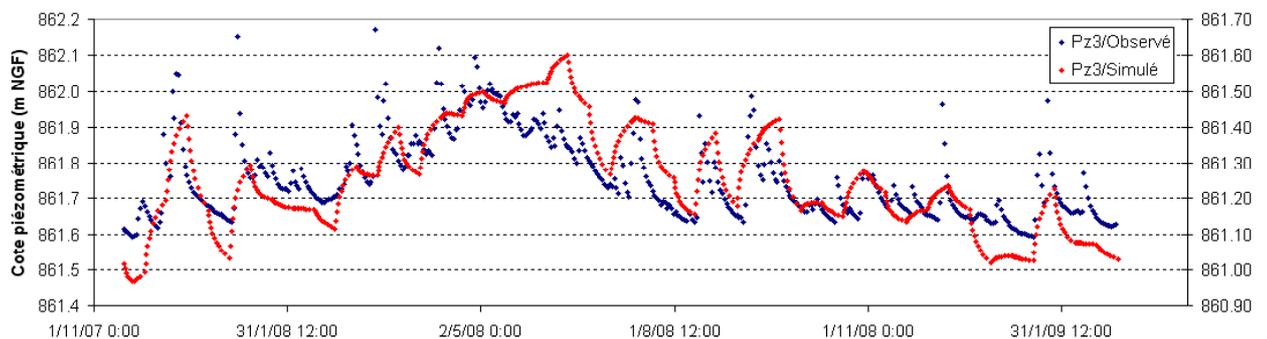


Figure 14. Comparaison des chroniques piézométriques mesurées et calculées au niveau du Pz3

4.4. PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES OBTENUS APRES CALAGE

4.4.1. TRANSMISSIVITE ET PERMEABILITE

Préalablement à cette étude des pompages d'essai ont été effectués au niveau du forage du Déjeuner. L'interprétation des essais de pompage permet d'évaluer les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère.

L'**essai de nappe de 48h** effectué sur le forage du Déjeuner a permis d'évaluer des transmissivités comprises entre $7,6 \cdot 10^{-2}$ et $4,12 \cdot 10^{-3}$ m²/s (à partir de la courbe de descente) et entre $6,1 \cdot 10^{-2}$ et $2,8 \cdot 10^{-2}$ m²/s (à partir de la courbe de remontée)

L'interprétation des **pompages d'essai longue durée** a permis de calculer des transmissivités comprises entre $8,8 \cdot 10^{-4}$ et 10^{-2} m²/s à partir de la courbe de descente observée au forage du Déjeuner (après correction des effets naturel de baisse de nappe), et entre $4,8 \cdot 10^{-3}$ et $3,2 \cdot 10^{-2}$ m²/s à partir de la courbe de descente observée au piézomètre (également après correction). La transmissivité obtenue à partir de l'interprétation de la courbe de remontée observée au forage du Déjeuner est de $6 \cdot 10^{-3}$ m²/s.

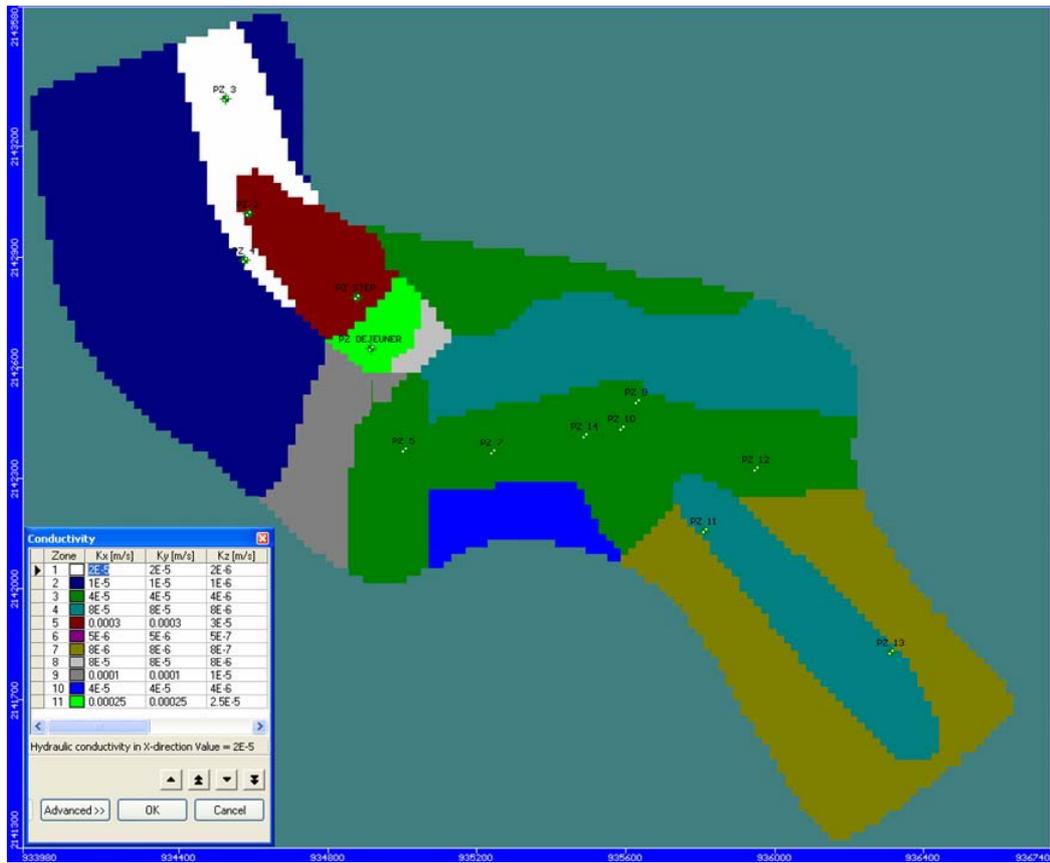


Figure 15. Champ de perméabilités issu du calage du modèle

4.4.2. COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT

Le modèle a été calé en faisant varier le coefficient- d'emménagement, influençant directement la diffusivité de la nappe et donc sa réactivité vis-à-vis de variations des conditions hydrauliques aux limites du modèle.

Sur une grande partie de la zone d'étude, le modèle a été calé avec une porosité efficace d'environ **5 %**. A l'extrémité Ouest de la zone d'étude, le calage semble indiquer que la porosité efficace est significativement plus faible, soit de l'ordre de **2 %**.

Ces chiffres sont compatibles avec les résultats des essais de pompage réalisés au forage du Déjeuner.

5. EXPLOITATION DU MODELE HYDROGEOLOGIQUE

5.1. PREAMBULE

Ce n'est qu'une fois calé et validé que le modèle numérique peut être considéré comme un outil de simulation et donc de prédiction pour évaluer l'incidence de scénarios d'exploitation des eaux souterraines.

En concertation avec le Maître d'Ouvrage et en fonction des besoins en eau, plusieurs scénarios de pompage ont été testés à l'aide de ce modèle hydrogéologique afin d'évaluer si la ressource était suffisante.

Plusieurs schémas d'exploitation envisageables ont été définis sur la base des critères principaux suivants :

- La ressource est-elle suffisante d'un point de vue quantitatif pour qu'il n'y ait pas de surexploitation marquée qui engendrerait une baisse des niveaux d'eau d'une année sur l'autre,
- La qualité actuelle de l'eau est-elle bonne et peut-on s'assurer qu'elle le soit à long terme ? En somme la ressource est-elle protégeable correctement à l'aide de périmètres de protection adaptés.

5.2. ANNEE HYDROLOGIQUE DE REFERENCE

Afin de se placer dans un cas de figure défavorable du point de vue des ressources en eau (et donc sécuritaire pour l'exploitation des ressources en eau), il est nécessaire de sélectionner une année particulièrement sèche.

Depuis 1990, les deux étiages les plus marqués ont été mesurés sur la Dranse de Morzine, en 1991 et en 2003. Même si les étiages mesurés en 2005 ont été un peu moins marqués qu'en 2003, les écoulements en 2005 ont été globalement aussi faibles que ceux mesurés en 2003. Par ailleurs, les données de débit sont connues en intégralité pour cette année 2005.

L'année de référence retenue est 2005. D'un point de vue hydrologique, elle fait partie des 2 ou 3 années les plus sèches depuis 1990.

5.3. SECTEURS D'EXPLOITATION ENVISAGEABLES

Le croisement des informations piézométriques avec le champ de transmissivités issu notamment du calage du modèle permettent de définir 3 secteurs d'exploitation envisageables :

- La terrasse du Déjeuner. Les transmissivités mesurées, la profondeur du niveau de l'eau (> 30 m), ainsi que l'environnement du captage indiquent que le secteur de la terrasse du déjeuner est probablement le plus adapté pour capter les eaux souterraines pour de l'eau potable, avec un débit conséquent,
- Le secteur des Plagnettes. Les informations issues de la coupe géologique du Pz14 et du calage du modèle semblent indiquer que les transmissivités des terrains de ce secteur sont relativement limitées et qu'il paraît difficilement envisageable de pomper plus de 20 m³/h par ouvrage. Par ailleurs, compte tenu de l'occupation des sols, la ressource semble être plus vulnérable et plus difficilement protégeable qu'au niveau du secteur du déjeuner.

- Les alluvions récentes du bord de Dranse. Les débits d'exploitation envisageables sont difficiles à évaluer compte tenu du nombre limité d'informations. Néanmoins, compte tenu de la proximité de la Dranse, il est fort probable qu'en pompage, le niveau d'eau dans les ouvrages, exploitant cette ressource, soit en équilibre hydraulique avec le niveau de la rivière. Il est donc possible que l'on puisse localement pomper plusieurs dizaines de m³/h. Il est malheureusement difficilement envisageable de capter cette ressource pour de l'eau potable compte tenu de la forte vulnérabilité liée à la proximité de la rivière.

5.4. SCHEMAS D'EXPLOITATION ENVISAGEABLES

5.4.1. EXPLOITATION EN CONTINU ENVISAGEABLE

Afin d'évaluer les ressources exploitables sans créer un déséquilibre quantitatif (sur-exploitation) qui pourrait créer une baisse progressive et durable du niveau d'eau, nous avons testé différents scénarios de pompages.

Les simulations réalisées indiquent que le débit maximum envisageable avec une exploitation en continu est de l'ordre **90 m³/h**, afin de limiter la vulnérabilité des captages (vis-à-vis de la route et de la rivière) et pour ne pas surexploiter la ressource.

Les figures ci-après présentent l'incidence du pompage de 90 m³/h réparti sur 2 ouvrages de 45 m³/h chacun.

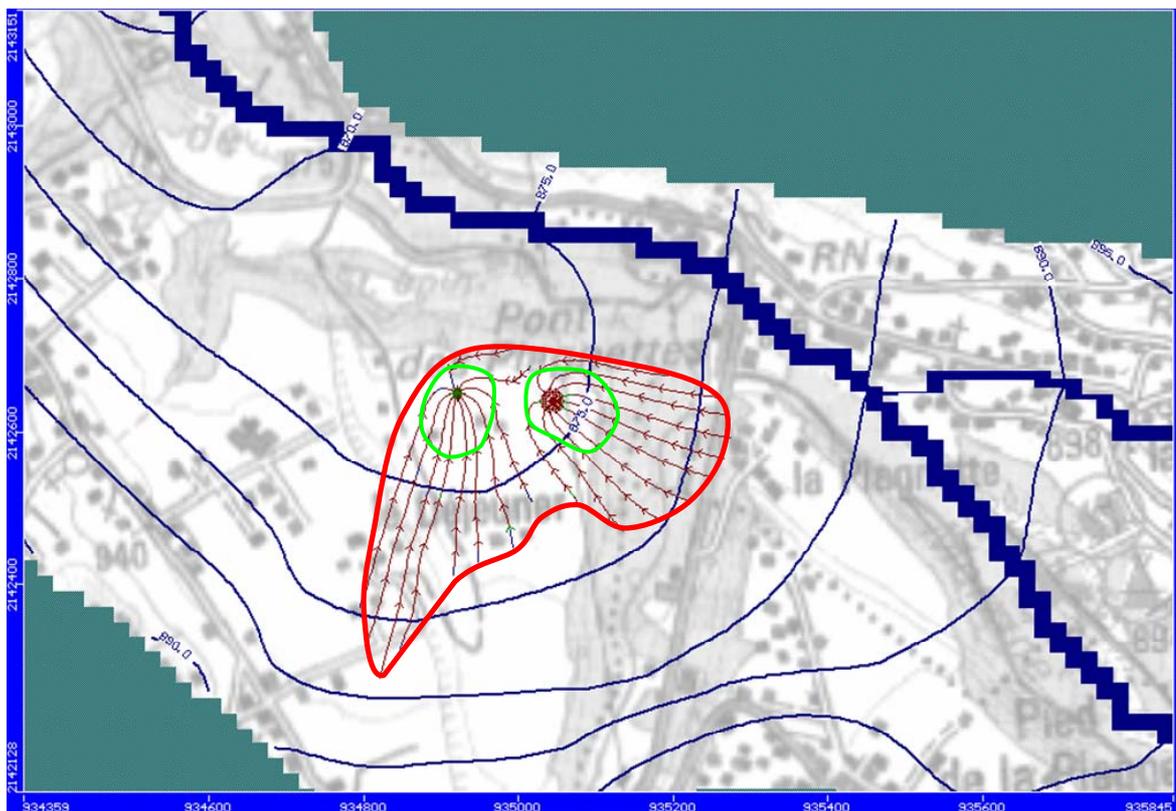


Figure 16. Isochrones de transfert 50 jours (rouge) et 10 jours (en vert) pour un pompage de 2* 45 m³/h

Même si le débit est conséquent, il n'apparaît pas envisageable que cette ressource puisse se substituer à l'ensemble des ressources gravitaires actuelles exploitées par les communes du Syndicat. Elles permettraient néanmoins de **diversifier et donc de sécuriser l'alimentation en eau potable** des communes du secteur, notamment en cas d'incident sur les captages ou le réseau.

5.4.2. EXPLOITATION SUR 3 MOIS CONSECUTIF SUR LA TERRASSE DU DEJEUNER

Dans les communes touristiques de montagne, les besoins en eau sont généralement maximums pendant les 3 mois de la saison hivernale. C'est également à ce moment là que ce produit l'étiage hivernal des ressources en eau. En altitude et pour certaines ressources superficielles, cet étiage peut être plus marqué que l'étiage estival. Pour se mettre dans le cas de figure le plus défavorable, nous avons défini le débit maximum exploitable sur la période [janvier-mars] avec ensuite arrêt des pompages.

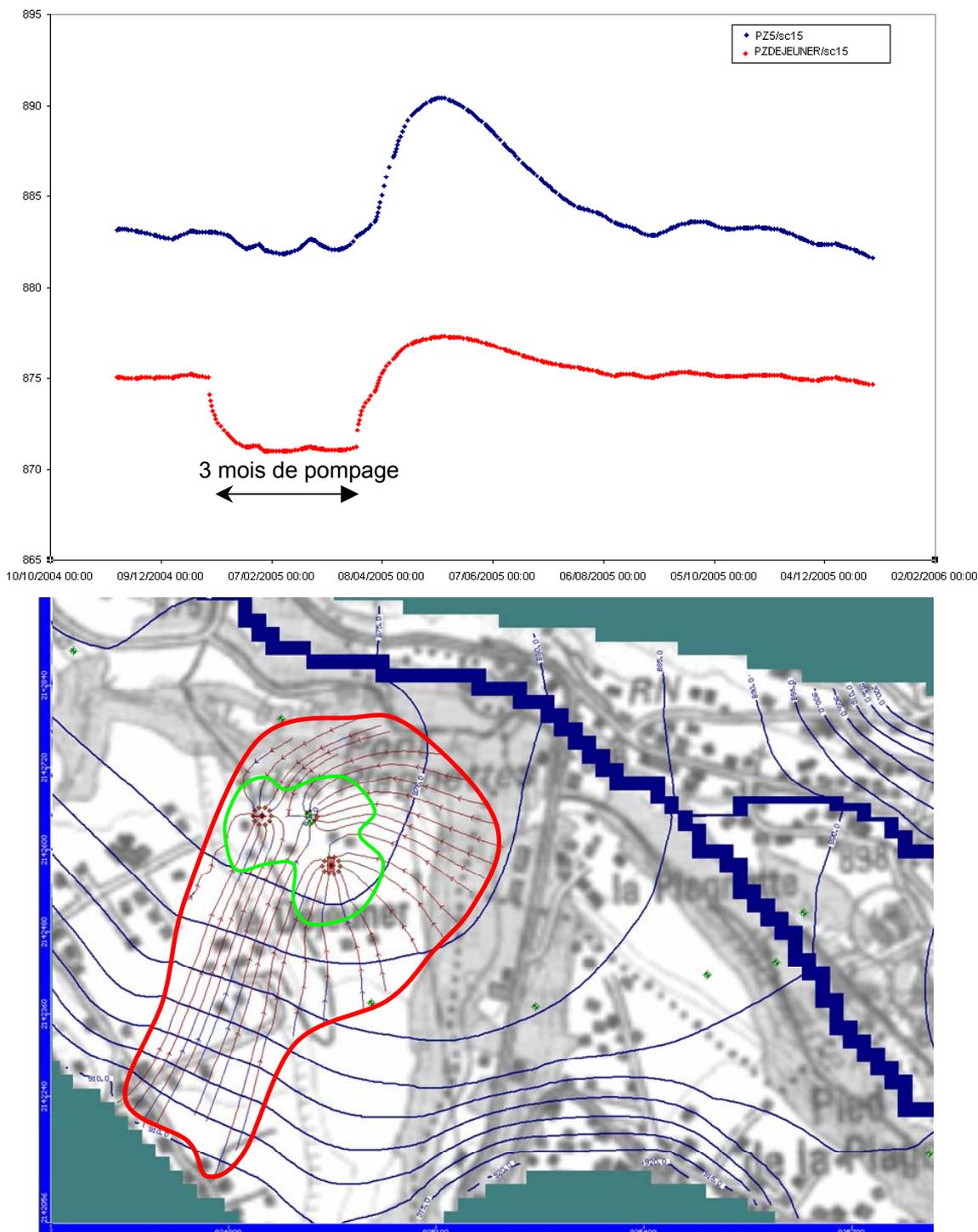


Figure 17. Résultats de la simulation à 150 m³/h sur le secteur du Déjeuner, avec isochrones de transfert 50 jours (rouge) et 10 jours (en vert)

Les chroniques présentées ci-avant permettent d'évaluer l'incidence quantitative des pompages (3*50 m³/h) sur la ressource :

- A 4 m du pompage (PzDéjeuner), l'incidence du pompage sur la piézométrie de la nappe est de l'ordre de 5 m et reste inférieure aux variations naturelles,
- A 300 m (Pz5), le rabattement est inférieur à 1 m et est difficilement visible sur la chronique piézométrique car ce rabattement induit par les pompages est très inférieur aux variations naturelles du niveau de la nappe.

Sur le secteur du Déjeuner, le débit que pourrait fournir la ressource sur **3 mois** consécutif d'exploitation lors de la période hivernale est d'environ **150 m³/h**. L'incidence de cette exploitation a été calculée avec le modèle sur la base d'une répartition homogène sur **3 forages** avec un débit d'exploitation de 50 m³/h chacun.

5.4.3. EXPLOITATION SUR 3 MOIS CONSECUTIF AVEC LE SECTEUR DES PLAGNETTES

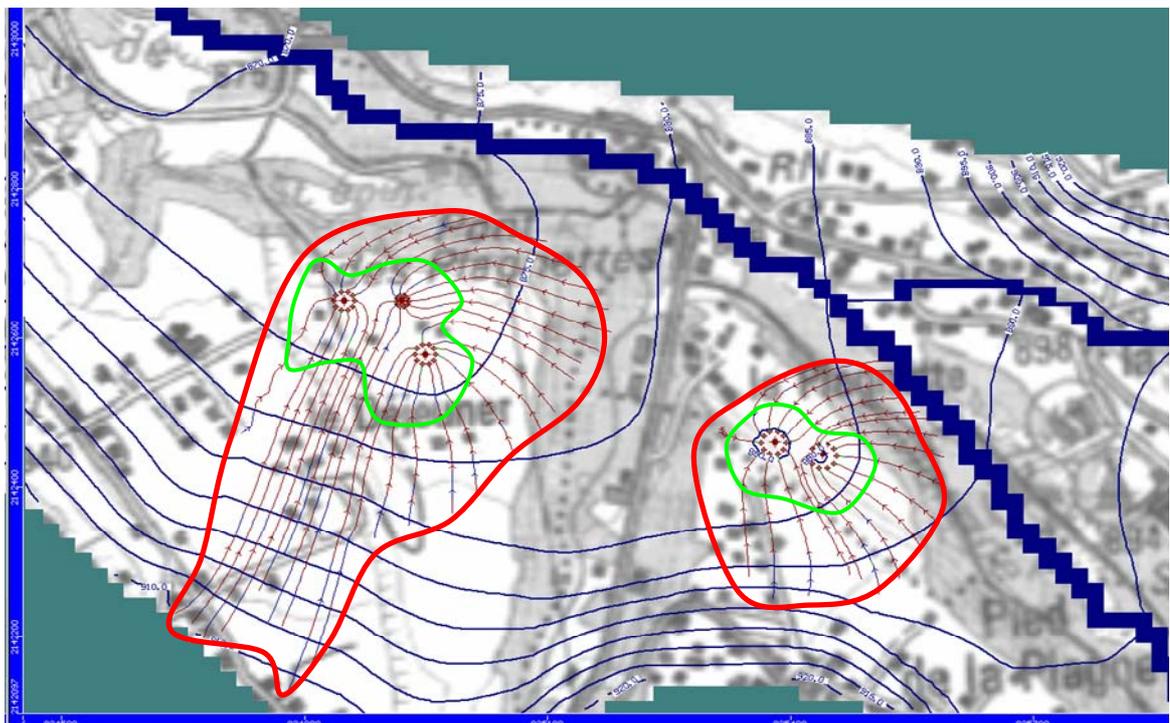
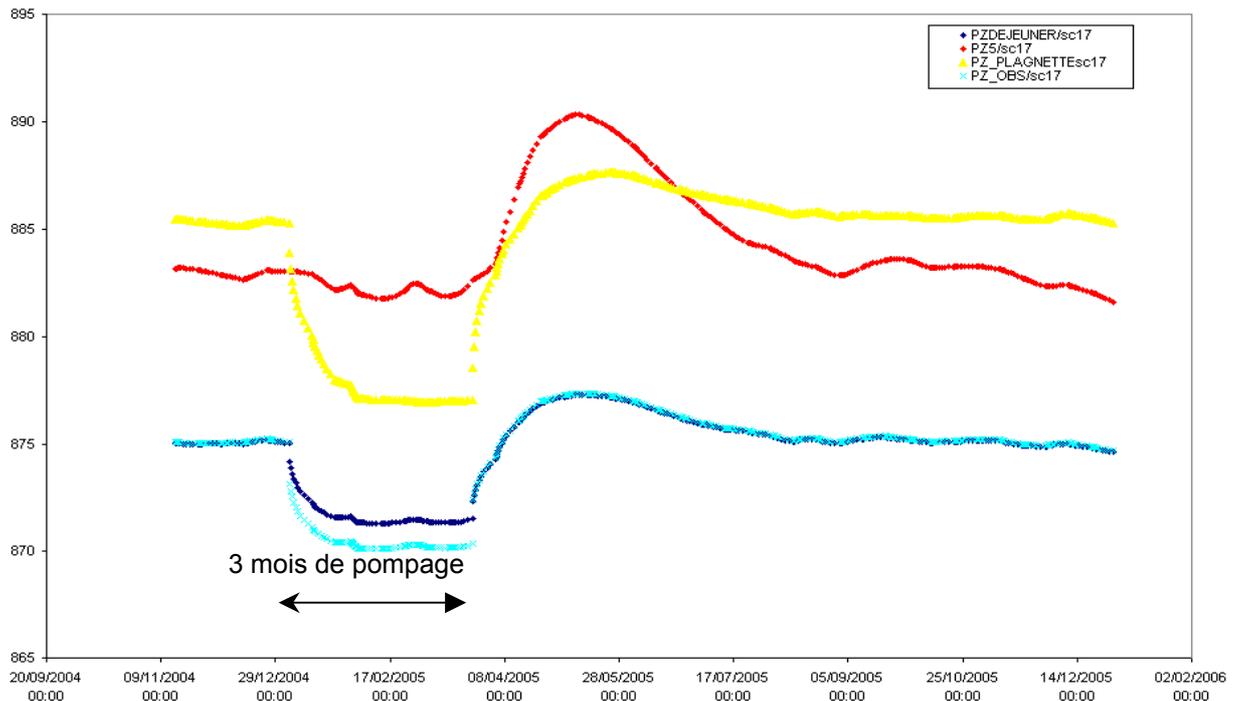


Figure 18. Résultats de la simulation à 3*45 m³/h sur le secteur du Déjeuner et 2*20 m³/h sur le secteur des Plagnettes, avec isochrones de transfert 50 jours (rouge) et 10 jours (en vert)

L'examen des secteurs potentiellement les plus intéressants pour l'exploitation de la ressource (pour de l'eau potable) a mis en évidence que sur le secteur des Plagnettes, les débits envisageables seraient relativement limités.

Nous avons néanmoins simulé des prélèvements sur ce secteur afin de déterminer quel était le débit global qu'il était possible d'extraire de cette ressource.

Les différentes simulations réalisées montrent qu'il pourrait être envisageable de pomper environ 40 m³/h sur le secteur des Plagnettes, à l'aide de 2 forages.

L'examen de la chronique présentée ci-avant indique que le rabattement lié au pompage est de l'ordre de 8 m à proximité immédiate du forage. Peu d'information existe sur ce secteur et ce potentiel devra être vérifié avec une étude hydrogéologique locale (avec essai de pompage notamment).

5.4.4. EXPLOITATION SUR 1 MOIS LORS DE L'ETIAGE HIVERNAL

Pour se mettre dans le cas de figure le plus défavorable, nous avons défini le débit maximum exploitable sur une période d'un mois calé lors de l'étiage hivernal ; le reste de l'année étant considérée comme non exploitée.

Le débit maximum exploitable sur une durée d'un mois est de l'ordre de 200 m³/h répartis sur 4 ouvrages de 50 m³/h chacun. Les isochrones de transfert sont comparables à celles calculées pour 150 m³/h, puisque les gradients ne sont que très légèrement supérieurs.

Même si le modèle n'a pas mis en évidence de surexploitation marquée à ce débit, sans informations complémentaires (essais de pompage à gros débit), il apparaît prudent de ne pas proposer d'exploiter cet aquifère à un débit supérieur. Dans ce schéma de pompage proposé, les principes généralement admis sont respectés :

- Pas de surexploitation chronique de la nappe entraînant une baisse généralisée et pérenne du niveau d'eau,
- On ne dénoie pas l'aquifère sur une hauteur supérieur au tiers de la hauteur mouillée,
- La vulnérabilité de l'aquifère est limitée. En effet, il existe une couverture superficielle importante (plus de 30 m d'épaisseur) composée de matériaux peu perméables et l'isochrone 50 jours calculée n'englobe pas les principales sources potentielles de contamination (Dranse de Morzine, Route des Plagnettes).

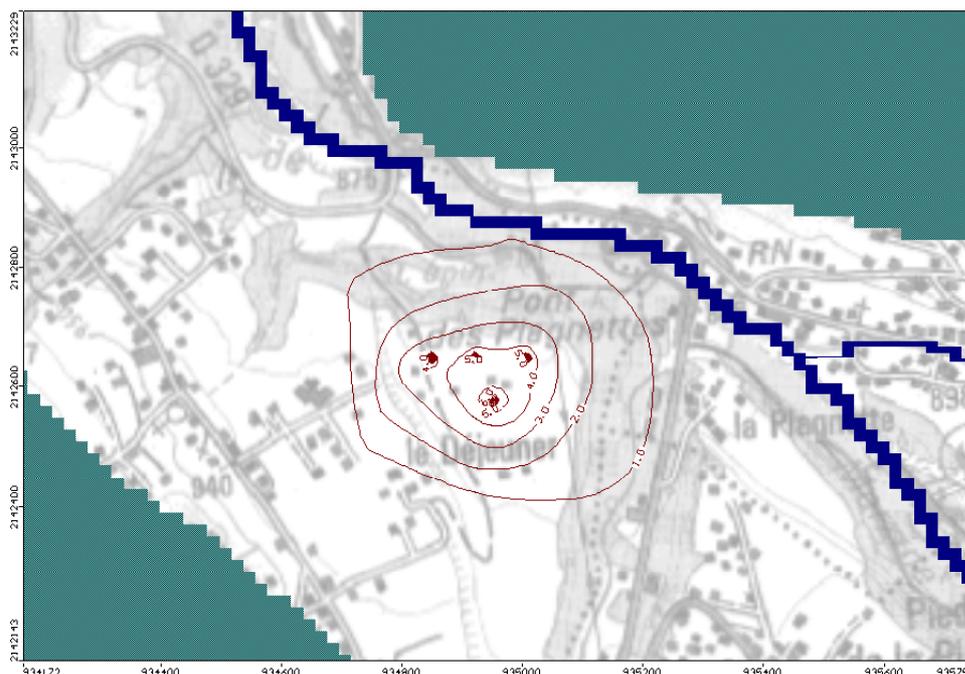


Figure 19. Rabattement provoqué par une exploitation de 200 m³/h pendant 1 mois