



GRAND LYON SAGE DE L'EST LYONNAIS

Plan de gestion de la nappe de l'Est Lyonnais GESLY 4

Actualisation du modèle NAPELY

Rapport REAUCE00662-02

17/06/2013



GRAND LYON

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport provisoire	30/04/2013	01	N. Tribouillard		D. Pitaval		A. Triganon	
Rapport final	17/06/2013	02	N. Tribouillard		D. Pitaval A. Triganon		C. Michelot	
		03						
		04						

Numéro de rapport :	REAUCE00662-02
Numéro d'affaire :	A11819
N° de contrat :	CEETCE130005
Domaine technique :	ES01
Mots clé du thésaurus	Modélisation eau souterraine

BURGEAP AGENCE CENTRE EST

19, rue de la Villette

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

REAUCE00662/ CEETCE130005	
NT-DaP-ATr	
17/06/2013	Page : 2/38

SOMMAIRE

Résumé	6
1. Contexte et objectifs de l'étude	7
2. Actualisation du modèle hydrogéologique	8
2.1 Données d'entrée	8
2.2 Prélèvements en nappe	8
2.3 Pluviométrie et recharge des aquifères	10
2.3.1 Données brutes	10
2.3.2 Recharge de l'aquifère fluvio-glaciaire	11
2.3.2.1 Pluie directe	11
2.3.2.2 Apports de bordure	12
2.3.3 Alimentation de l'aquifère molassique	12
2.4 Perméabilité et emmagasinement des aquifères	13
2.5 Altimétrie de la Molasse	13
3. Calage piézométrique 2010 – 2011	14
3.1 Résultats sur les piézomètres du réseau SAGE	14
3.1.1 Couloir de Meyzieu	15
3.1.2 Couloir de Chassieu-Décines	17
3.1.3 Couloir d'Heyrieux	19
3.2 Autres contrôles sur le couloir d'Heyrieux	23
3.2.1 Localisation des points de mesure complémentaires	23
3.2.2 Piézomètres UNICEM	23
3.2.3 Piézomètres CFAL	24
3.2.4 Piézomètres collecteur Ozon	24
3.3 Carte piézométrique	26
4. Bilans hydrauliques de nappe	28
4.1 Bilans 2010	28
4.2 Bilans 2011	30
4.3 Vérification du débit drainé par l'Ozon	31
5. Conclusion	32
ANNEXES	34

FIGURES

Figure 1 : précipitations efficaces (P-ETP) annuelles en mm	11
Figure 2 : précipitations efficaces (P-ETP) mensuelle en mm	11
Figure 3 : Pluie efficace mensuelle introduite dans le modèle	12
Figure 4 : Recharge par les bordures en mm	12
Figure 5 : Alimentation de la molasse en limite sud et est	13
Figure 6 : Calage piézomètre Buclay après ajustement du débit d'entrée molasse	13
Figure 7 : Plan de localisation des sondages CFAL	14
Figure 8 : Piézomètre Aval Saint Exupéry	15
Figure 9 : Piézomètre DIREN Bouvarets	15
Figure 10 : Piézomètres secteur SMHAR Genas	16
Figure 11 : Piézomètre ZI Meyzieu	17
Figure 12 : Piézomètre Bois Guillot	17
Figure 13 : Piézomètre BRGM Genas	18
Figure 14 : Piézomètres secteur Chassieu	19
Figure 15 : Piézomètre DIREN Buclay	19
Figure 16 : Piézomètres secteur SMHAR – Bois du Chêne	20
Figure 17 : Piézomètre AEP Saint-Priest Quatre Chênes	21
Figure 18 : Piézomètres secteur Corbas	22
Figure 19 : Piézomètre RVI Vénissieux	22
Figure 20 : Localisation des piézomètres complémentaires	23
Figure 21 : Piézométrie UNICEM 2010/2011	24
Figure 22 : Piézométrie CFAL 2010/2011	24
Figure 23 : Piézométrie comparative Ozon	26
Figure 24 : Piézomètres SIAVO Ozon	26
Figure 25 : Carte piézométrique calculée janvier 2012	27
Figure 26 : Bilan annuel couloir de Meyzieu 2010	28
Figure 27 : Bilan annuel couloir de Décines 2010	29
Figure 28 : Bilan couloir Heyrieux 2010	29
Figure 29 : Bilan global du modèle année 2011	30
Figure 30 : Bilan couloir Meyzieu 2011	30
Figure 31 : Bilan couloir Décines 2011	31
Figure 32 : Bilan couloir Heyrieux 2011	31
Figure 33 : Mesures de débit de l'Ozon 2010 et 2011 (source SIAVO)	31

TABLEAUX

Tableau 1 : Données utilisées pour la mise à jour du modèle	8
Tableau 2 : Volumes prélevés en nappe	9
Tableau 3 : Calendrier type de répartition mensuelle des prélèvements en fonction des usages	10
Tableau 4 : Bilan global journalier du modèle année 2010	28
Tableau 5 : Ecart niveaux calculés et mesurés fin 2011	32

ANNEXES

Annexe 1 Carte des perméabilités	35
Annexe 2 Cotes du toit molasse	37

Résumé

L'outil de gestion des aquifères de l'Est Lyonnais NAPELY a été actualisé en avril 2013 sur la base des informations et données issues de plusieurs études réalisées sur le périmètre du SAGE de l'Est Lyonnais (RFF, SIAVO, Ozon...). L'intégration de ces informations a nécessité d'étendre la période de calage du modèle sur les années 2010 et 2011. Le modèle NAPELY actuel permet ainsi de reproduire l'évolution des niveaux de nappe de 2004 à 2011 inclus.

Le résultat du calage après ajustement du modèle est fourni sous la forme de :

- comparaisons calcul/mesure sur les piézomètres du réseau SAGE Est Lyonnais et sur des piézomètres complémentaires dans le couloir d'Heyrieux,
- bilans hydrauliques annuels de nappe.

L'écart moyen entre niveaux de nappe calculés et mesurés à la fin 2011 est de 0.32 m.

Ce modèle nouvellement calé sera notamment utilisé dans le cadre du plan de gestion de la nappe de l'Est Lyonnais : GESLY 4.

1. Contexte et objectifs de l'étude

Afin de répondre aux objectifs définis dans le cadre du plan d'aménagement et de gestion durable de la ressource en eau et des milieux aquatiques de l'Est lyonnais, le SAGE de l'Est a sollicité BURGEAP pour étudier les possibilités d'exploitation de la nappe Fluvio-glaciaire qui permettent de garantir l'équilibre quantitatif de l'aquifère. Cette démarche s'inscrit dans la politique générale de gestion équilibrée de la ressource dictée par le SDAGE RMC dont les obligations répondent aux objectifs définis par la directive européenne sur l'eau pour un bon état des eaux d'ici 2015.

C'est dans ce contexte que BURGEAP a élaboré et fait évoluer depuis 2005 un outil de modélisation et de simulation des écoulements souterrains en zone saturée : NAPELY. Ce modèle a permis d'étudier différents scénarios d'évolution des niveaux de nappe qui ont conduit à la détermination des volumes prélevables sur les 3 couloirs de la nappe Fluvio-glaciaire : Décines, Meyzieu et Heyrieux (cf. rapport RLy03674-01 (BURGEAP, 2010).

La présente étude consiste à intégrer le comportement de la zone humide et de la rivière de l'Ozon dans la détermination des volumes prélevables maximums ce qui nécessite au préalable, une actualisation du modèle NAPELY.

Le présent rapport rend compte du travail de calage du modèle de nappe effectué en avril 2013 après intégration des nouvelles données disponibles. Les informations recueillies portent sur :

- les prélèvements en nappe 2010 et 2011 ;
- l'hydrologie de l'île de Miribel Jonage ;
- la pluviométrie de 2010 et 2011 ;
- les données RFF issues des investigations réalisées dans le cadre du projet de Contournement Ferroviaire de l'Agglomération Lyonnaise (CFAL) : profondeur du substratum mollassique, suivi piézométrique, essai de pompage sur le captage de Mions ;
- la piézométrie à proximité du collecteur de l'Ozon (données SIAVO) ;
- la piézométrie au droit des carrières UNICEM en amont du couloir d'Heyrieux.

Sur la base de ces nouvelles informations, les paramètres hydrodynamiques du modèle ont été ajustés lors d'un calage en régime transitoire, les résultats finaux étant fournis par la comparaison entre niveaux de nappe mesurés et calculés, ainsi que par des bilans hydrauliques annuels des aquifères.

Rappelons que depuis sa première version diffusée en 2005, l'outil NAPELY a été régulièrement actualisé. Seuls les paramètres dernièrement modifiés sont détaillés dans ce rapport. Il conviendra de se reporter aux documents listés ci-dessous pour avoir une vision d'ensemble du modèle et de ses évolutions successives :

- rapport BURGEAP RLy.1545a : Modélisation de la nappe de l'Est Lyonnais – Documentation du logiciel NAPELY 2.0 - 24/06/2005 ;
- rapport BURGEAP RLy.2192 : Adaptation du modèle Napely à l'île de Miribel-Jonage – 27/10/2006 ;
- rapport BURGEAP RLy.3593-03 : Logiciel NAPELY - Actualisation 2010 du modèle hydrogéologique de la nappe de l'Est Lyonnais - 10/09/2010 ;
- rapport BURGEAP REETCE00458 – Logiciel NAPELY - Actualisation du modèle mathématique avec les prélèvements 2008 et 2009 – 23/07/2012.

2. Actualisation du modèle hydrogéologique

2.1 Données d'entrée

La mise à jour du modèle a été réalisée à partir des informations suivantes :

Type de données	Localisation	Description	Source
Piézométrie	Couloir d'Heyrieux	Niveau de nappe mesuré dans les ouvrages de suivi des exploitants	UNICEM
Piézométrie	Couloir d'Heyrieux	Niveau de nappe mesuré dans les ouvrages de suivi du SIAVO	SIAVO
Piézométrie	Ensemble du modèle	Niveau de nappe mesuré dans les ouvrages de suivi de la nappe de l'Est Lyonnais	SAGE de l'Est Lyonnais Grand Lyon Site internet de l'ADES
Piézométrie Prélèvement	Couloirs d'Heyrieux et Meyzieu	Niveau de nappe mesuré et prélèvements sur les sites d'exploitation agricole	SMHAR
Prélèvements	Ensemble du modèle	Volume prélevé déclaré sur les points d'exploitation (base de données prélèvements du SAGE 2010 et 2011) <i>NB : la base de données 2011 est incomplète sur la nappe alluviale du Rhône (données de la DREAL ne sont pas encore intégrées)</i>	SAGE de l'Est Lyonnais
Prélèvements	Ensemble du modèle	Volume prélevé pour l'AEP sur les captages du Grand Lyon Résultats des investigations réalisées sur le captage de Mions (cf. rapport Asconit de Septembre 2012)	Grand Lyon
Piézométrie Altitude du substratum	Couloir d'Heyrieux	Résultats des études réalisées pour RFF dans le cadre du projet de Contournement Ferroviaire de l'Agglomération Lyonnaise (CFAL)	RFF
Hydrologie de l'île de Miribel Jonage	Aval du couloir de Meyzieu et Décines	Mise à jour du modèle hydraulique MAGE à suite à l'étude réalisée sur le canal de Jonage	BURGEAP EDF
Hydrologie de l'Ozon	Aval du couloir d'Heyrieux	Résultats issus de l'étude 2010 et données de mesure de débits de l'Ozon	BURGEAP SIAVO
Pluviométrie	Ensemble du modèle	Hauteurs de précipitations	Météo France

TABLEAU I : DONNÉES UTILISÉES POUR LA MISE À JOUR DU MODÈLE

2.2 Prélèvements en nappe

Les données utilisées proviennent de la base *Prélèvements en nappe et bassins d'infiltration* dont la mise à jour est assurée par la mission SAGE de l'Est Lyonnais.

Pour la mise à jour du modèle mathématique NAPELY, deux extractions ont été effectuées sur les bases de données de 2010 et de 2011, à partir des points de débits non nuls et en procédant aux exclusions suivantes :

- les points hors secteur modélisé, ou implantés sur des mailles non calculables ;

- les points dont l'aquifère capté (champ *Aquifère sollicité*) est inconnu ;
- les points implantés sur les buttes morainiques (ce niveau peu aquifère n'est pas représenté dans le modèle) ;
- les prélèvements pour usage pompe à chaleur (PAC) sollicitant l'aquifère supérieur (le rejet étant supposé être fait dans ce même aquifère, sans variation de volume).

Du fait de ces exclusions, on aboutit à une différence entre base de données et importation dans le modèle tant en nombre de points qu'en volume total prélevé. Les écarts entre les deux sources d'information sont résumés dans le tableau 2 avec pour mémoire le résultat des années précédentes.

Année	2007	2008	2009	2010	2011
Nombre de points Base de Données	1 170	1 194	1 206	1 247	1 247
dont débits non nuls	527	440	451	451	484
Prélèvements Base de Données (m ³ /an)	204 502 000	197 019 000	208 643 000	205 265 000	198 836 000
Nombre de points importés dans le modèle	485	416	423	424	456
Prélèvements importés dans le modèle (m ³ /an)	199 454 000	194 233 000	204 300 000	202 041 000	194 772 000

TABLEAU 2 : VOLUMES PRÉLEVÉS EN NAPPE

On ne constate pas d'évolution notable des volumes annuels de prélèvement, les volumes 2011 étant par exemple comparables à ceux de 2008.

Il est cependant à signaler que la base de données 2011 qui nous a été fournie ne comportait pas l'actualisation des volumes pour les ouvrages dépendant de la DREAL : en conséquence, ce sont les volumes 2010 qui ont été utilisés sur ces points.

Hormis certains captages dont les données nous sont fournies directement (captages AEP du Grand Lyon et captages du SMHAR), les historiques de pompage mensuels saisis dans le modèle sont établis en fonction de l'usage de l'eau en suivant le calendrier type présenté dans le tableau 3. Cette procédure est nécessaire pour répartir le volume annuel déclaré, indiqué dans la base de données, en volume mensuel, utilisé pour le calage du modèle NAPELY.

Les prélèvements les plus importants des couloirs fluvio-glaciaires sont cependant affinés en utilisant les données réelles fournies par les exploitants :

- des pompages du SMHAR à Genas (11 forages dans le couloir de Meyzieu pour un total d'environ 6 Mm³/an),
- des pompages du SMHAR Bois du Chêne (3 forages dans le couloir d'Heyrieux pour 1 Mm³/an),
- du captage AEP Grand Lyon de St Priest Quatre Chênes (couloir d'Heyrieux pour 4 Mm³/an).

D'autre part, sur le secteur de Saint Symphorien d'Ozon, on dispose l'étude de Burgeap (rapport REETCE00358-01 *Caractérisation hydrique de la zone humide de Saint-Symphorien-d'Ozon* du 21/05/2012) indique un régime d'exploitation spécifique pour les forages d'alimentation des cressonnières. En lieu et place d'un régime classique de type Irrigation du tableau 3 (avec des sollicitations maximum en juillet/août), les renseignements pris auprès des exploitants indiquent un volume mieux réparti sur l'année. En conséquence, pour ces quelques ouvrages, le volume annuel a été moyenné et réparti à part égale sur les 12 mois de l'année. Par référence aux identifiants de la base données, cela concerne les forages STSY0003, STSY0004, STSY0005, STSY0006, STSY0038 et STSY0037.

Dans ce chapitre nous signalons également un doute dans la base de données *Prélèvements* sur ce dernier point **STSY0037** (FORAGE CREPIEUX RAYMOND/ALBERT) qui est donné pour plus 1 Mm³/an (volume très important) prélevé dans la molasse, le tout sur la base d'un renseignement datant de 1992 : compte tenu du volume en jeu, nous préconisons au SAGE de vérifier spécifiquement ce point lors de la prochaine actualisation de la base.

Mois	AEP	Industriel	Agricole
Janvier	8,33%	8,70%	0,0%
Février	8,33%	8,70%	0,0%
Mars	8,33%	8,70%	0,6%
Avril	8,33%	8,70%	4,3%
Mai	8,33%	8,70%	4,4%
Juin	8,33%	8,70%	13,6%
Juillet	8,33%	8,70%	34,3%
Août	8,33%	4,35%	35,9%
Septembre	8,33%	8,70%	5,9%
Octobre	8,33%	8,70%	1,0%
Novembre	8,33%	8,70%	0,0%
Décembre	8,33%	8,70%	0,0%

TABLEAU 3 : CALENDRIER TYPE DE RÉPARTITION MENSUELLE DES PRÉLÈVEMENTS EN FONCTION DES USAGES

NB : lors du comité de pilotage du 31 Mai 2013, Monsieur Vernay (hydrogéologue, DREAL) nous a indiqué avoir identifié une erreur dans la base de donnée puits du SAGE au niveau du captage de l'aéroport de Lyon Saint Exupéry (id : COLO0010). D'après les informations recueillies par Monsieur Vernay, il apparaît que ce pompage ne sollicite pas la molasse comme indiqué dans la base de donnée mais l'aquifère Fluvio-glaciaire. De plus, Monsieur Vernay signale qu'une partie du volume déclaré est réinjecté en amont (environ 650 000 m³ pour un prélèvement de 1 Mm³). Cette observation a été intégrée dans la base de données et prise en compte lors de la détermination des seuils piézométriques et des volumes prélevables de la présente étude.

2.3 Pluviométrie et recharge des aquifères

2.3.1 Données brutes

Les valeurs d'ETP (évapotranspiration potentielle) n'étant plus disponibles sur la station de LYON-ST EXUPERY (réf. 69299001), ce sont désormais les données Météo France sur LYON-BRON (réf. 69029001) qui sont utilisées pour quantifier la recharge dans le modèle. Le récapitulatif des cumuls annuels de pluie efficace (précipitations brutes moins ETP) est donné en Figure 1.

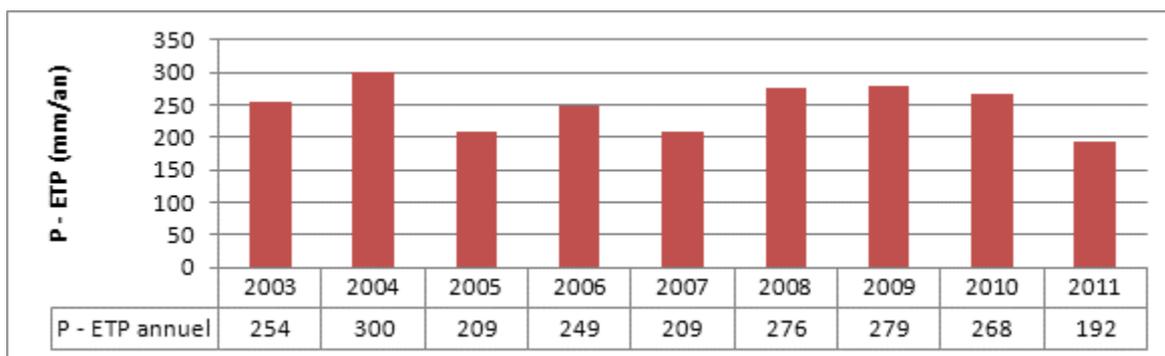


FIGURE 1 : PRÉCIPITATIONS EFFICACES (P-ETP) ANNUELLES EN MM

Sur la période de calage, la moyenne des neuf années 2003/2011 est de 249 mm/an. L'année 2011 est déficitaire par rapport à cette moyenne avec 192 mm/an.

On trouvera en figure 2 les valeurs mensuelles de P-ETP pour 2010 et 2011.

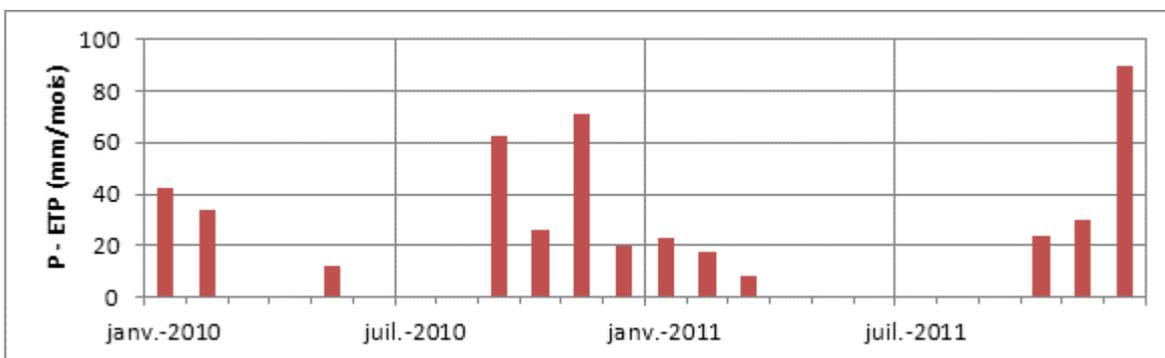


FIGURE 2 : PRÉCIPITATIONS EFFICACES (P-ETP) MENSUELLE EN MM

2.3.2 Recharge de l'aquifère fluvio-glaciaire

2.3.2.1 Pluie directe

Dans NAPELY, la recharge de la nappe est calculée en considérant une RFU¹ de 20 mm. Le ruissellement est considéré comme nul car hormis l'Ozon (qui draine la nappe), il n'existe pas d'hydrographie de surface dans l'Est Lyonnais : l'infiltration des eaux de pluie est donc prépondérante. Ceci est confirmé par les valeurs de l'Indice de Développement et de Persistance de Réseaux (IDPR) du BRGM sur l'emprise de la zone d'étude, toutes inférieures à 1000 (**Infiltration majoritaire** par rapport au ruissellement superficiel).

D'autre part, le calage 2010/2011 du modèle conserve un principe de décalage temporel pour la pluie efficace directe appliquée à la surface de l'aquifère supérieur (fluvio-glaciaire et alluvions du Rhône), selon la formule suivante :

$$P_{\text{eff}} = 0.5 \times P_{\text{mois } n} + 0.5 \times P_{\text{mois } n-1}$$

L'histogramme saisi est ainsi celui donné en figure 3.

¹ RFU pour Réserve du sol Facilement Utilisable : quantité d'eau exploitable par la végétation.

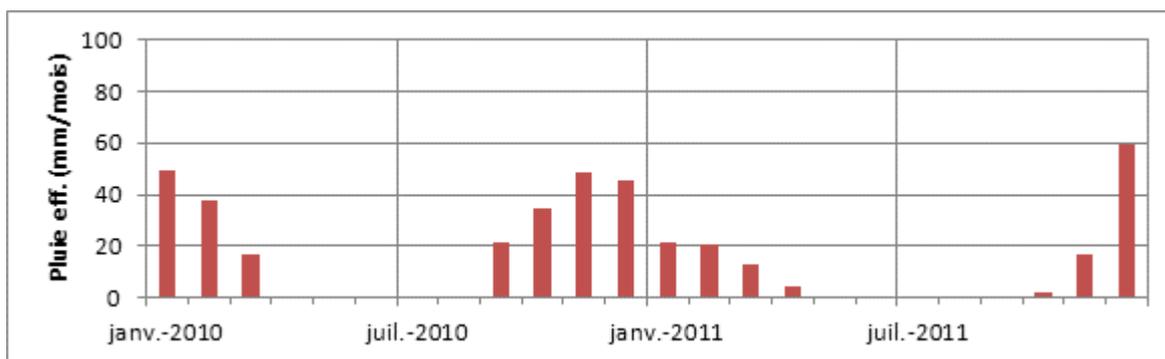


FIGURE 3 : PLUIE EFFICACE MENSUELLE INTRODUITE DANS LE MODÈLE

2.3.2.2 Apports de bordure

Comme lors des phases calage précédentes, les apports de bordure (ou apports des versants) dans l'aquifère supérieur sont liés à la pluviométrie avec application de la loi de décalage ci-dessous :

$$\text{Recharge bordure} = (0.5 \times P_{\text{eff}} \text{ mois } n + 0.5 \times (P_{\text{eff}} \text{ année } n - 1) / 12) \times \text{Superficie Bassin Versant}$$

L'histogramme de la recharge globale par les bordures du modèle pour 2010 et 2011 est présenté en figure 4.

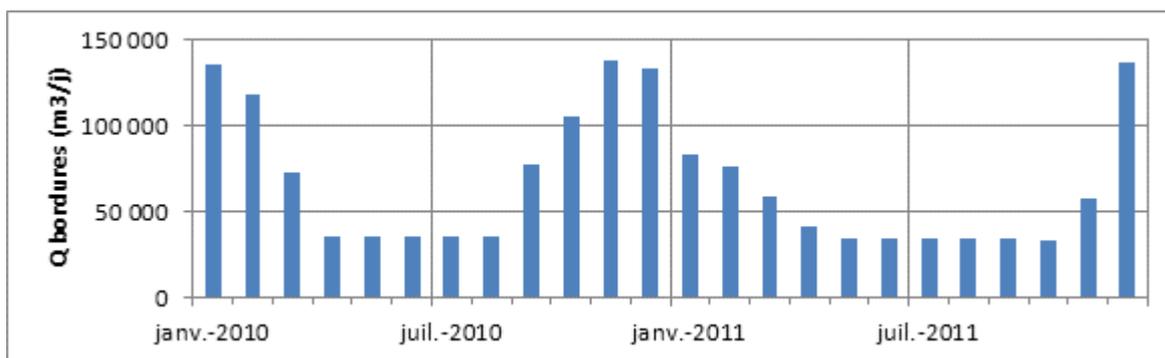


FIGURE 4 : RECHARGE PAR LES BORDURES EN MM

2.3.3 Alimentation de l'aquifère molassique

Afin de reproduire les variations de nappe observées sur le piézomètre situé à l'amont du couloir d'Heyrieux (DIREN Buclay), une modification a été apportée sur les flux de bordure qui alimentent l'aquifère inférieur de la molasse par rapport aux simulations précédentes. En effet, l'hypothèse de débit constant de 24,2 Mm³/an qui alimentait auparavant l'aquifère molassique dans le modèle par les limites est et sud ne permet pas de reproduire la diminution du niveau de la nappe sur ce secteur. Cette règle a donc été modifiée pour ce calage 2010/2011 par un débit variable indexé sur la mesure de pluie brute.

A noter que l'évolution du niveau de la nappe sur le piézomètre du DIREN Buclay est en diminution constante depuis le printemps 2009, soit plus de 3 ans. Les mesures montrent que le niveau piézométrique ne réagit pas rapidement aux précipitations. Les variations de niveau sont tamponnées et s'apparentent davantage au comportement d'un aquifère profond qu'à celui d'un aquifère superficiel (qui serait plus réactif aux épisodes pluvieux). Il est probable que ce piézomètre capte l'aquifère de la molasse plutôt que celui des alluvions fluvio-glaciaires. Les variations de niveau dans la molasse ne sont pas forcément corrélées à celles du fluvio-glaciaire car les bassins versants et les temps de transit dans l'aquifère sont différents pour chacune de ces entités. La baisse de niveau enregistrée au droit du piézomètre de Buclay est probablement liée à un déficit d'alimentation sur le bassin versant de la molasse. Une étude particulière de la molasse serait nécessaire pour valider cette hypothèse.

Les débits d'entrée dans le modèle au niveau de l'aquifère molassique retenus pour la période 2010/2011 sur les limites du modèle sont présentés en figure 5. Le débit entrant moyen sur les deux années est de 15,7 Mm³/an. Les études hydrogéologiques antérieures indiquent que le volume réel de ces apports n'est pas directement mesurable et toutes concluent à une forte incertitude. Notons que les ordres de grandeur adoptés ici restent dans la plage des valeurs annoncées dans la littérature (de 4,2 à 55 Mm³/an).

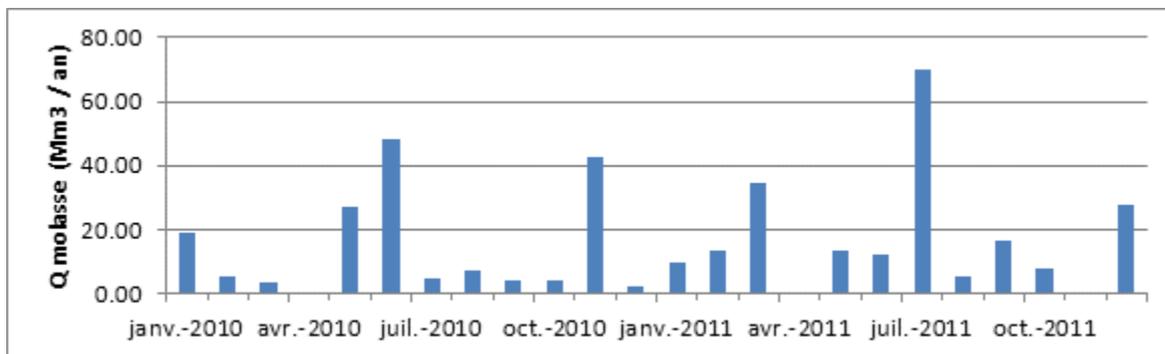


FIGURE 5 : ALIMENTATION DE LA MOLASSE EN LIMITE SUD ET EST

La méthodologie utilisée lors de cet ajustement repose sur une série de tests de sensibilité du modèle en imposant différents histogrammes de flux entrant par la molasse. La figure 6 illustre les réponses obtenues sur le piézomètre DIREN Buclay (voir localisation en figure 7).

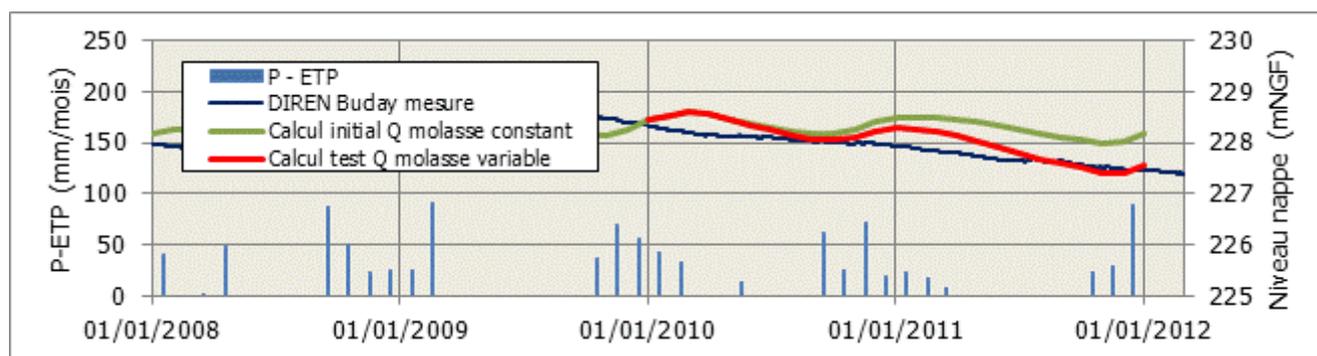


FIGURE 6 : CALAGE PIÉZOMÈTRE BUCLAY APRÈS AJUSTEMENT DU DÉBIT D'ENTRÉE MOLASSE

2.4 Perméabilité et emmagasinement des aquifères

La perméabilité des alluvions fluvio-glaciaires a été modifiée :

- dans le secteur du captage AEP de Mions sur la base des résultats de l'essai de pompage effectué pour le projet CFAL (rapport ASCONIT - *Investigations complémentaires sur le site AEP de Mions-Sous La Roche* – Septembre 2012) ; la perméabilité initiale de 2.10^{-4} m/s a été augmentée à la valeur mesurée de $2,03.10^{-3}$ m/s
- dans le couloir d'Heyrieux, pour le calage des nouvelles données piézométriques disponibles (secteurs SIAVO Ozon et carrières UNICEM).

La perméabilité de la molasse et les coefficients d'emmagasinement des deux aquifères n'ont pas été modifiés. La nouvelle carte des perméabilités pour la couche supérieure du modèle est donnée en annexe 1.

2.5 Altimétrie de la Molasse

La cote NGF du toit de la molasse (équivalent à la base des alluvions) a été mise à jour avec les sondages de reconnaissance géotechnique réalisés pour l'étude du CFAL (données Géotec 2011). Cela concerne le

secteur de la plaine de Corbas dans le couloir d'Heyrieux. La localisation des sondages est présentée en figure 7. La nouvelle carte du substratum molassique est fournie en annexe 2.

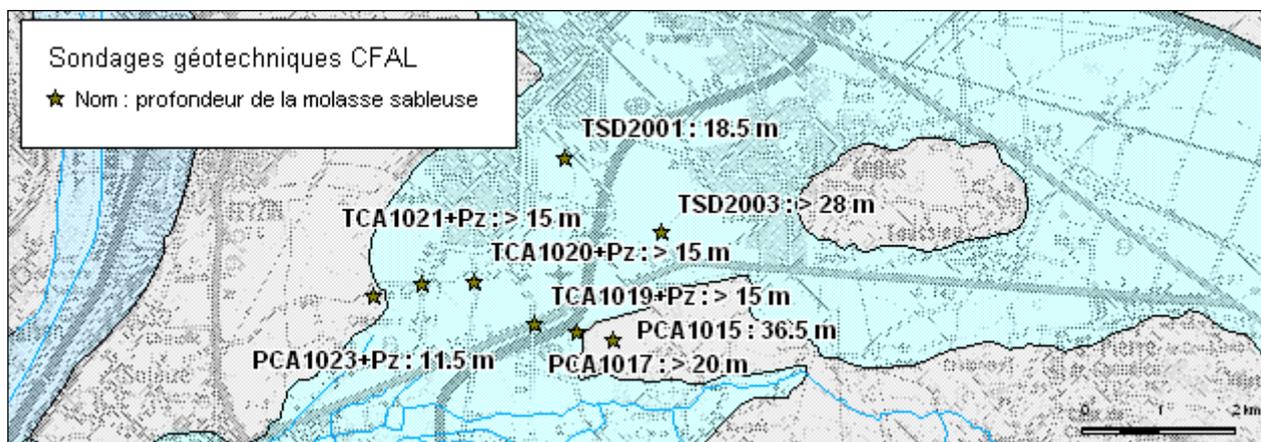


FIGURE 7 : PLAN DE LOCALISATION DES SONDAGES CFAL

3. Calage piézométrique 2010 – 2011

3.1 Résultats sur les piézomètres du réseau SAGE

Le résultat du calage du modèle est donné dans les pages à suivre sous forme de graphiques de comparaison entre niveaux calculés et niveaux mesurés sur les piézomètres du réseau de surveillance SAGE : calcul sur 8 ans (avec en rappel les 6 ans issus des calages antérieurs puis les 2 ans du présent calage) effectué au pas de temps mensuel. La localisation des piézomètres est donnée sur la carte piézométrique en figure 24. Les résultats sont présentés par couloir hydrogéologique, d'amont en aval. Pour indication, ces graphiques comportent également le résultat des calculs effectués avec l'ancienne version du modèle (calage 2010).

3.1.1 Couloir de Meyzieu

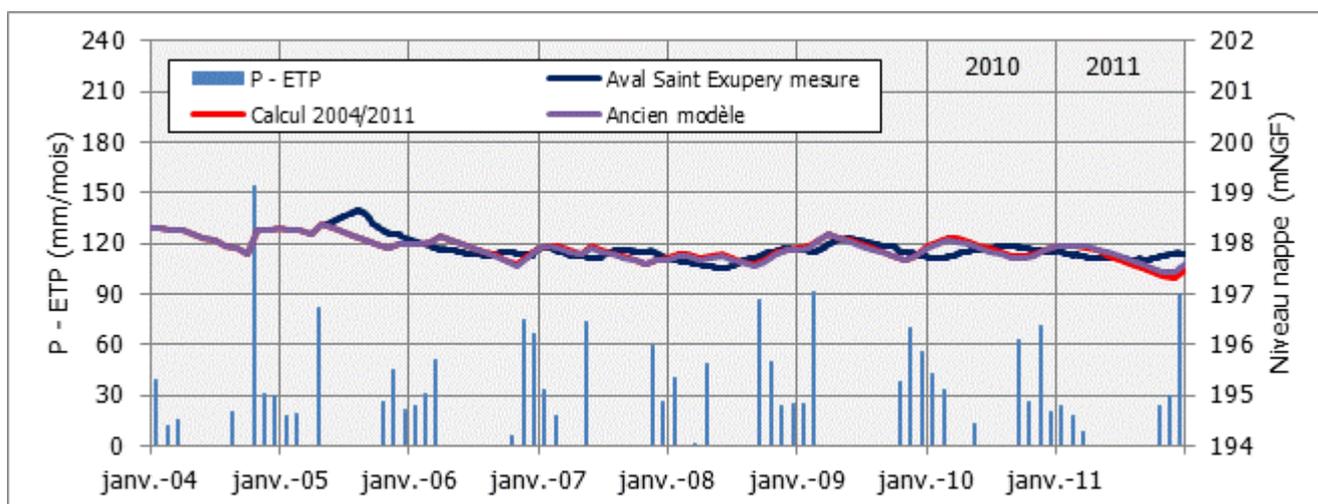


FIGURE 8 : PIÉZOMÈTRE AVAL SAINT EXUPÉRY

Situé à l'amont du couloir de Meyzieu et donc relativement éloigné des pompages agricoles du SMHAR, le niveau de nappe sur le piézomètre St Exupéry est principalement influencé par la pluviométrie : il montre de faibles variations saisonnières (l'amplitude du battement de nappe mesuré est de 0.40 m sur une année). En 2010 et 2011, la piézométrie est stable, le niveau de nappe calculé oscille autour des niveaux mesurés avec un écart de 20 à 30 cm. Les résultats du calage 2010-2011 sont assez similaires à ceux du précédent calage.

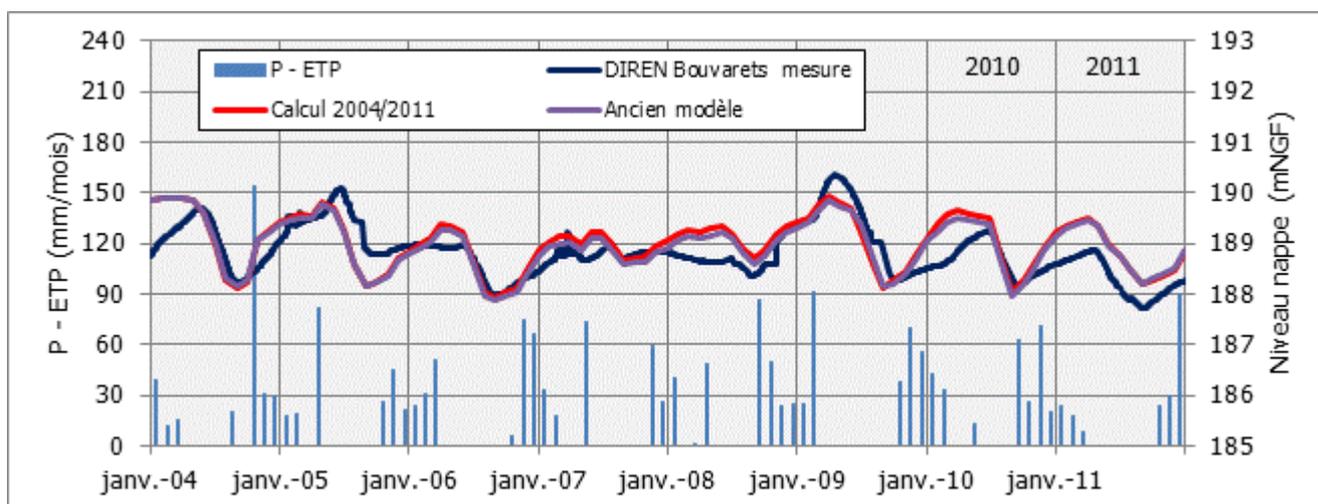


FIGURE 9 : PIÉZOMÈTRE DIREN BOUVARETS

Le piézomètre DIREN Bouvarets est sans doute l'ouvrage le plus représentatif du couloir de Meyzieu. En position intermédiaire entre St Exupéry et les forages du SMHAR, les variations de nappe y sont relativement prononcées (2.00 m de battement en 1 an). Ces battements annuels sont assez bien reproduits. La tendance à la baisse du niveau de hautes eaux qui s'observe en 2011 est moins marquée dans le résultat du calage que sur les niveaux mesurés, et l'écart calcul/mesure en fin d'historique est de 0.57 m. Il s'agira d'un point à surveiller lors des prochaines opérations de calage.

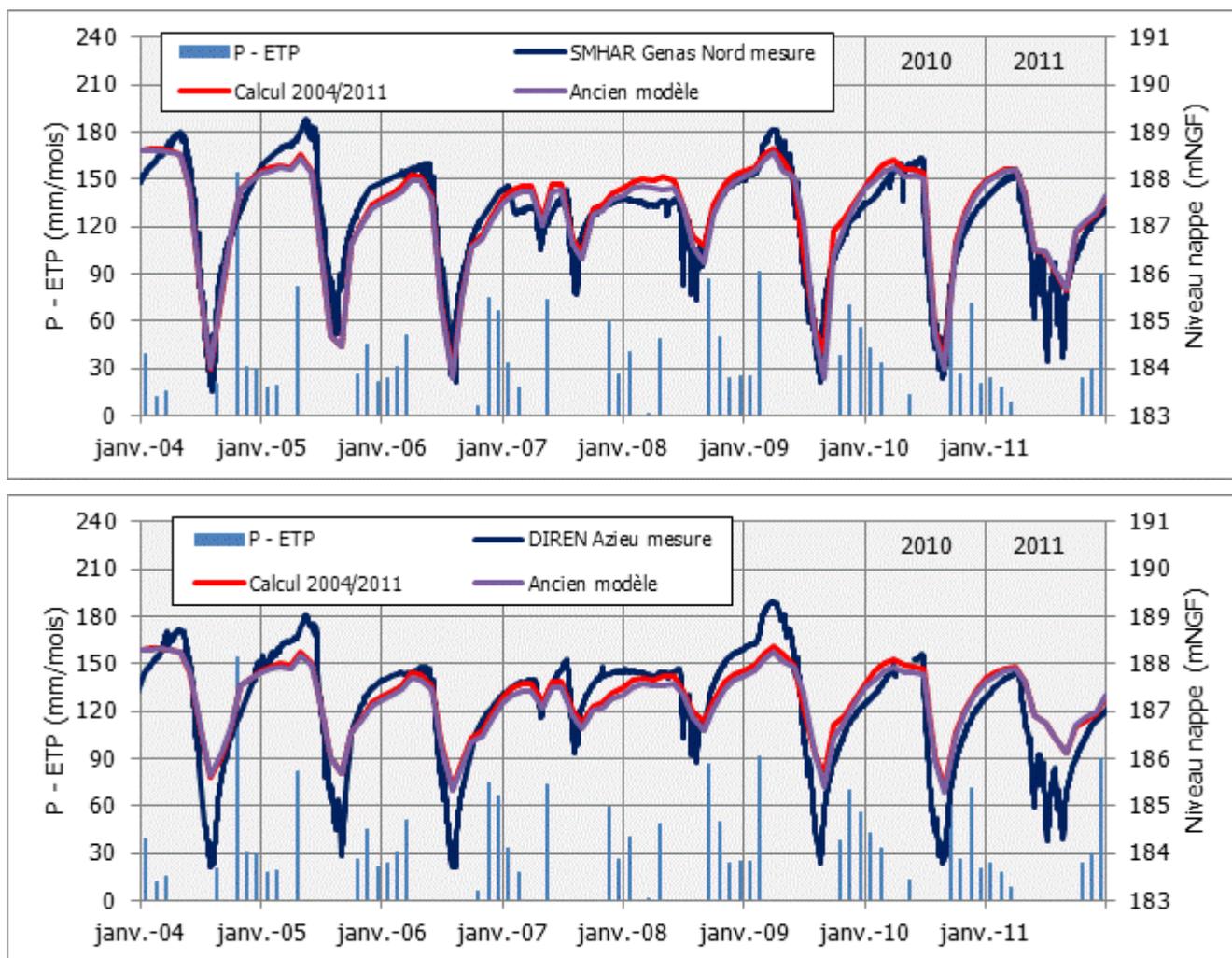


FIGURE 10 : PIÉZOMÈTRES SECTEUR SMHAR GENAS

On trouve sur ce secteur deux piézomètres proches des forages d'irrigation : SMHAR Genas Nord et DIREN Azieu. Ces deux ouvrages montrent un comportement identique. Les cycles annuels de descente/remontée de la nappe lors des campagnes d'irrigation sont bien retranscrits, en particulier ceux mesurés sur SMHAR Genas en 2010. L'amplitude du battement de nappe de l'ordre de 5.00 m sur ces deux ouvrages.

Comme sur Bouvarets, les basses eaux estivales au maximum des pompages restent sous-estimées par le calcul. Le modèle réagit correctement à la fin de la campagne d'irrigation pour arriver à un niveau proche de la mesure en fin d'année sur les deux ouvrages.

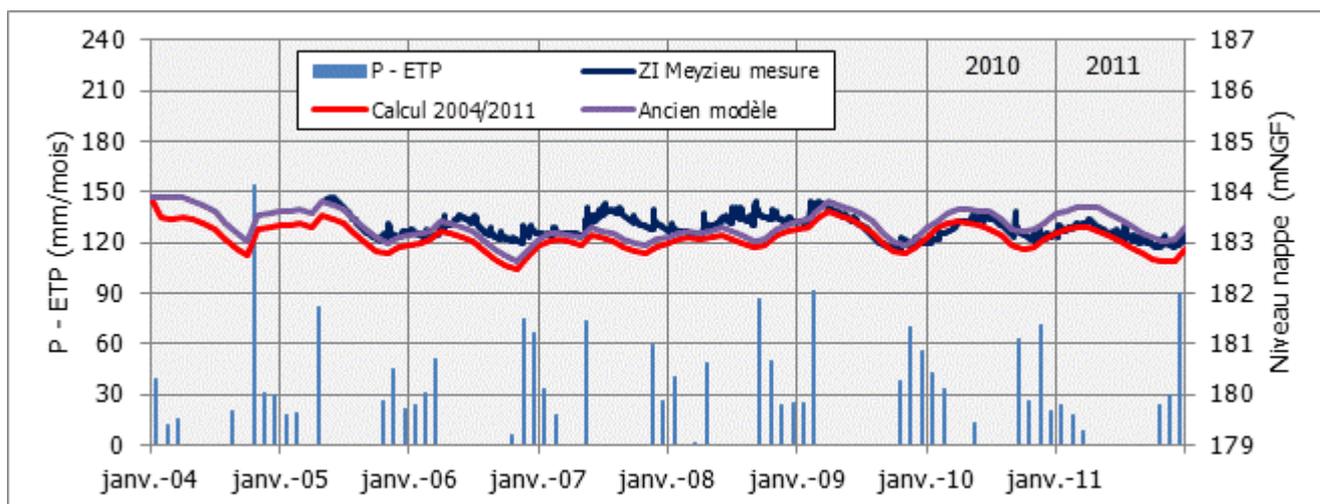


FIGURE 11 : PIÉZOMÈTRE ZI MEYZIEU

A l'aval du couloir, l'impact saisonnier des prélèvements agricoles n'est plus guère visible et le comportement du piézomètre ZI Meyzieu est en fait assez proche de ce que l'on observe en amont sur le piézomètre St Exupéry : le battement saisonnier et l'évolution inter annuelle sont d'ampleur limitée et bien restitués par le modèle en 2010 et 2011. La piézométrie calculée est proche des niveaux observés sur ces deux dernières années de calage, l'écart final est d'environ 25 cm.

3.1.2 Couloir de Chassieu-Décines

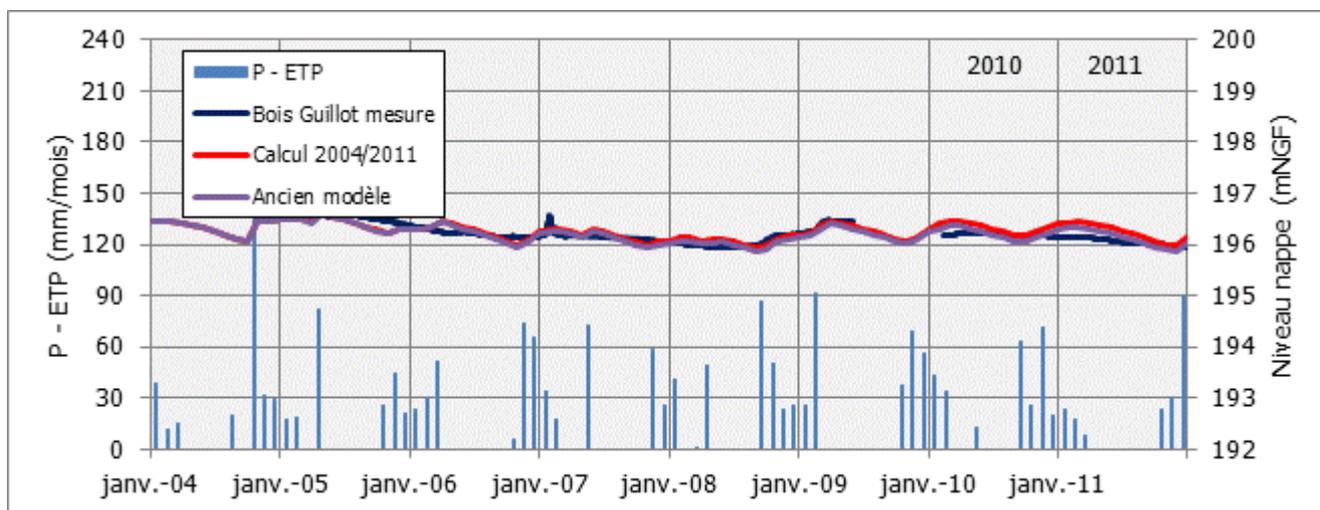


FIGURE 12 : PIÉZOMÈTRE BOIS GUILLOT

Tout en amont du couloir de Décines, le niveau de nappe calculé sur le piézomètre Bois Guillot est correct : il s'éloigne au maximum de 20 cm de la mesure sur 2010/2011. La légère tendance à la baisse sur ces deux années est bien reproduite.

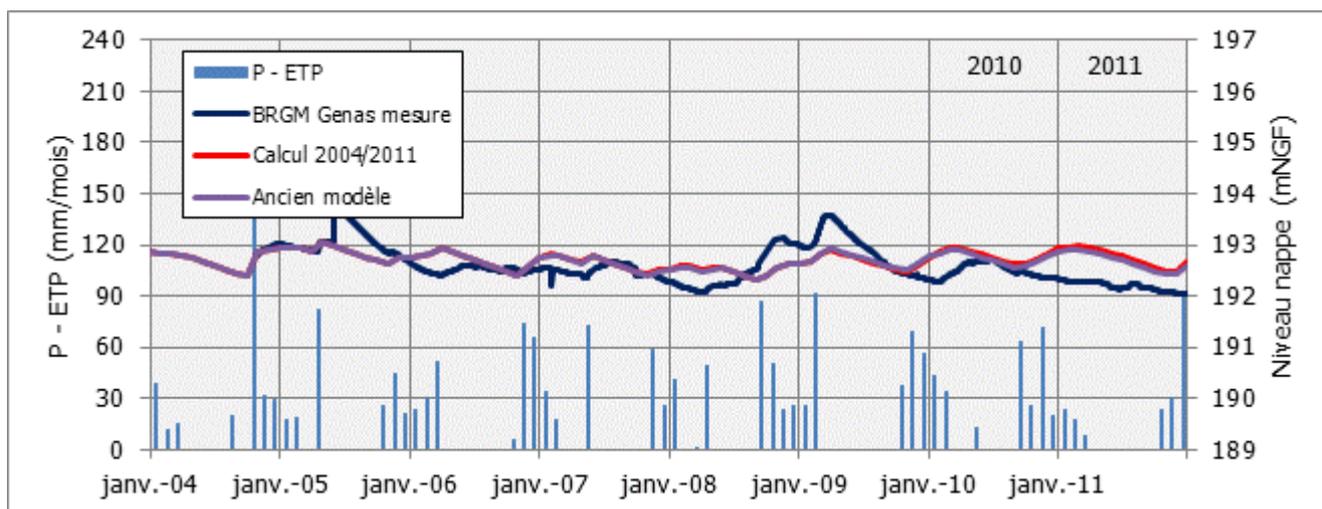
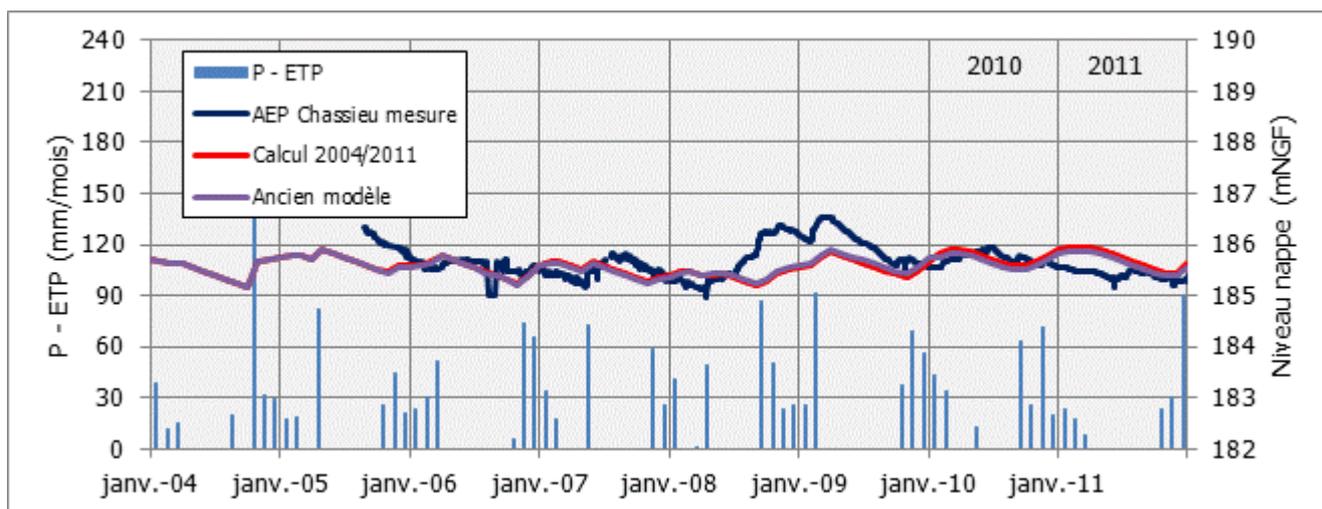


FIGURE 13 : PIÉZOMÈTRE BRGM GENAS

La nappe est plus réactive sur BRGM Genas qu'à Bois Guillot. On remarquera sur les mesures que la pluviométrie de l'hiver 2010-2011 n'a pas été restituée en termes de piézométrie mesurée. En conséquence, le modèle s'écarte parfois du niveau mesuré (jusqu'à 70 cm).



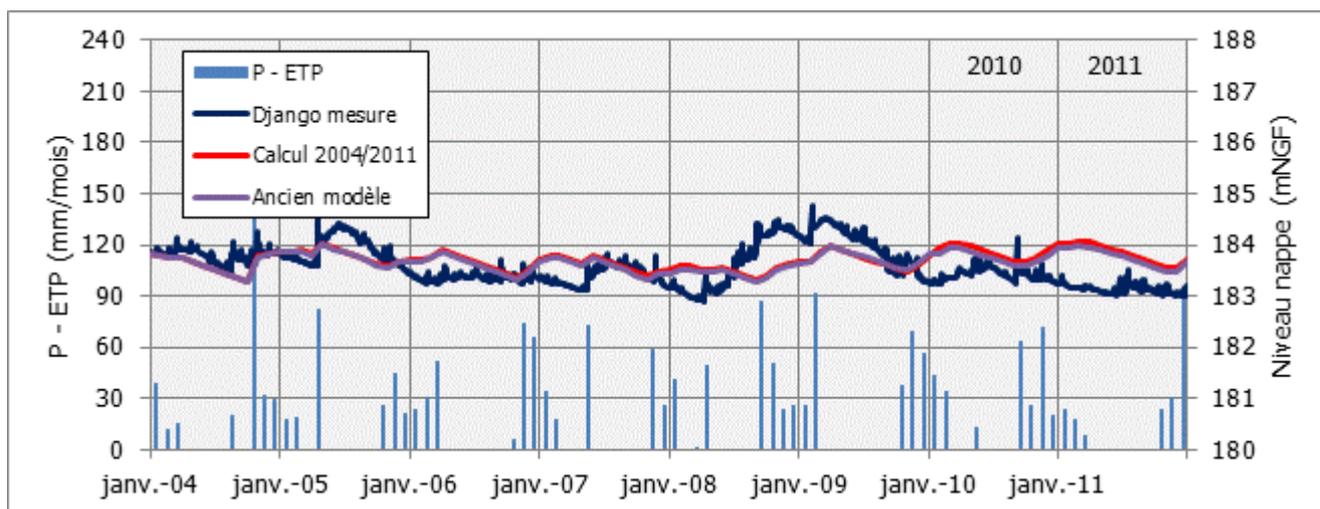


FIGURE 14 : PIÉZOMÈTRES SECTEUR CHASSIEU

Les deux piézomètres en partie centrale du couloir de Décines (AEP Chassieu et Django) ont des comportements globalement identiques, les tendances inter annuelles mesurées sont les mêmes que BRGM Genas. Les niveaux calculés sont globalement similaires à ceux du calage précédent de 2008/2009 pour aboutir au fin 2011 à des niveaux proches de la réalité.

D'une manière générale, les mesures indiquent une très bonne réaction à la recharge du printemps 2008 (47 mm) et de l'hiver 2009 (282 mm cumulés). Les recharges suivantes de 2010 (219 mm) et 2011 (210 mm) ont un impact limité sur la piézométrie. La réaction de la nappe sur ces épisodes est également beaucoup plus retardée. Sur la base de ces observations, il s'avère que la réaction de la nappe vis-à-vis des précipitations dans ce couloir est assez hétérogène et qu'il est difficile de reproduire avec le modèle NAPELY. De plus, la tendance baissière de la nappe sur les années 2010 et 2011 est assez proche de ce qui est observé sur le piézomètre DIREN Heyrieux ou sur le piézomètre de la piscine de Chassieu implanté dans la molasse. Il est donc probable que l'interaction entre les deux aquifères soit assez importante dans ce secteur.

3.1.3 Couloir d'Heyrieux

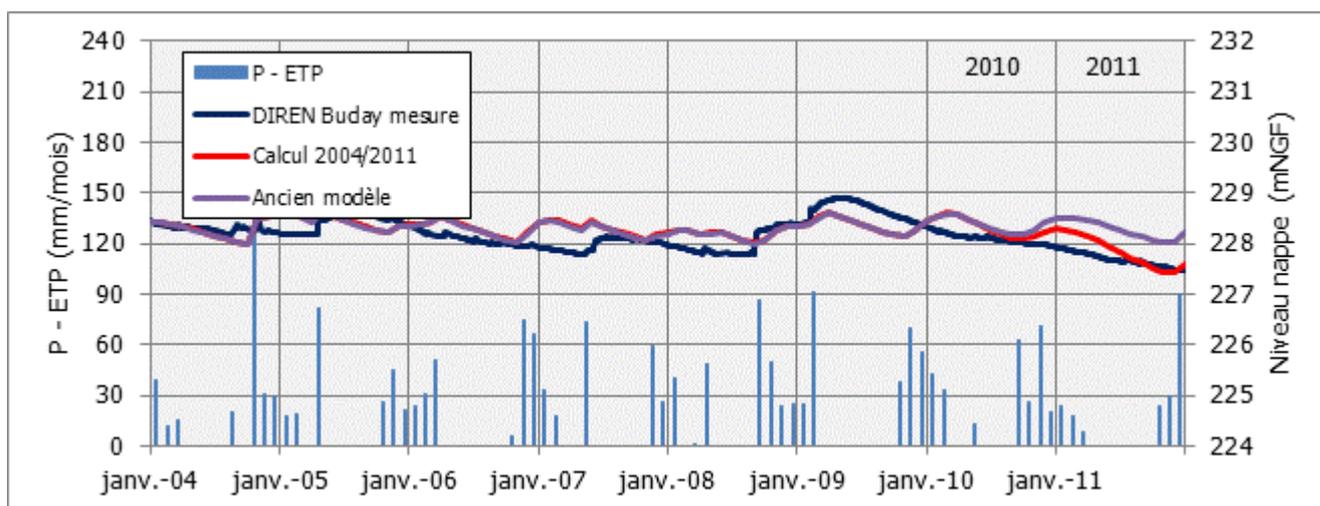


FIGURE 15 : PIÉZOMÈTRE DIREN BUCLAY

Le piézomètre DIREN Buclay montre une baisse régulière de la nappe depuis 2009 (moins 1.50 m). Cette tendance est globalement bien restituée par le modèle. On note également ici - et de manière plus flagrante que sur les autres couloirs - qu'aucun des mois pluvieux des trois dernières années ne semble avoir

d'incidence sur le niveau piézométrique mesuré. L'origine de ce comportement peut être liée à un déficit d'alimentation sur le bassin versant de la molasse. C'est notamment en raison du comportement de ce piézomètre Buclay que le principe d'alimentation transitoire de l'aquifère molassique évoqué au § 2.2.3 a été retenu. Ce paramétrage permet de retrouver pratiquement le niveau mesuré à fin 2011.

A noter que les variations du débit d'alimentation de la molasse n'ont d'incidence que sur cet ouvrage du couloir d'Heyrieux. Le calage des ouvrages situés à l'aval n'est pas modifié par les apports aux limites.

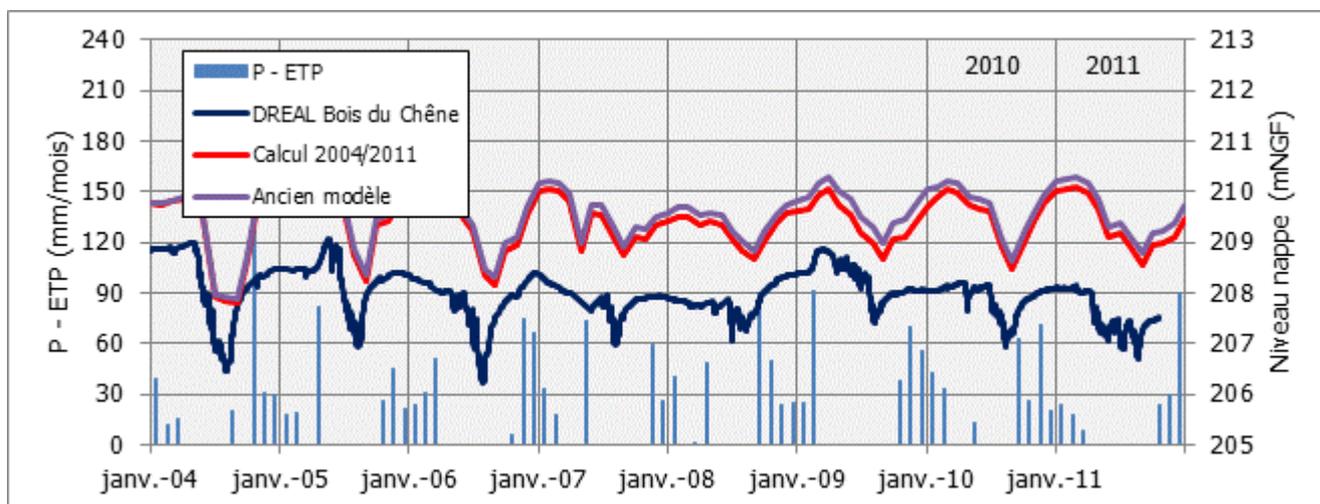
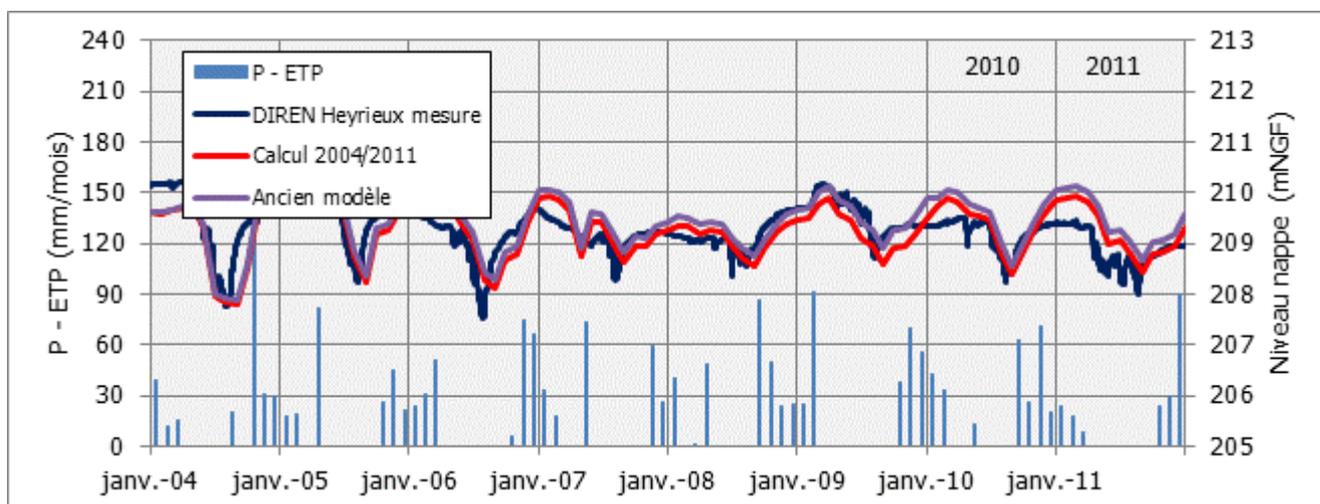


FIGURE 16 : PIÉZOMÈTRES SECTEUR SMHAR – BOIS DU CHÊNE

Dans le secteur Bois du Chêne, le niveau de la nappe est fortement influencé par les prélèvements du SMHAR (pointe en été) et l'AEP Grand Lyon (pompages répartis sur l'année).

Rappel : concernant les mesures, le rapport BRGM RP 57474 octobre 2009 signalait une incertitude sur le nivellement en altitude pour, au moins, un des piézomètres cités ci-dessus. Nous confirmons l'existence d'une anomalie de mesure, car en l'état, le modèle ne peut restituer un différentiel de 1.00 m pour des points si proches, d'autant qu'ils seraient situés pratiquement sur la même ligne isopièze (cf. carte piézométrique). En tout état de cause, nous avons privilégié le calage sur piézomètre DIREN Heyrieux.

Sur ces deux ouvrages, l'amplitude des cycles annuels de nappe est bien restituée. Comme sur les autres couloirs, les recharges hivernales de 2010 et 2011 sont un peu surestimées par le modèle sur DIREN Heyrieux mais le niveau final s'équilibre correctement.

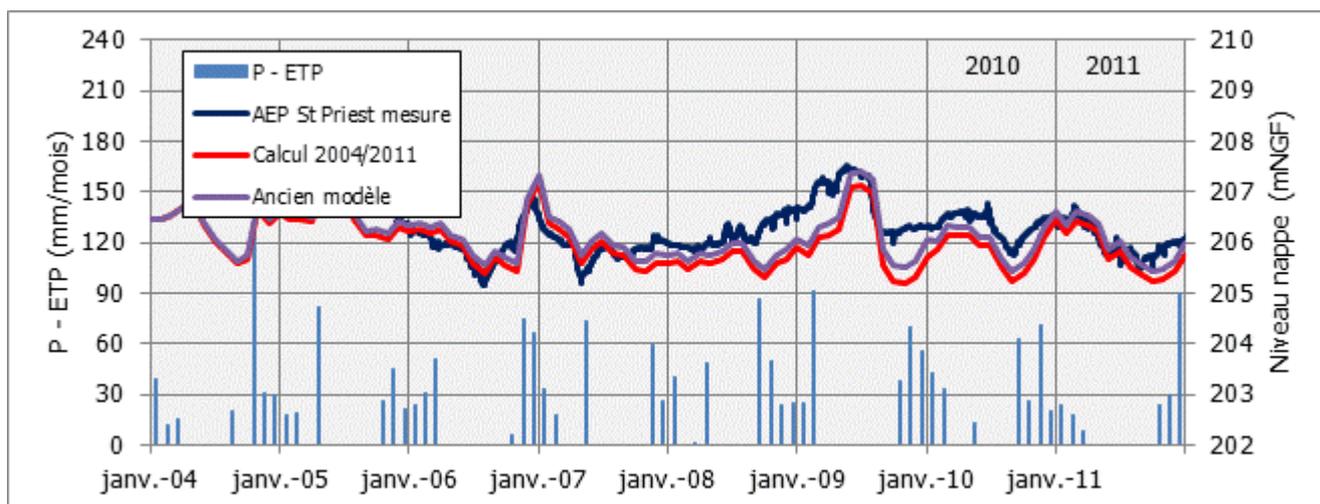
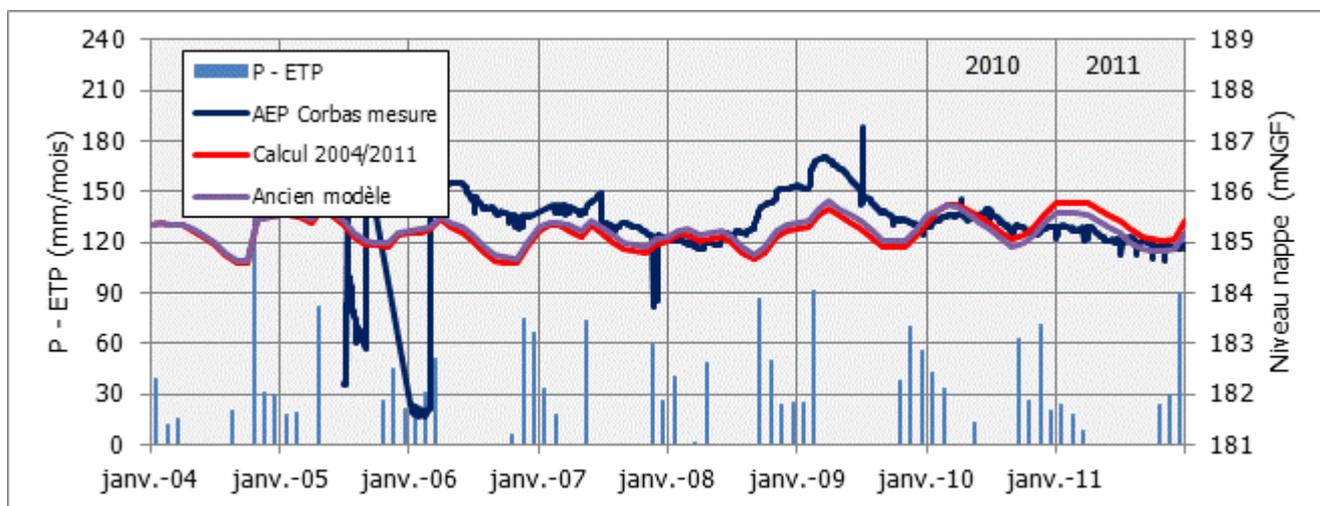
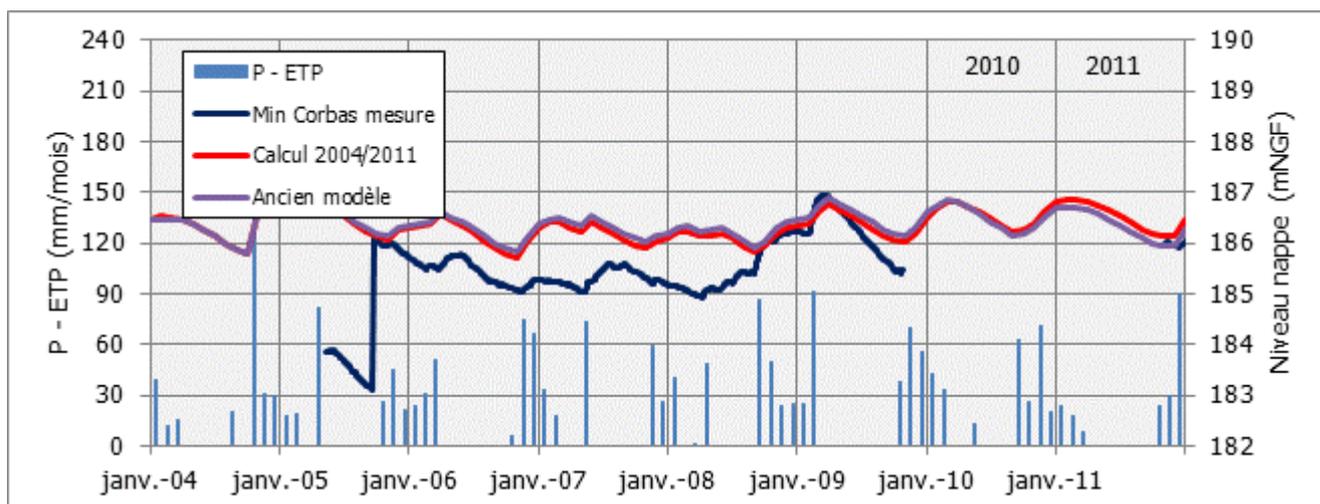


FIGURE 17 : PIÉZOMÈTRE AEP SAINT-PRIEST QUATRE CHÊNES

L'amplitude des variations piézométriques sur l'AEP St Priest est moins prononcée qu'à proximité des forages SMHAR (pompages de 450 m³/h en moyenne 2010/2011 contre environ 1000 m³/h en été pour le SMHAR). Le calage du modèle est satisfaisant sur ce secteur, en particulier pour 2011.



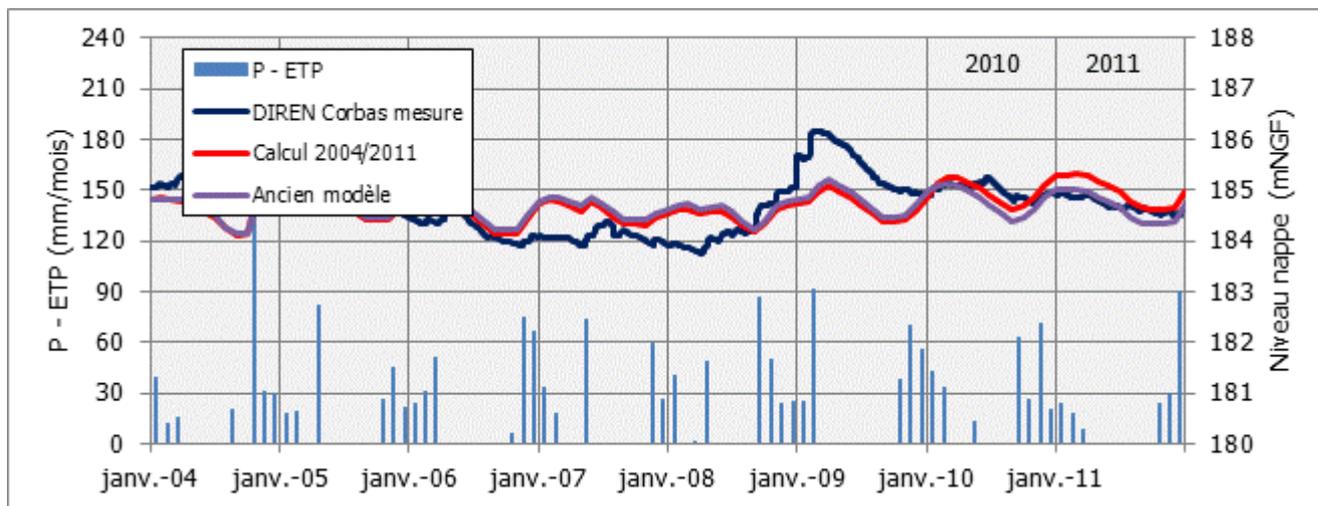


FIGURE 18 : PIÉZOMÈTRES SECTEUR CORBAS

Les écarts entre les valeurs calculées et mesurées sont quelquefois importants jusqu'en 2009 sur les 3 piézomètres du secteur Corbas, la réponse du modèle s'améliore au cours des deux dernières années, notamment en 2010. Comme ailleurs dans le couloir, la recharge hivernale 2011 est un peu trop marquée par le modèle et les niveaux calculés à fin 2011 sont supérieurs à la mesure d'environ 50 cm.

Nota : absence de mesures en 2010 sur MIN Corbas qui ne reprennent qu'à fin 2011.

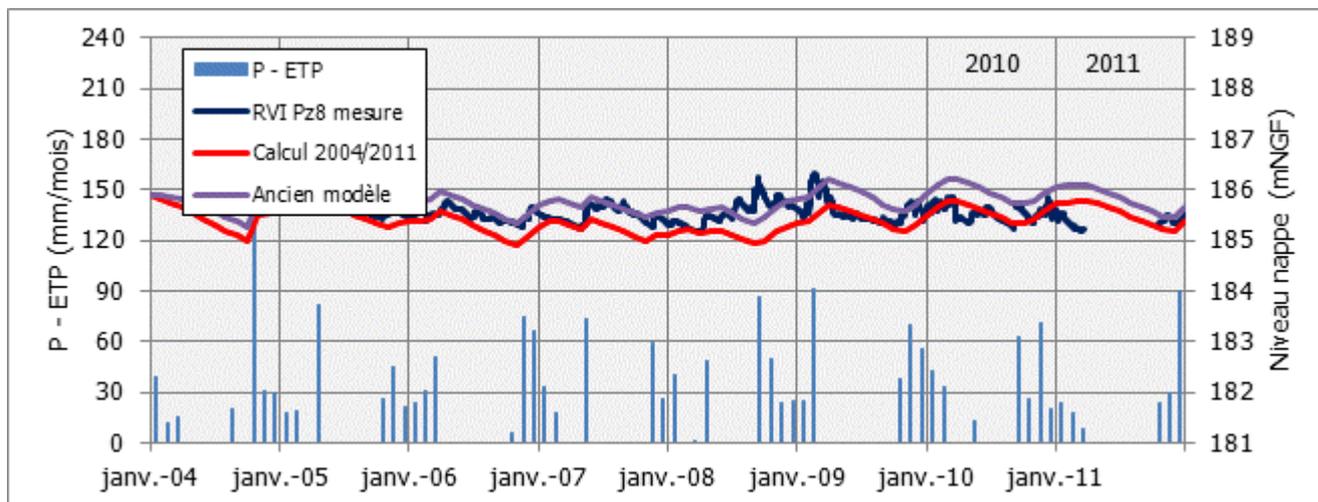


FIGURE 19 : PIÉZOMÈTRE RVI VÉNISSIEUX

Sur la branche Vénissieux du couloir d'Heyrieux, le niveau de la nappe est relativement stable sur la période de calage avec en général moins de 1 m de variation au cours d'une année, ce que retranscrit correctement le modèle. Le niveau calculé final est correct.

Dans l'ensemble, le comportement de la nappe sur le couloir d'Heyrieux depuis 2008 est assez proche des observations faites sur le couloir de Meyzieu. Il existe sur ces 2 couloirs des réactions assez hétérogènes vis-à-vis des précipitations qui sont probablement dues aux interactions entre l'aquifère des alluvions fluvio-glaciaires et l'aquifère de la molasse.

3.2 Autres contrôles sur le couloir d'Heyrieux

3.2.1 Localisation des points de mesure complémentaires

En complément aux contrôles de la piézométrie calculée sur les ouvrages du réseau SAGE Est Lyonnais donnés ci-dessus, les nouvelles données intégrées au calage 2010/2011 permettent une vérification sur trois zones du couloir d'Heyrieux (cf. figure 20), d'amont en aval :

- le suivi des carrières d'extraction de matériaux alluvionnaires situées au sud de St Bonnet de Mure (données UNICEM),
- les piézomètres de l'avant-projet CFAL (données RFF),
- le réseau des piézomètres du collecteur de l'Ozon (données SIAVO).

L'historique des données fournies ne débute qu'à partir de 2010, cette vérification est donc limitée aux périodes 2010 et 2011 du calage.

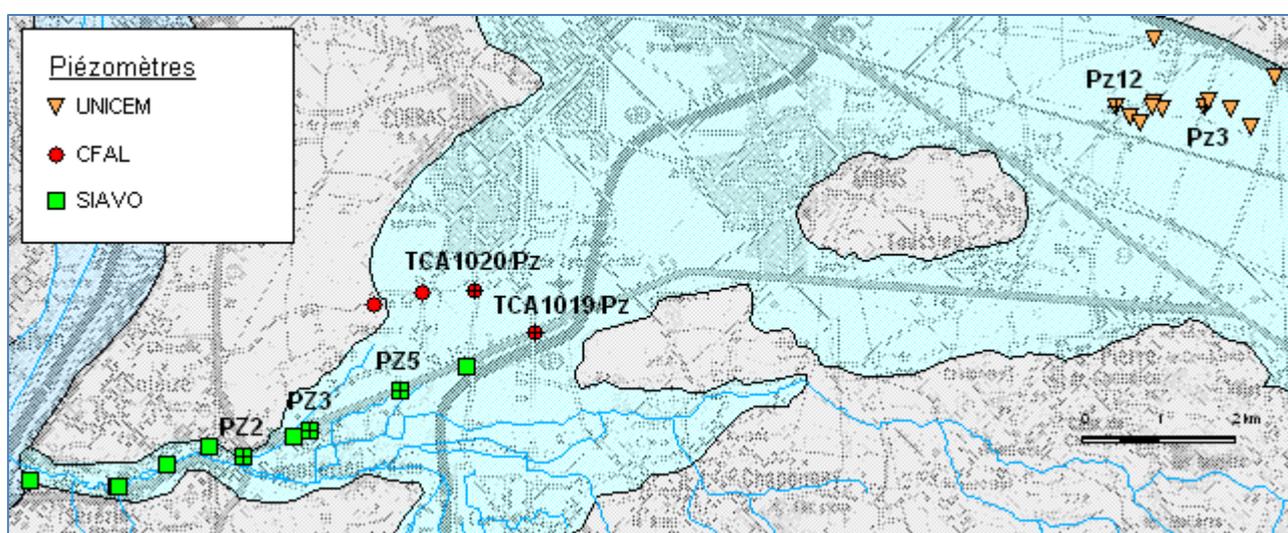
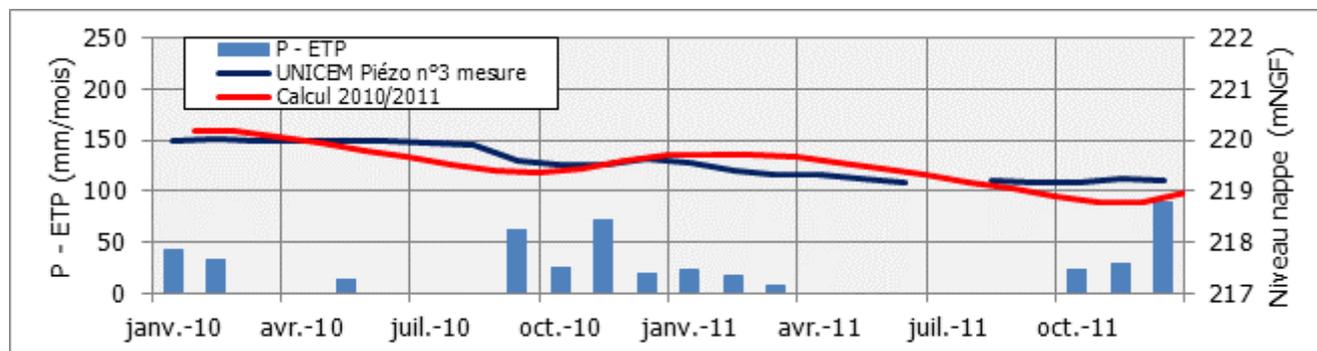


FIGURE 20 : LOCALISATION DES PIÉZOMÈTRES COMPLÉMENTAIRES

3.2.2 Piézomètres UNICEM

Le résultat du calage 2010/2011 est illustré en figure 21 avec la comparaison calcul/mesure sur deux points de suivi (Pz3 et Pz12).



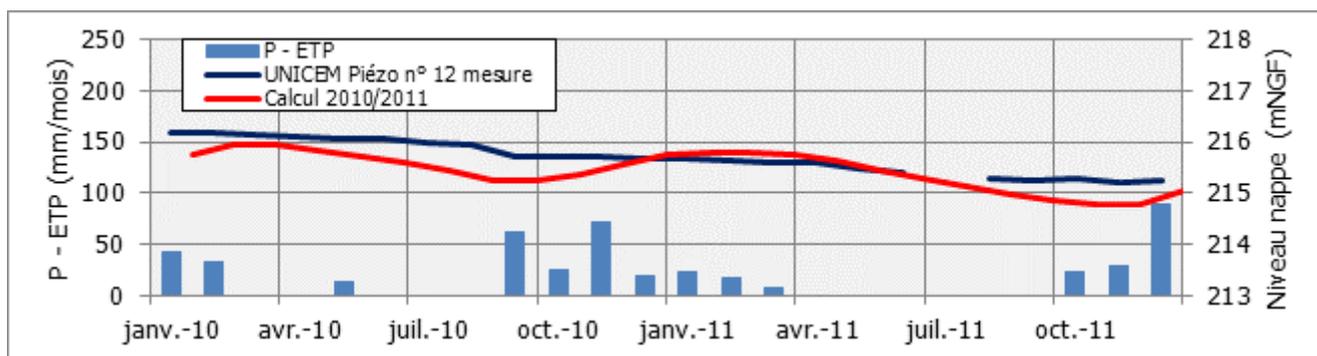


FIGURE 21 : PIÉZOMÉTRIE UNICEM 2010/2011

Sur cet épisode de calage, l'écart maximum entre le calcul et la mesure est de 40 cm. La piézométrie calculée retranscrit correctement la tendance à la baisse mesurée sur les deux ouvrages (environ moins 1 mètre entre janvier 2010 et décembre 2011).

3.2.3 Piézomètres CFAL

Les résultats sur les deux ouvrages CFAL implantés dans la plaine de Corbas sont donnés en figure 22.

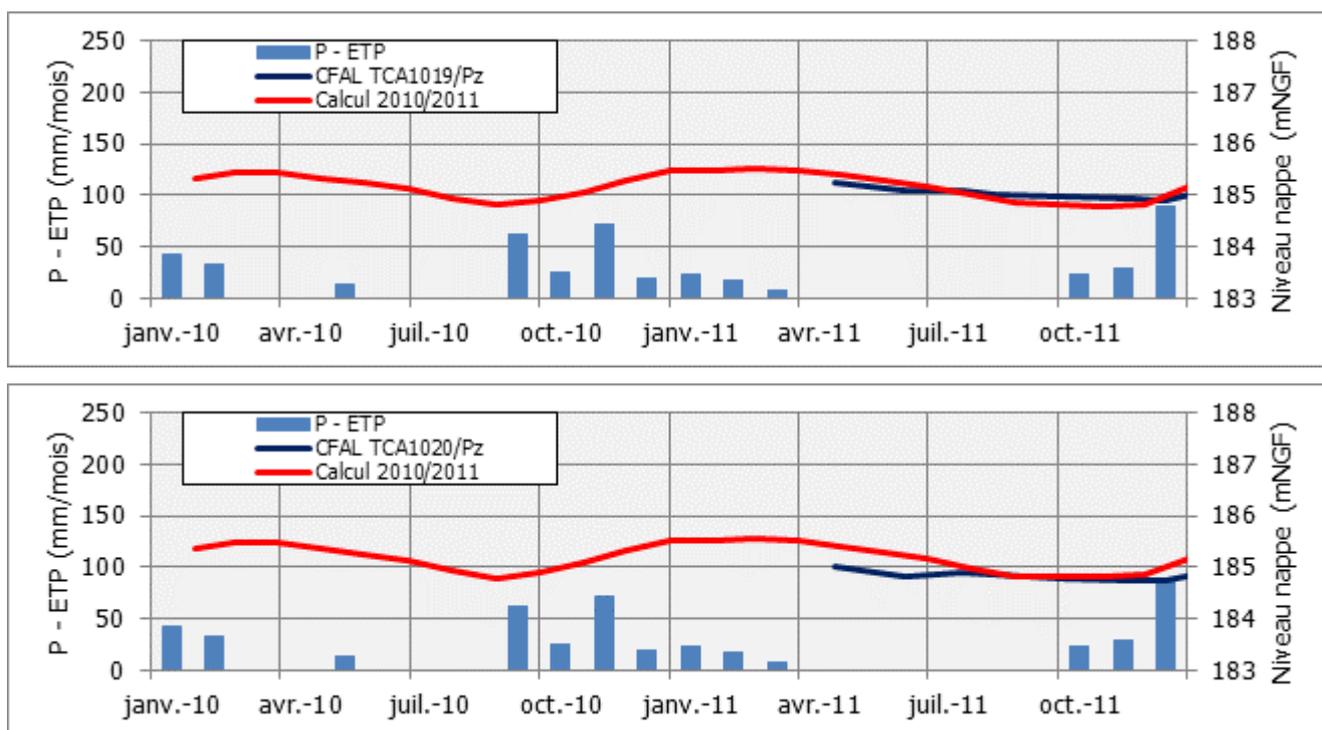


FIGURE 22 : PIÉZOMÉTRIE CFAL 2010/2011

Les mesures disponibles débutent avec la pose des piézomètres en mars 2011. On retiendra que jusqu'à fin 2011, la réponse du modèle est satisfaisante avec un écart inférieur à 20 cm.

3.2.4 Piézomètres collecteur Ozon

A signaler ici que l'examen préalable des données a montré des incertitudes sur les altitudes de tête des piézomètres communiquées par le SIAVO. Nous avons notamment remplacé les niveaux de nappe moyens

mesurés par le SIAVO sur le fond de plan piézométrique de l'étude BURGEAP *Caractérisation hydrique de la zone humide de Saint Symphorien d'Ozon - 2012* (cf. figure 23) et fait le constat suivant :

- la mesure de niveau de nappe sur Pz4 est manifestement trop basse (erreur de nivellement ?) ;
- la mesure SIAVO en Pz6 est vraisemblablement fautive car ce point a été à nouveau nivelé en 2012 par BURGEAP, ce qui place la référence en Z de l'ouvrage 2.50 m plus haut que l'altitude SIAVO, ceci étant beaucoup plus conforme avec les nombreuses valeurs alentours ;
- le niveau en Pz7 est trop bas par rapport à l'allure générale de la piézométrie (erreur de nivellement ?).

En conséquence, nous nous limitons à ne présenter le résultat du calage que sur les ouvrages Pz2, Pz3 et Pz5 (figure 24) dont les niveaux mesurés sont cohérents avec la carte piézométrique issue de l'étude de la zone humide de l'Ozon.

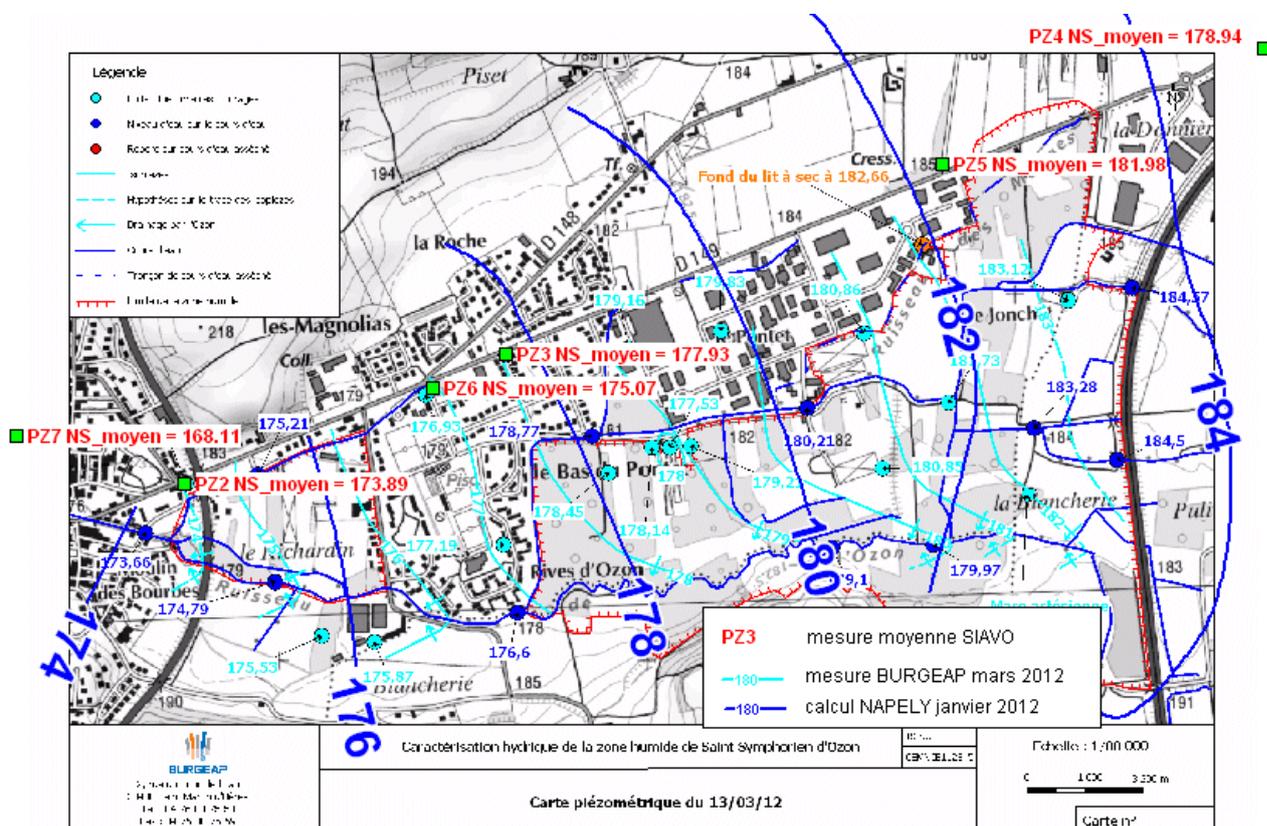


FIGURE 23 : PIÉZOMÉTRIE COMPARATIVE OZON

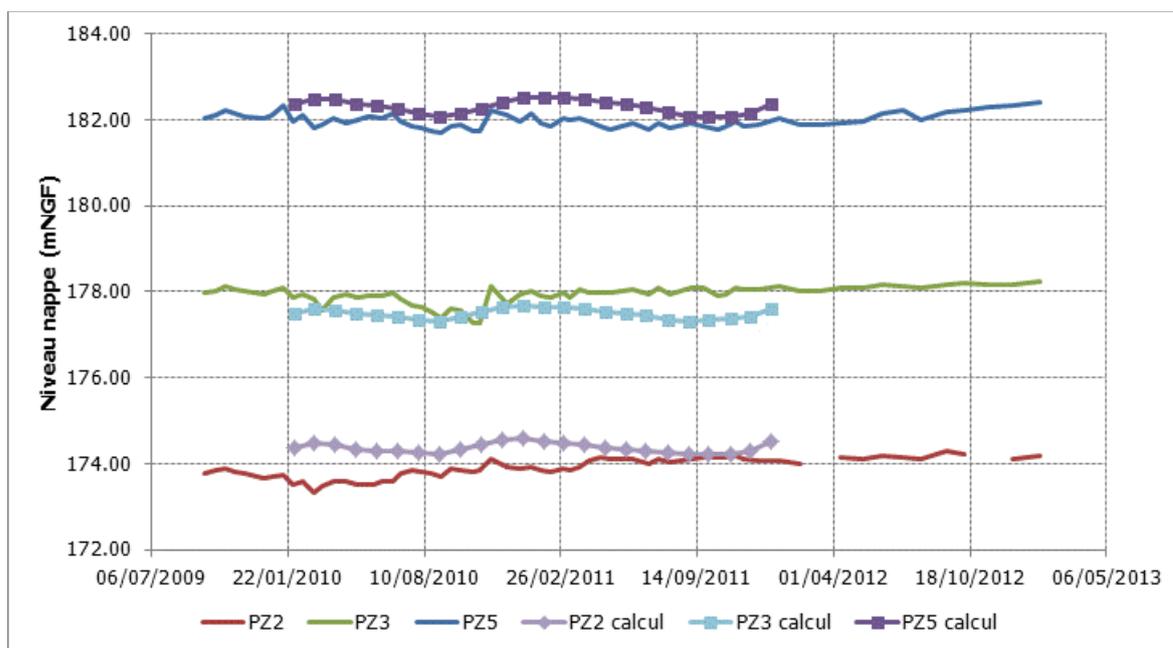


FIGURE 24 : PIÉZOMÈTRES SIAVO OZON

Indépendamment du calage, on observe une remontée générale de la nappe dans ce secteur de l'ordre de quelques dizaines de centimètres à partir de fin 2011. Cela fait suite aux travaux de réhabilitation du collecteur de l'Ozon qui ont permis de réduire le flux drainé par l'ouvrage ce qui constitue donc un apport d'eau supplémentaire à la nappe par rapport à la situation précédente. La piézométrie de ce secteur est relativement stable, en raison de la proximité de l'Ozon qui impose une charge et limite le battement de nappe.

Conformément à ces mesures, le niveau calculé par le modèle est stable sur cet épisode, l'écart final calcul/mesure est inférieur à 40 cm sur les trois piézomètres.

3.3 Carte piézométrique

La figure 24 en page suivante présente la piézométrie calculée en régime transitoire au 01/01/2012 obtenue au terme du calage.

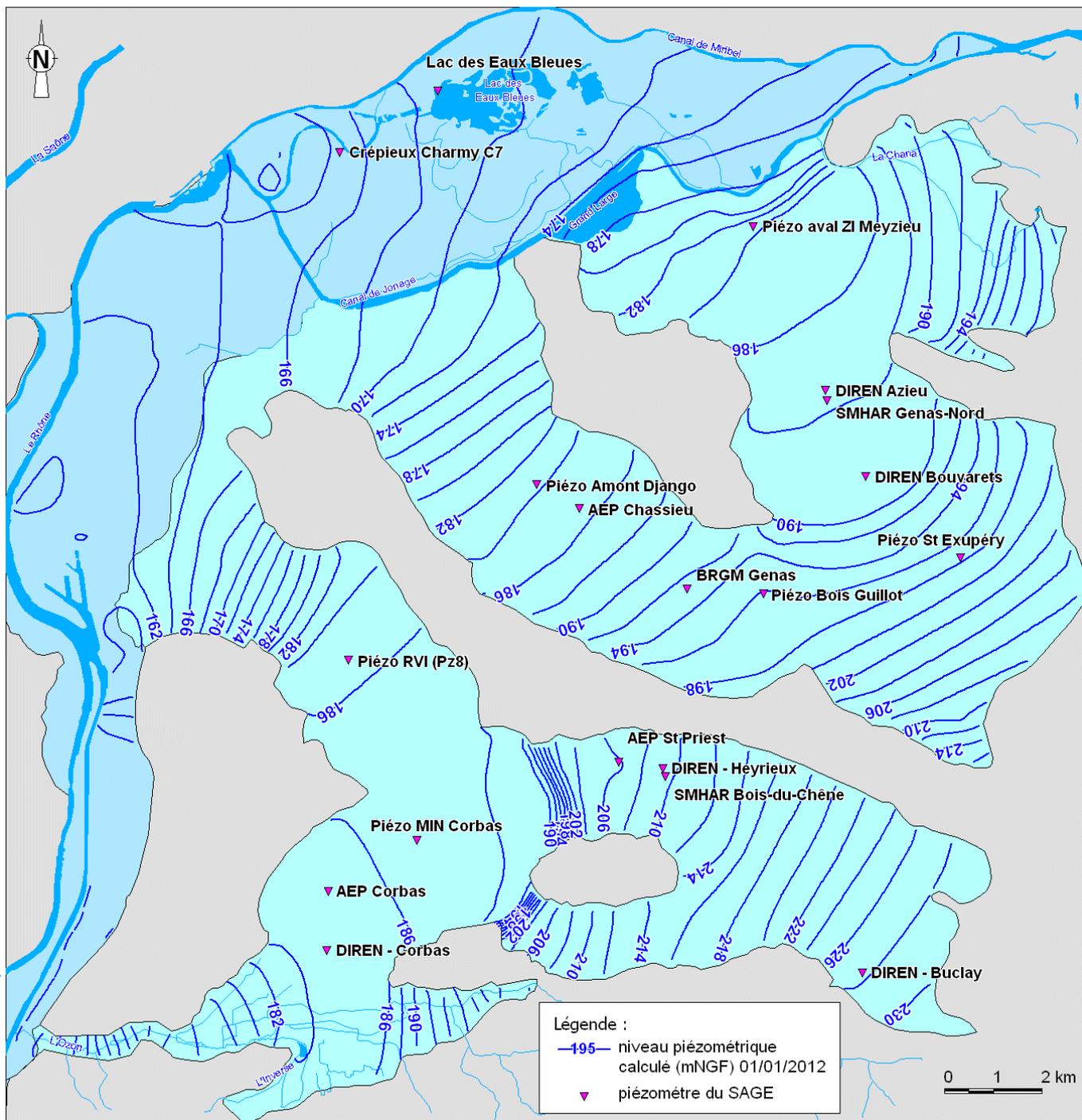


FIGURE 25 : CARTE PIÉZOMÉTRIQUE CALCULÉE JANVIER 2012

4. Bilans hydrauliques de nappe

Les bilans hydrauliques de nappe ont été extraits du modèle au terme du calage pour les années 2010 et 2011. Il s'agit de bilans annuels calculés en régime permanent avec des pluies efficaces respectives de 268 et 192 mm/an. Ils sont présentés dans les chapitres suivants avec pour chaque année le bilan global du modèle NAPELY (en m³ par jour) et le détail pour les trois couloirs fluvio-glaciaires (en m³ par an).

4.1 Bilans 2010

Aquifère	Entrées				Sorties				Echanges entre nappes superficielles -molasse
	Pluie	Apports bordures	Réalimentation artificielle	Rivières	Pompages	Drains	Potentiel imposé	Rivières	
	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j	m ³ /j	
Alluvions du Rhône	66 650	8 822	117 971	503 664	-438 573	-83 536	-8 465	-279 282	8 569
Fluvio-glaciaire Couloir de Meyzieu	54 619	24 399			-20 335				1 252
Fluvio-glaciaire Couloir de Décines	23 303	9 067	447		-1 734				-5 609
Fluvio-glaciaire Couloir d'Heyrieux	69 190	42 097		15 443	-32 226			-36 868	-34 623
Total Alluvions	213 762	84 386	118 564	519 107	-492 868	-83 536	-8 465	-316 149	-30 411
Total Molasse		38 270			-68 242				30 411
Total E/S (m³/j)	974 089				-969 260				

TABLEAU 4 : BILAN GLOBAL JOURNALIER DU MODÈLE ANNÉE 2010

Couloir de Meyzieu 2010	Entrées	Sorties
Pluie	19 936 000	
Flux bordure	8 906 000	
Réalimentation		
Molasse	1 028 000	
Aval couloir		-22 458 000
Rivières		
Prélèvements		-7 422 000
<i>dont AEP</i>		-132 000
<i>Irrigation</i>		-6 702 000
<i>Industrie</i>		-552 000
<i>Domestiques</i>		-48 000
Total (m³/an)	29 870 000	-29 880 000

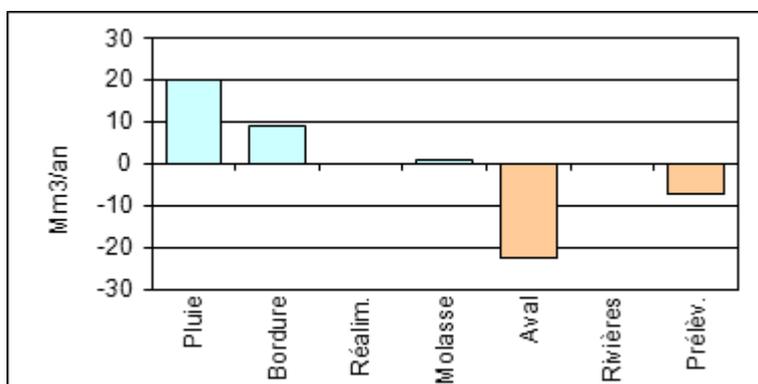


FIGURE 26 : BILAN ANNUEL COULOIR DE MEYZIEU 2010

Couloir de Couloir de Décines 2010	Entrées	Sorties
Pluie	8 506 000	
Flux bordure	3 310 000	
Réalimentation	163 000	
Molasse		-2 047 000
Aval couloir		-9 126 000
Rivières		
Prélèvements		-633 000
<i>dont AEP</i>		-97 000
<i>Irrigation</i>		-200 000
<i>Industrie</i>		-302 000
<i>Domestiques</i>		-48 000
Total (m3/an)	11 979 000	-11 806 000

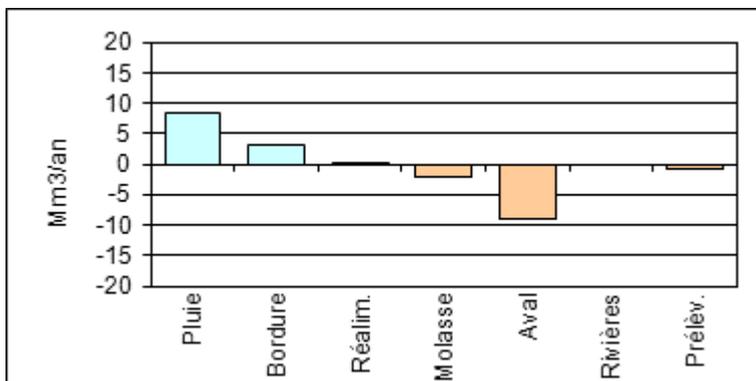


FIGURE 27 : BILAN ANNUEL COULOIR DE DÉCINES 2010

Couloir de Heyrieux 2010	Entrées	Sorties
Pluie	25 254 000	
Flux bordure	15 365 000	
Réalimentation		
Molasse		-12 638 000
Aval couloir		-8 620 000
Rivières	5 637 000	-13 457 000
Prélèvements		-11 762 000
<i>dont AEP</i>		-5 956 000
<i>Irrigation</i>		-3 477 000
<i>Industrie</i>		-2 223 000
<i>Domestiques</i>		-108 000
Total (m3/an)	46 256 000	-46 477 000

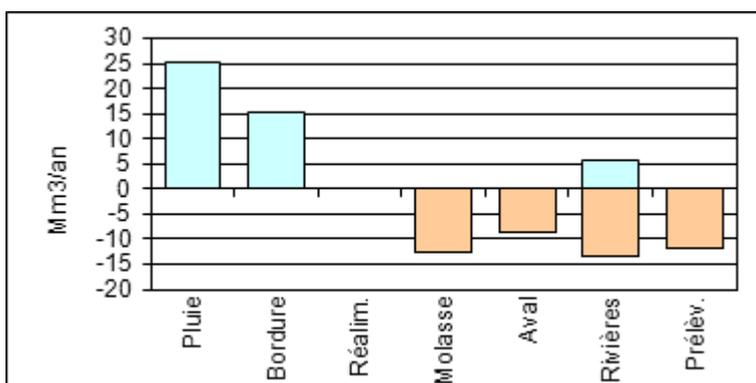


FIGURE 28 : BILAN COULOIR HEYRIEUX 2010

4.2 Bilans 2011

Aquifère	Entrées				Sorties				Echanges entre nappes superficielles -molasse
	Pluie	Apports bordures	Réalimentation artificielle	Rivières	Pompages	Drains	Potentiel imposé	Rivières	
Alluvions du Rhône	47 748	8 032	117 122	498 766	-418 964	-73 050	-8 281	-270 263	5 569
Fluvio-glaciaire Couloir de Meyzieu	39 130	22 214			-18 277				5 820
Fluvio-glaciaire Couloir de Décines	16 695	8 255	447		-1 734				-3 184
Fluvio-glaciaire Couloir d'Heyrieux	49 569	38 326		15 886	-32 541			-24 036	-27 296
Total Alluvions	153 142	76 827	117 761	514 652	-471 516	-73 050	-8 281	-294 299	-19 092
Total Molasse		47 891			-67 427				19 092
Total E/S (m3/j)	910 274				-914 573				

FIGURE 29 : BILAN GLOBAL DU MODÈLE ANNÉE 2011

Couloir de Meyzieu 2011	Entrées	Sorties
Pluie	14 283 000	
Flux bordure	8 108 000	
Réalimentation		
Molasse	2 622 000	
Aval couloir		-18 265 000
Rivières		
Prélèvements		-6 671 000
<i>dont AEP</i>		-124 000
<i>Irrigation</i>		-5 931 000
<i>Industrie</i>		-579 000
<i>Domestiques</i>		-48 000
Total (m3/an)	25 013 000	-24 936 000

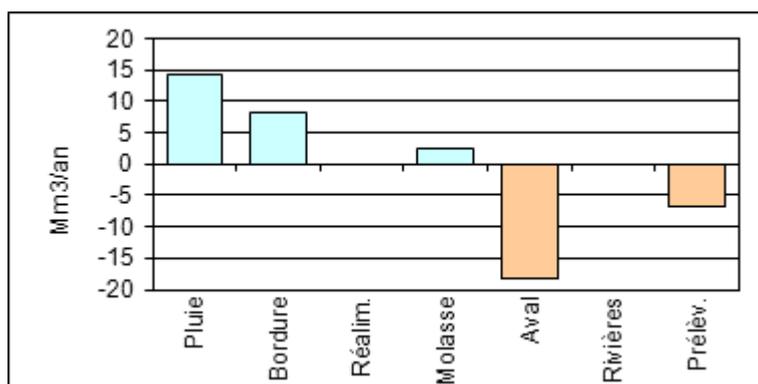


FIGURE 30 : BILAN COULOIR MEYZIEU 2011

Couloir de Décines 2011	Entrées	Sorties
Pluie	6 094 000	
Flux bordure	3 013 000	
Réalimentation	163 000	
Molasse		-1 162 000
Aval couloir		-7 413 000
Rivières		
Prélèvements		-633 000
<i>dont AEP</i>		-97 000
<i>Irrigation</i>		-200 000
<i>Industrie</i>		-302 000
<i>Domestiques</i>		-48 000
Total (m3/an)	9 270 000	-9 208 000

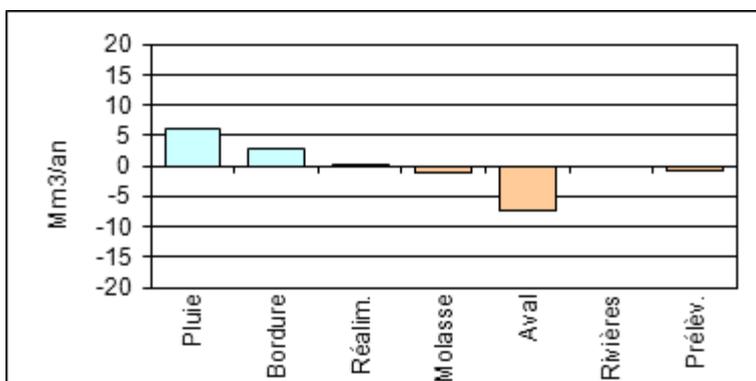


FIGURE 31 : BILAN COULOIR DÉCINES 2011

Couloir de Heyrieux 2011	Entrées	Sorties
Pluie	18 093 000	
Flux bordure	13 989 000	
Réalimentation		
Molasse		-9 963 000
Aval couloir		-7 887 000
Rivières	5 798 000	-8 773 000
Prélèvements		-11 877 000
<i>dont AEP</i>		-5 773 000
<i>Irrigation</i>		-3 640 000
<i>Industrie</i>		-2 357 000
<i>Domestiques</i>		-108 000
Total (m3/an)	37 880 000	-38 500 000

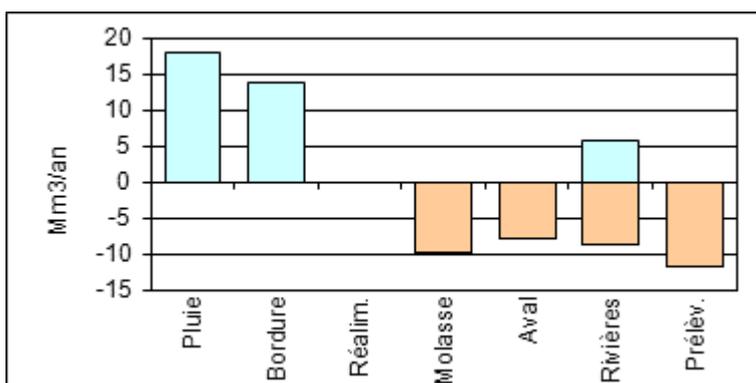


FIGURE 32 : BILAN COULOIR HEYRIEUX 2011

4.3 Vérification du débit drainé par l'Ozon

La station de jaugeage à Sérézin-du-Rhône (indice national 07222X0305/SJ) mesure le débit de la rivière Ozon à son débouché dans la vallée du Rhône (cf. Figure 33).

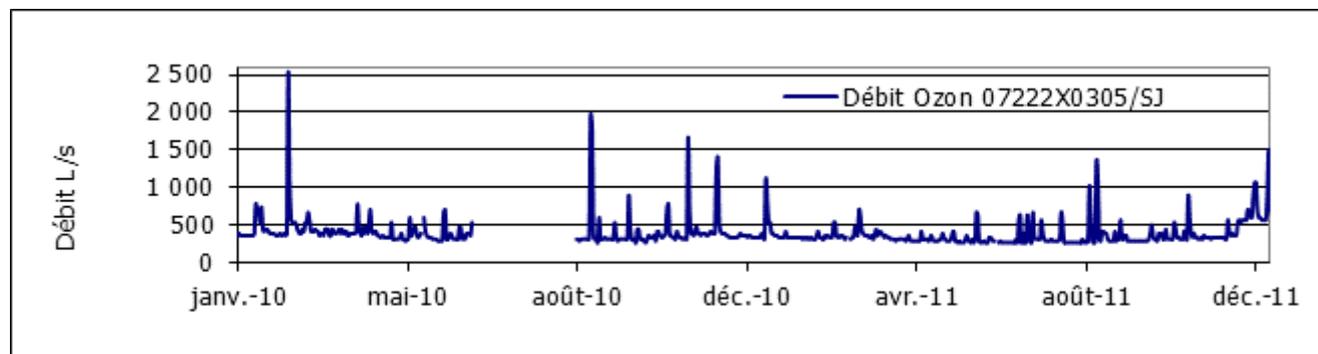


FIGURE 33 : MESURES DE DÉBIT DE L'OZON 2010 ET 2011 (SOURCE SIAVO)

Cette chronique indique un débit moyen mesuré de 394 l/s pour 2010/2011.

Les bilans calculés par le modèle, (cf. figures 28 et 31) donnent les volumes d'eau souterraine drainés par l'Ozon suivants :

- 2010 : 426 l/s ;
- 2011 : 278 l/s.

Etant admis, d'un point de vue hydraulique, que le débit de l'Ozon est fortement tributaire de l'aquifère fluvio-glaciaire du couloir d'Heyrieux, on vérifie bien ici que les débits annoncés par la modélisation sont cohérents avec les débits mesurés.

5. Conclusion

Préalablement aux simulations du plan de gestion GESLY 4, un calage du modèle de nappe NAPELY a été effectué sur les deux années 2010 et 2011 après intégration de données actualisées concernant :

- les prélèvements en nappe ;
- la pluviométrie ;
- la piézométrie ;
- les échanges nappe-rivière ;
- la profondeur du substratum molassique et un essai de pompage sur le couloir d'Heyrieux.

A l'issue du travail de recalage, la moyenne des écarts calcul/mesure de 0.32 m (cf. Tableau 5).

Couloir	Piézomètre	Niveau nappe au 31/12/2011			Remarques
		Mesure (mNGF)	Calcul (mNGF)	Ecart (m)	
Meyzieu	Pz Aval St Exupéry	197.78	197.49	-0.29	
	DIREN Bouvarets	188.26	188.83	0.57	écart > 0.50 m
	SMHAR Genas Nord	187.36	187.60	0.24	
	DIREN Azieu	187.02	187.30	0.28	
	ZI Meyzieu	183.13	182.87	-0.26	
Décines	Piézomètre Bois Guillot	195.95	196.03	0.08	
	BRGM Genas	192.03	192.62	0.59	écart > 0.50 m
	AEP Chassieu	185.26	185.59	0.33	
	Piézomètre Amont Django	183.18	183.67	0.49	
Heyrieux	DIREN Buclay	227.46	227.57	0.11	
	DIREN Heyrieux	208.96	209.31	0.35	
	SMHAR Bois du Chêne	207.66	209.47	1.81	incertitude nivellement
	AEP St Priest	205.93	205.76	-0.17	
	Pz MIN Corbas	186.00	186.45	0.45	
	AEP Corbas	184.88	185.41	0.53	écart > 0.50 m
	DIREN Corbas	184.65	184.96	0.31	
Pz RVI (Pz 8)	185.48	185.39	-0.09		

TABLEAU 5 : ECARTS NIVEAUX CALCULÉS ET MESURÉS FIN 2011

Au terme de ce calage, l'évolution interannuelle d'ensemble du système aquifère de l'Est Lyonnais est globalement bien restituée. En effet que le degré de précision du modèle (< 1 m) est acceptable compte tenu du périmètre modélisé et des caractéristiques intrinsèques au modèle (taille des mailles...).

Par ailleurs, les mesures piézométriques du SAGE ont mis en évidence une diminution persistante des niveaux de nappe associée à une absence de réaction aux précipitations du piézomètre DIREN Buclay. L'origine de ce comportement est sans doute liée à un déficit d'alimentation sur le bassin versant de la molasse. On note également que cette évolution de la molasse semble conditionner la tendance générale de la nappe fluvio-glaciaire à moyen terme. Cela est par exemple visible au niveau des piézomètres DIREN Bouvarets et BRGM Genas qui montrent également une tendance pluriannuelle à la baisse après 2010.

Au niveau du modèle NAPELY, les tests réalisés ont montré qu'il était nécessaire de tenir compte des variations de recharge de la molasse pour reproduire l'évolution des niveaux de la nappe au droit du piézomètre DIREN Buclay. En effet, l'hypothèse d'une limite à flux constant prise en compte jusqu'à présent au niveau de la molasse ne permet pas de reproduire la tendance de la nappe de manière correcte. A noter qu'à ce jour, aucune étude n'a permis de quantifier précisément les flux échangés entre la molasse et les alluvions fluvioglaciaires. Il existe donc une réelle incertitude sur les flux entrant dans la molasse qui limite aujourd'hui la précision du modèle NAPELY.

Afin d'améliorer la précision du modèle, il serait donc intéressant de mieux cerner le fonctionnement de l'aquifère molassique, en particulier au niveau de sa recharge. Cela permettrait d'ajuster les flux entrant du modèle au niveau des variations mesurées de la molasse. Pour ce faire, la délimitation précise du périmètre de recharge et la mise en place d'un suivi piézométrique peuvent être envisagés.

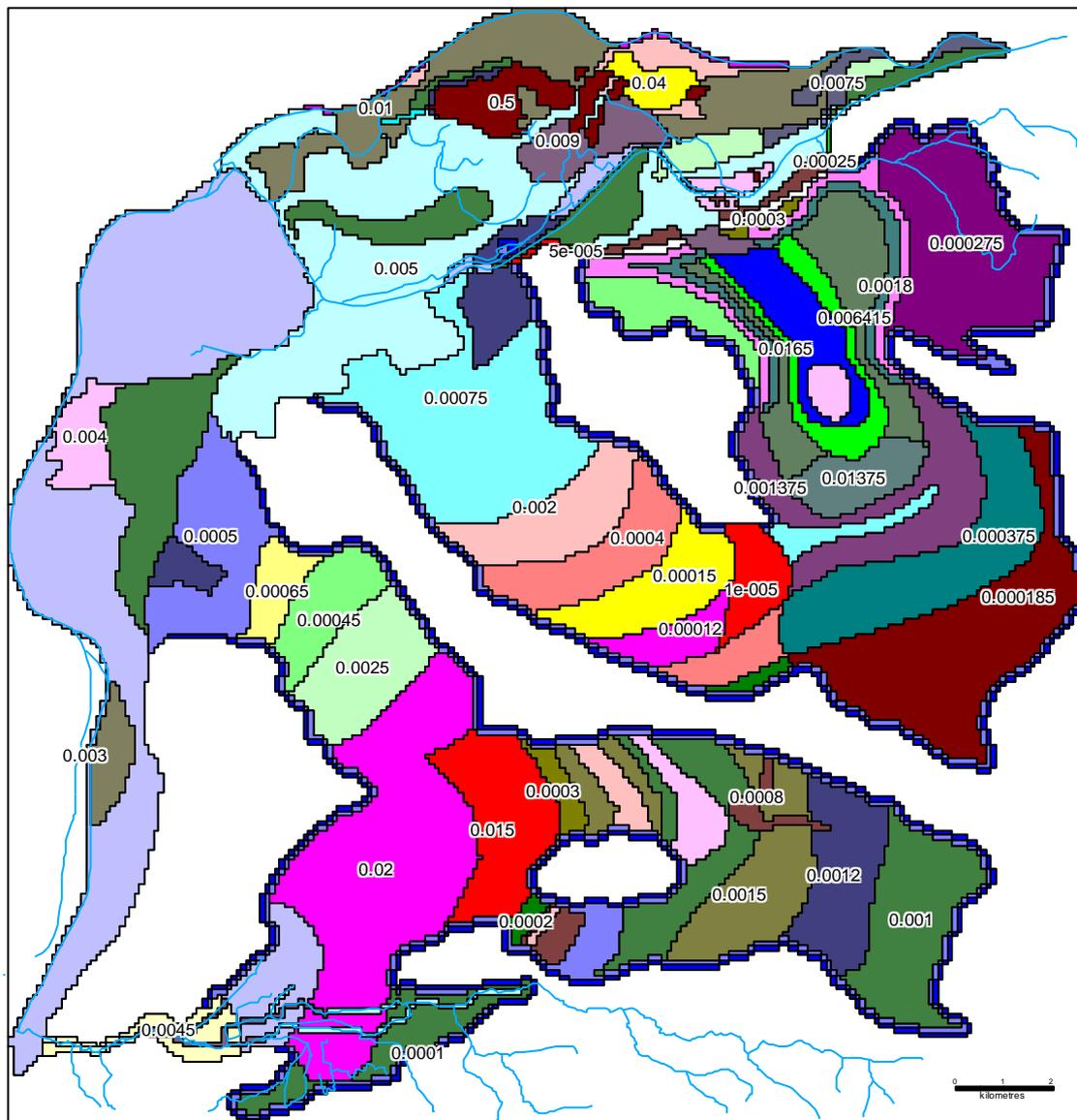
ANNEXES

ANNEXE I

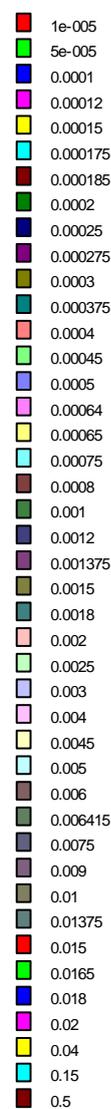
CARTE DES PERMÉABILITÉS

Cette annexe contient 1 page

REAUCE00662/ CEETCE130005	
NT-DaP-ATr	
17/06/2013	Page : 35/38



Perméabilité K (m/s)



ANNEXE 2

COTES DU TOIT MOLASSE

Cette annexe contient 1 page

REAUCE00662/ CEETCE130005	
NT-DaP-ATr	
17/06/2013	Page : 37/38

