

GESTION DE LA NAPPE ALLUVIALE DU RHONE COURT-CIRCUITE DE PEAGE-DE-ROUSSILLON

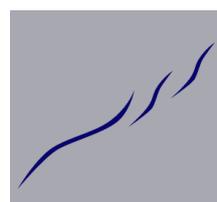
*Phase 2 – Impact des prélèvements et quantification
des ressources existantes*



BRL
Ingénierie



Juin 2014



Hydrofis

smirclaid
2014

GESTION DE LA NAPPE ALLUVIALE DU RHONE COURT-CIRCUITE DE PEAGE-DE-ROUSSILLON

PHASE 2 : Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes

1. INTRODUCTION	1
1.1 Contexte de la mission	1
1.2 Méthodologie	2
2. EVOLUTION DU MODELE NUMERIQUE	3
2.1 Que comprend-on des relations des hydro systèmes avec la nappe alluviale	3
2.1.1 Infiltration des eaux météoriques	4
2.1.2 Flux en provenance des compartiments du Rhône	5
2.1.3 Flux en provenance des lônes et des contre-canaux	10
2.1.4 Flux en provenance des affluents	15
2.1.5 Flux en provenance des hydro systèmes souterrains	19
2.2 Analyse critique du modèle numérique	21
2.2.1 Hypothèses de construction du modèle BURGEAP	21
2.2.2 Discussion	22
2.2.3 Modifications apportées au modèle	23
2.3 Sélection des points de contrôle des niveaux de nappes	25
2.3.1 Piézomètres sélectionnés pour une gestion quantitative	25
2.3.2 Piézomètres sélectionnés pour le calage du modèle	28
2.4 Nouveau calage du modèle	30
2.4.1 Modification de la distribution des propriétés hydrodynamiques	31
2.4.2 Modification des recharges aux limites du modèle	34
2.4.3 Calage par ajustement des coefficients de colmatage	35
3. RECONSTITUTION DE LA PIEZOMETRIE NON INFLUENCEE	37
3.1 Piézométrie de référence	37
3.1.1 Carte piézométrique (août 2009)	37
3.1.2 Profondeur de nappe (août 2009)	39
3.2 Piézométrie non influencée en période estivale	40
3.2.1 Carte piézométrique (août 2009)	40
3.2.2 Profondeur de nappe (août 2009)	42

3.2.3	Carte des différences piézométriques causées par les pompages	43
3.3	Chroniques piézométriques	45
3.3.1	Secteur de Limony	45
3.3.2	Secteur de Platière Nord	46
3.3.3	Secteur de Platière Centre	47
3.3.4	Secteur de Platière Sud	48
3.3.5	Secteur aval de Peyraud	49
3.3.6	Secteur de Terrasse Nord	50
3.3.7	Secteur de Terrasse Sud	51
4.	QUELLE STRATEGIE POUR LA DETERMINATION DES VOLUMES PRELEVABLES ?	52
4.1	Définition d'une année type	52
4.1.1	Paramètres de premier ordre	52
4.1.2	Paramètres de second ordre	52
4.1.3	Paramètre de troisième ordre	53
4.2	Contenu des scénarios	53
4.2.1	Définition des enjeux par secteurs	53
4.2.2	Analyses préalables des effets d'un pompage	54
4.2.3	Analyses préalables de l'état actuel des prélèvements par secteurs	55
4.2.4	Analyses des possibilités d'ajouts de nouveaux champ captant par secteurs	57
4.2.5	Méthodologie proposée	57
	REFERENCES DOCUMENTAIRES.....	59

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Pluies nettes positives sur le secteur d'étude de 2005 à 2012.	4
Figure 2 : Débits journaliers du Vieux-Rhône de 2007 à 2011.	5
Figure 3 : Q journaliers et horaires du Vieux-Rhône en janvier 2007.	6
Figure 4 : Exemple de relation entre Q Vieux Rhône et hauteur d'eau.	6
Figure 5 : Q journaliers cumulés du Vieux-Rhône et du canal usinier de 2007 à 2011.	7
Figure 6 : Exemple de relation entre Q Vieux Rhône et hauteur d'eau.	8
Figure 7 : Q journaliers canal usinier de 2007 à 2011 et chroniques piézométriques dans la plaine de Sanne.	9
Figure 8 : Carte de situation des échelles limnimétriques dans les lônes	10
Figure 9 : Mesures de la ligne d'eau dans les lônes.	11
Figure 10 : Mesures de la ligne d'eau dans le contre-canal rive droite.	12
Figure 11 : Relation entre le débit du Vieux Rhône et le niveau d'eau dans le contre-canal rive droite, au niveau de la station de mesure LICCEPONT.	13
Figure 12 : Exemple d'extrapolation des mesures ponctuelles de LICCPONT à l'ensemble du contre canal rive droite.	13
Figure 13 : Mesures ponctuelles du niveau d'eau dans le CC rive gauche.	14
Figure 14 : Q journaliers de la Sanne de 2010 à 2013 et chroniques piézométriques.	15
Figure 15 : Relation entre le débit de la Sanne et la piézométrie observée dans le secteur de la Sanne.	16
Figure 16 : Q journaliers du ruisseau des Collières de 2007 à 2011.	17
Figure 17 : Chroniques piézométriques en Bièvre Valloire.	19
Figure 18 : Chroniques piézométriques dans la molasse miocène.	20
Figure 19 : Hypothèses des conditions aux limites de type recharge du modèle BURGEAP ; flux associés.	21
Figure 20 : Hypothèses de modifications des conditions aux limites de type recharge du modèle ; flux associés.	23
Figure 21 : Piézomètres proposés pour le futur suivi de la nappe alluviale.	27
Figure 22 : Piézomètres sélectionnés pour le calage du modèle sur l'année 2009.	29
Figure 23 : Carte paléogéographique (Bravard et al. 2005).	32
Figure 24 : Nouvelle distribution spatiale des perméabilités dans le modèle numérique.	33
Figure 25 : Exemple de comparaison entre la piézométrie simulée et mesurée (P281bis).	35
Figure 26 : Piézométrie sous l'influence des pompages en période estivale.	38
Figure 27 : Profondeur piézométrique sous l'influence des pompages en période estivale.	39
Figure 28 : Piézométrie non-influencée par les pompages en période estivale.	41
Figure 29 : Profondeur piézométrique non-influencée par les pompages en période estivale.	42
Figure 30 : Différence entre les piézométries influencées et non-influencées en période estivale.	43
Figure 31 : Piézométries influencées en aout et en avril 2009.	44
Figure 32 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur de Limony	45

Figure 33 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur de Platière Nord.	46
Figure 34 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur de Platière Centre.	47
Figure 35 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur de Platière Sud.....	48
Figure 36 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur Aval de Peyraud.....	49
Figure 37 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur Terrasse Nord.	50
Figure 38 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur de Terrasse Sud.....	51
Figure 39 : Schéma illustratif des effets des pompages sur une nappe de forte transmissivité	55
Figure 40 : Distribution actuelle des prélèvements par secteur.	56
Figure 41 : Synthèse des stratégies de modélisation pour la détermination des volumes prélevables par secteur de nappe.	58

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE DE LA MISSION

Le territoire de la plaine du Rhône sur le secteur de Péage de Roussillon s'étend du Nord au sud de Saint Pierre de Bœuf et Saint Maurice l'Exil, à Saint Rambert d'Albon et Peyraud. Les communes du secteur ont constitué le SMIRCLAID pour animer le projet de restauration du tronçon du fleuve court-circuité par l'aménagement hydro électrique de Saint Rambert d'Albon. Le Vieux Rhône de Péage de Roussillon est considéré comme un des espaces naturels les plus remarquables de la Vallée du Rhône.

Au niveau national, ces dix dernières années, les comités sécheresse sont réunis trop souvent. Ils ne gèrent donc pas la crise mais un déséquilibre structurel entre offre et demande. Si la crise a lieu tous les ans, cela n'est plus une crise, c'est le signe d'un déséquilibre de fond observé sur de nombreux bassins versants. Le rétablissement de l'équilibre entre offre et demande en eau est ainsi un objectif affiché par le plan national de gestion de la rareté de la ressource.

Cet objectif s'inscrit pleinement dans celui, plus large, de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau. La circulaire 17-2008 du 30 juin 2008 sur la résorption des déficits quantitatifs et la gestion collective de l'irrigation fixe les objectifs généraux visés pour la résorption des déficits quantitatifs. À moyen terme, il s'agit de mettre en cohérence les autorisations de prélèvements et les volumes prélevables.

Le Syndicat Mixte Intercommunal du Rhône court-circuité Loire Ardèche Isère Drôme a confié au groupement BRLi/HYDROFIS l'étude de détermination des volumes prélevables sur la nappe alluviale du Rhône sur son territoire de compétence.

Cette étude a plusieurs enjeux:

- La définition des volumes prélevables (au global et par sous-unités de gestion).
- La détermination des niveaux seuils aux points stratégiques de références et point de gestion locaux.
- La proposition des scénarios possibles de répartition des volumes, permettant d'engager la concertation pour établir les règles de répartition des volumes et d'assurer un suivi technique.

Cette étude est divisée de la façon suivante :

- Phase 1 : Caractérisation du territoire et des usages.
- Phase 2 : Impact des prélèvements et quantification des ressources existantes.
- Phase 3 : Détermination des objectifs de nappe et des volumes prélevables.
- Phase 4 : Organisation de la gestion collective.

Ce rapport présente la phase 2 de cette étude ; elle vise à proposer une première approche de l'impact des prélèvements existant et une quantification des ressources existantes. D'un point de vue pratique, elle repose sur l'évolution du modèle numérique développé par BURGEAP au regard des acquisitions de connaissance récentes puis de la détermination de la piézométrie non influencée (allure de la nappe hors pompage).

Son principal rédacteur est Pascal Fénart de la société HYDROFIS.

1.2 METHODOLOGIE

L'objectif de cette phase est de caractériser les niveaux piézométriques de basses eaux et d'identifier l'impact des prélèvements sur la ressource. Cette approche a été réalisée en trois phases :

- 1. Pour satisfaire cet objectif, conformément au CCTP, nous avons actualisé le modèle de nappe. Notre intervention a été phrasée en trois temps :
 - Analyse critique du modèle au vu des éléments collectés en phase 1. Il s'agit surtout de valider les choix des conditions aux limites qui peuvent se révéler très impactant sur la simulation des variations piézométriques.
 - Améliorations mineures du modèle. L'analyse critique a mis en évidence des voies d'amélioration dans la structure du modèle. Nous avons donc procédé à des modifications qui ne remettent pas fondamentalement en question la structure du modèle.
 - Calage du modèle existant sur les nouvelles séries 2007-2012 : intégration des données de prélèvements récents, des données de débit du Rhône et des chroniques piézométriques.
- 2. Puis, nous avons procédé à l'identification des points de contrôle de la nappe. A ce stade de l'étude, il s'agit d'identifier les piézomètres qui pourraient faire l'objet d'un suivi dans les années à venir pour assurer une gestion quantitative efficace de la nappe alluviale.
- 3. Pour finir, nous proposons une première vision de la piézométrie non influencée. Pour ce faire, nous avons utilisé le modèle numérique en réalisant une simulation de référence et en éliminant les influences anthropiques de type prélèvements. Notons que le terme de non influencé est abusif puisque les effets des aménagements ne sont pas "gommés" dans la simulation.

2. EVOLUTION DU MODELE NUMERIQUE

2.1 QUE COMPREND-ON DES RELATIONS DES HYDRO SYSTEMES AVEC LA NAPPE ALLUVIALE

L'objectif de ce chapitre est de faire le point sur notre compréhension des relations entre les différents hydro systèmes et la nappe alluviale du Rhône.

Sans rentrer dans un détail trop important (qui serait potentiellement redondant avec des éléments présentés dans le rapport de phase 1), il nous a semblé nécessaire de faire le point sur les données de base à notre disposition, afin de définir une stratégie de modélisation adaptée à notre connaissance du secteur d'étude :

- Mesures sur les hydro systèmes superficiels (contre-canaux, lônes, cours d'eau,...) mais aussi sur les hydro systèmes souterrains en position d'alimenter la nappe alluviale du Rhône.
- Données climatiques susceptibles de nous aider à reconstituer la lame d'eau pouvant participer à la recharge de la nappe par infiltration des eaux météoriques.

Les données sont présentées sur une fenêtre temporelle allant de 2007 à 2011.

Dans ce chapitre, nous rappelons aussi comment sont représentés ces hydro-systèmes dans le modèle de base de BURGEAP (2007).

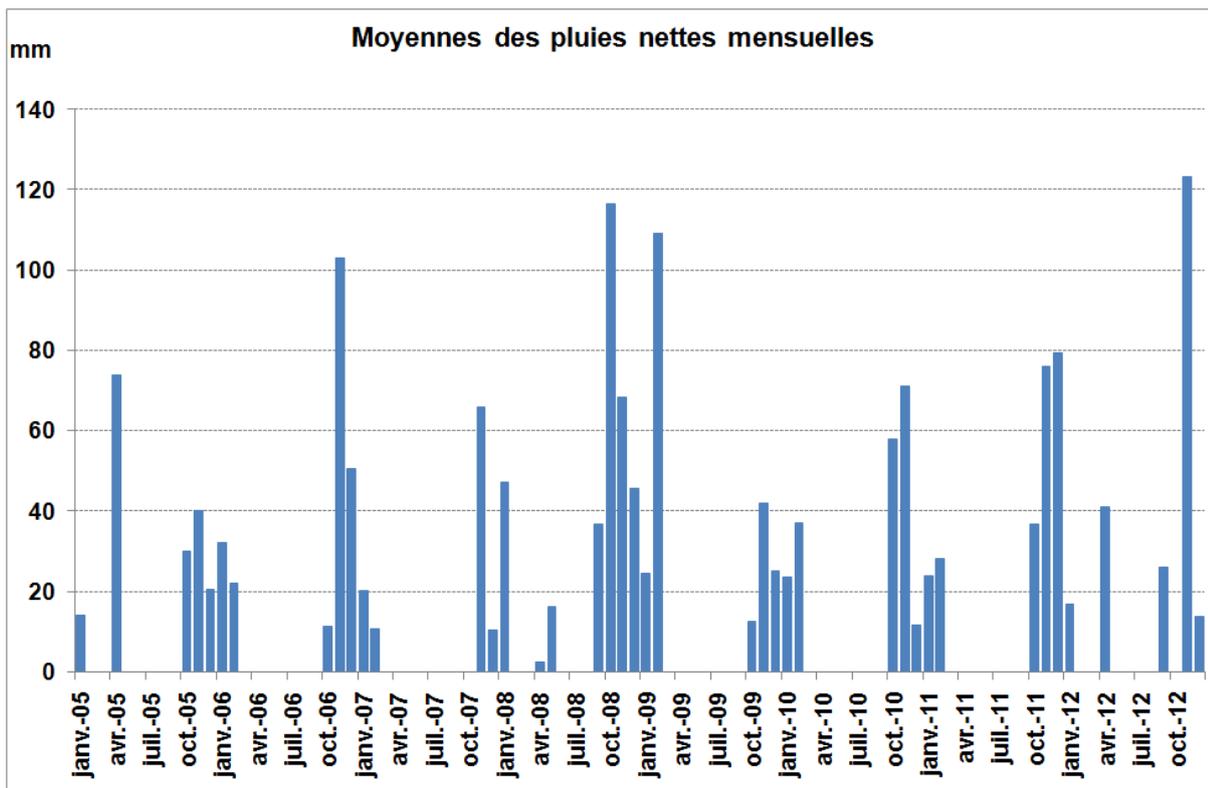
2.1.1 Infiltration des eaux météoriques

En première approximation, on peut calculer une pluie nette comme la différence positive entre P et ETP.

Pour construire une chronique journalière de la lame d'eau pouvant potentiellement participer à la recharge de la nappe, nous avons dans un premier temps procédé à une estimation des pluies nettes mensuelles à partir des données de précipitation et d'ETP proposées par METEO FRANCE sur la station de Sablons. Puis, nous avons divisé ces flux mensuels par 30 pour obtenir des flux journaliers.

Cette approche implique une dégradation du signal en lissant des perturbations potentiellement journalières sur le mois. Ce choix a été fait après avoir vérifié le faible impact piézométrique des infiltrations météoriques sur la piézométrie (cf. rapport de phase 1).

Figure 1 : Pluies nettes positives sur le secteur d'étude de 2005 à 2012.



Dans le modèle BURGEAP, l'infiltration des eaux de pluie est représentée par une condition aux limites de type recharge. L'impluvium de la nappe est divisé en trois catégories, auxquelles sont affectées différents coefficients d'infiltration :

- Terrasses alluviales anciennes : 25% de la pluie efficace s'infiltr.
- Zones urbaines : 5% de la pluie efficace s'infiltr.
- Zones d'alluvions modernes (présence supposée de limons) : 0% d'infiltration.

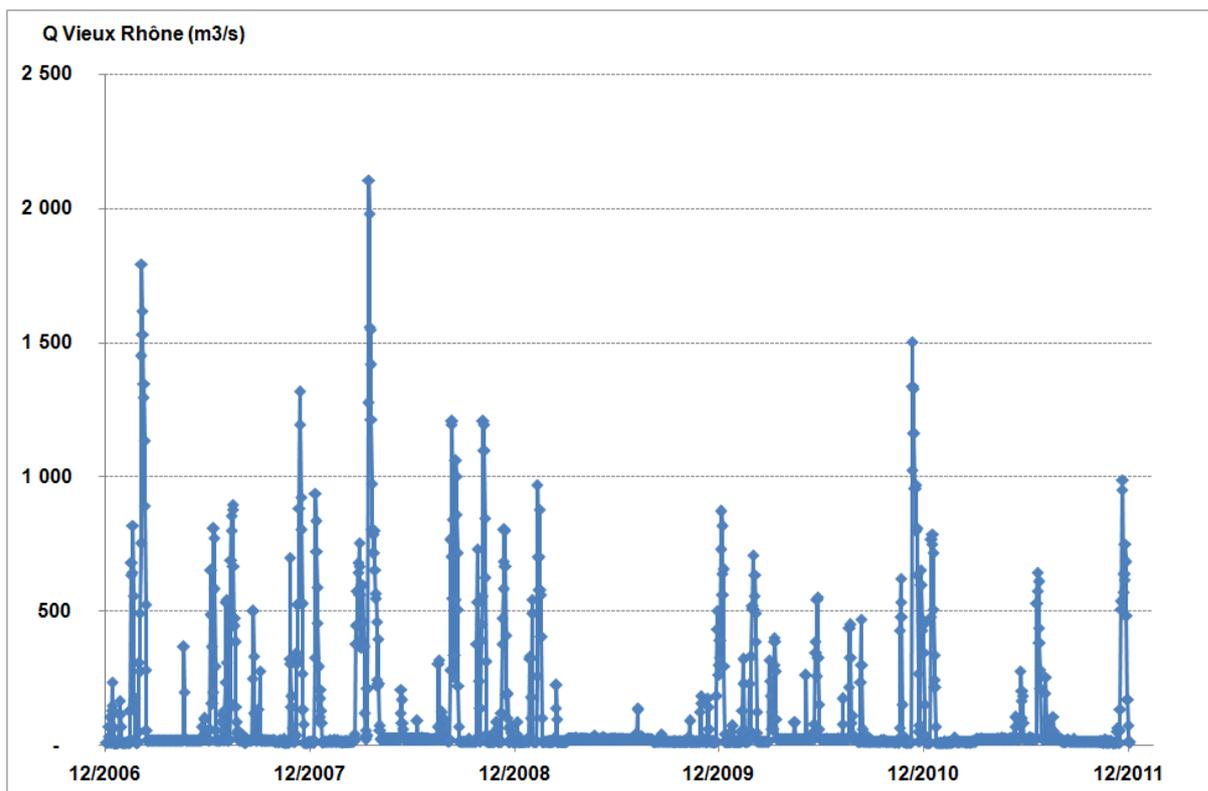
2.1.2 Flux en provenance des compartiments du Rhône

2.1.2.1 Flux en provenance du Rhône

VIEUX RHONE (AMONT SEUIL DE PEYRAUD)

La CNR nous a transmis des mesures de débit horaires pour le Vieux Rhône en aval du barrage de St Pierre de Boeuf.

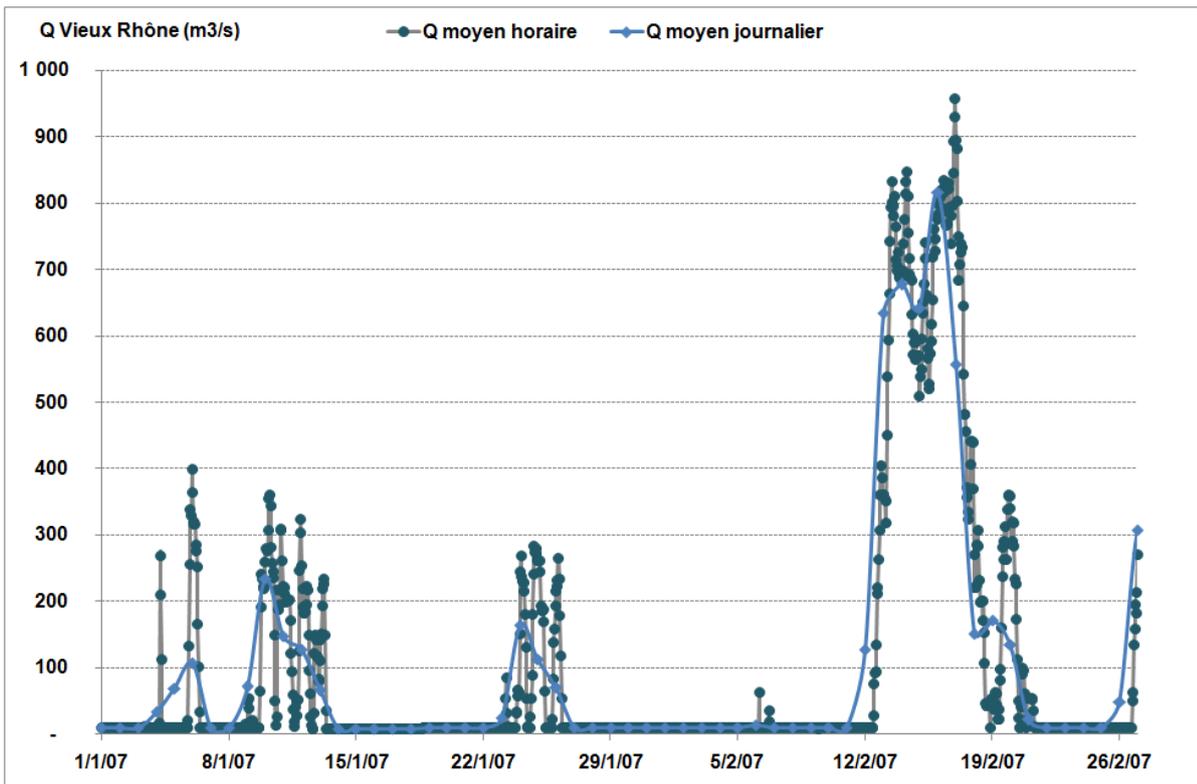
Figure 2 : Débits journaliers du Vieux-Rhône de 2007 à 2011.



Le graphique ci-dessous présente les données horaires et les moyennes journalières correspondantes. On peut noter, comme cela avait été annoncé dans le rapport de phase 1, que les variations de débit sur une même journée peuvent être importantes. Cela implique que les variations de la ligne d'eau au cours d'une même journée peuvent être significatives (battement infra métrique).

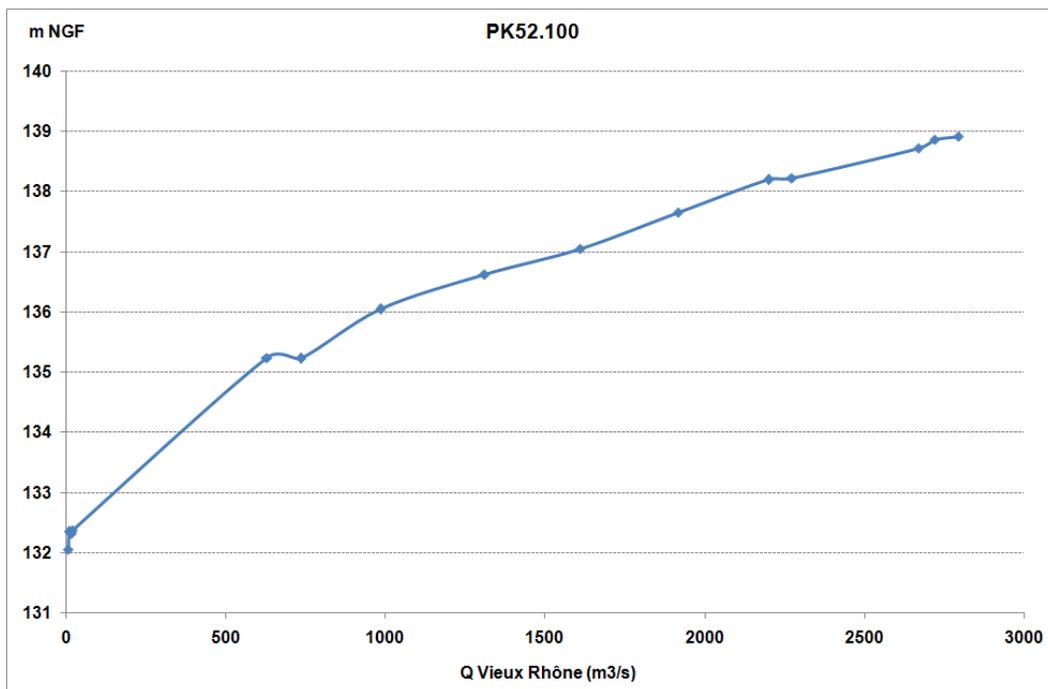
Rappelons toutefois que les variations de haute fréquence sont en général courtes en période; elles pénètrent sur de faibles distances dans l'aquifère alluviale. Pour s'affranchir des "erreurs" liées aux variations infra journalières, il faudra nécessairement prendre comme piézomètres de contrôle des piézomètres relativement éloignés du Vieux Rhône.

Figure 3 : Q journaliers et horaires du Vieux-Rhône en janvier 2007.



Dans le cadre de l'étude, la CNR nous a fourni des mesures de hauteurs d'eau dans le Vieux Rhône pour différents événements hydrologiques (et pour différents PK ; 17 points de mesure en amont du seuil de Peyraud, pour être précis). On peut ainsi reconstituer des courbes de la relation débit hauteur d'eau et essayer de définir une équation qui relie ces deux grandeurs.

Figure 4 : Exemple de relation entre Q Vieux Rhône et hauteur d'eau.



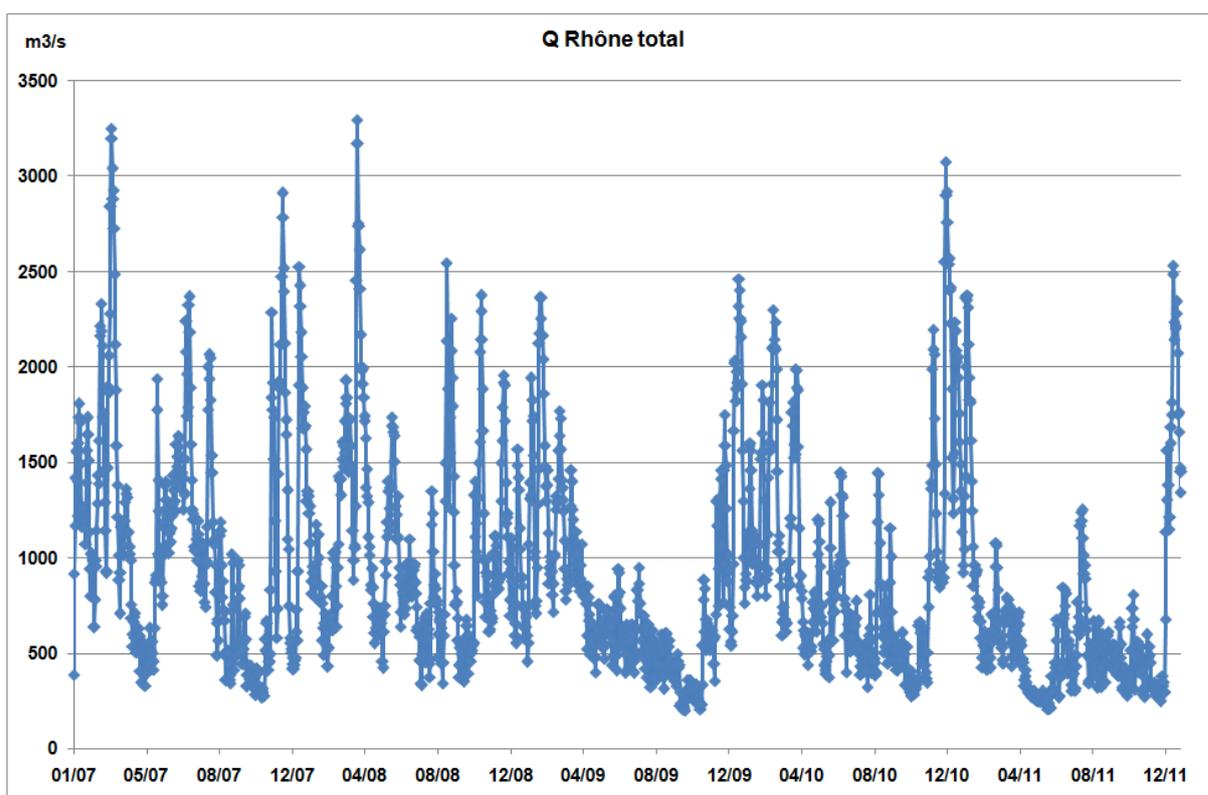
Dans le modèle BURGEAP, le Vieux Rhône est représenté par une condition aux limites de type rivière. Les hauteurs d'eau sont estimées à partir d'une équation polynomiale d'ordre 2. Notons que les auteurs ont divisé le Vieux Rhône en 94 sections (en amont et en aval du seuil de Peyraud) avec une équation estimée pour chaque section. Une telle approche repose sur une hypothèse de continuité des lignes d'eau pour chaque événement hydrologique pour autoriser le calcul de ligne d'eau entre deux points de mesure.

RHONE (AVAL SEUIL DE PEYRAUD)

La ligne d'eau en aval du seuil de Peyraud dépend et des débits du Vieux Rhône et de ceux passant par l'usine de Sablons. A partir des données horaires transmises par la CNR, nous avons reconstitué des chroniques de débit journalier à la confluence entre Vieux Rhône et du canal de fuite.

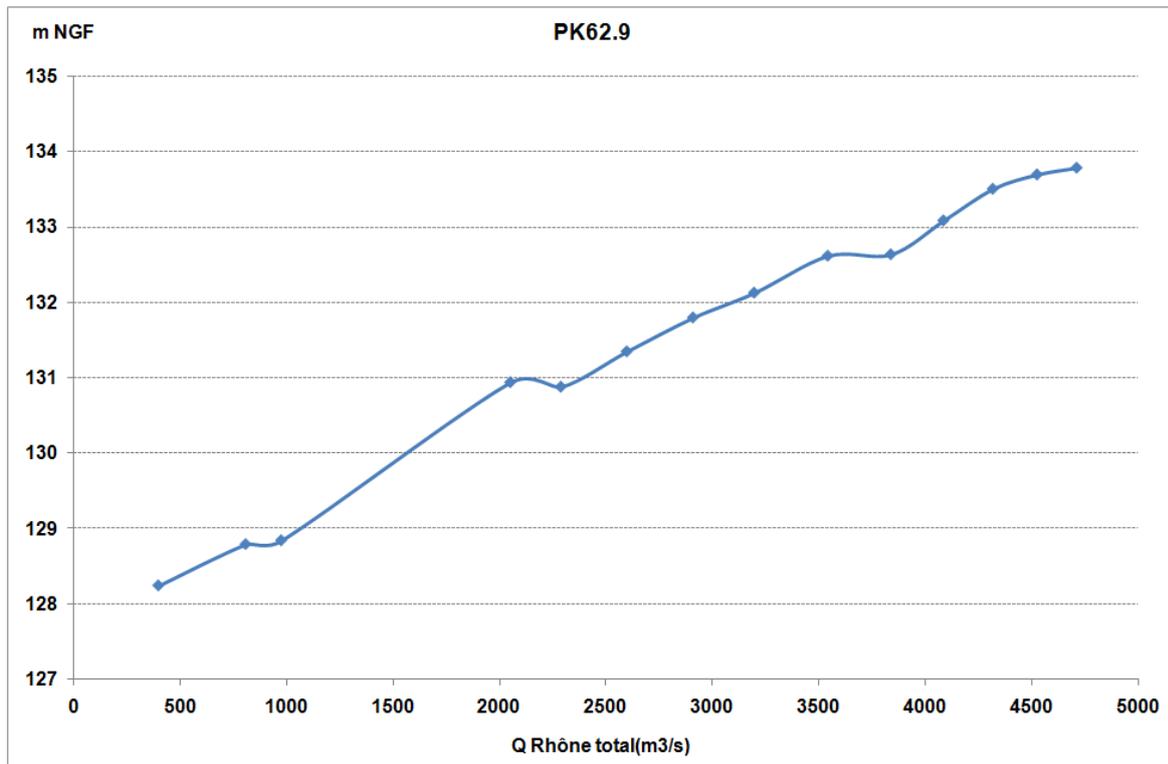
Notons que comme pour les débits mesurés dans le Vieux Rhône, cette chronique est entachée d'une certaine incertitude liée à des variations infra journalières importantes.

Figure 5 : Q journaliers cumulés du Vieux-Rhône et du canal usinier de 2007 à 2011.



Dans le cadre de l'étude, la CNR nous a fourni des mesures de hauteurs d'eau dans le Vieux Rhône pour différents événements hydrologiques (et pour différents PK ; 8 points de mesure en aval du seuil, pour être précis). On peut ainsi reconstituer des courbes de la relation débit hauteur d'eau et essayer de définir une équation qui relie ces deux grandeurs.

Figure 6 : Exemple de relation entre Q Vieux Rhône et hauteur d' eau.



Dans le modèle BURGEAP, le Vieux Rhône est représenté par une condition aux limites de type rivière. Les hauteurs d'eau en amont du seuil sont estimées à partir d'une équation polynomiale d'ordre 2 qui prend comme paramètre de référence, le seul débit du Vieux Rhône ; en aval du seuil, il a été nécessaire d'introduire un terme logarithmique. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'équation prend comme variable explicative le débit du Rhône libre et non le débit cumulé à la confluence.

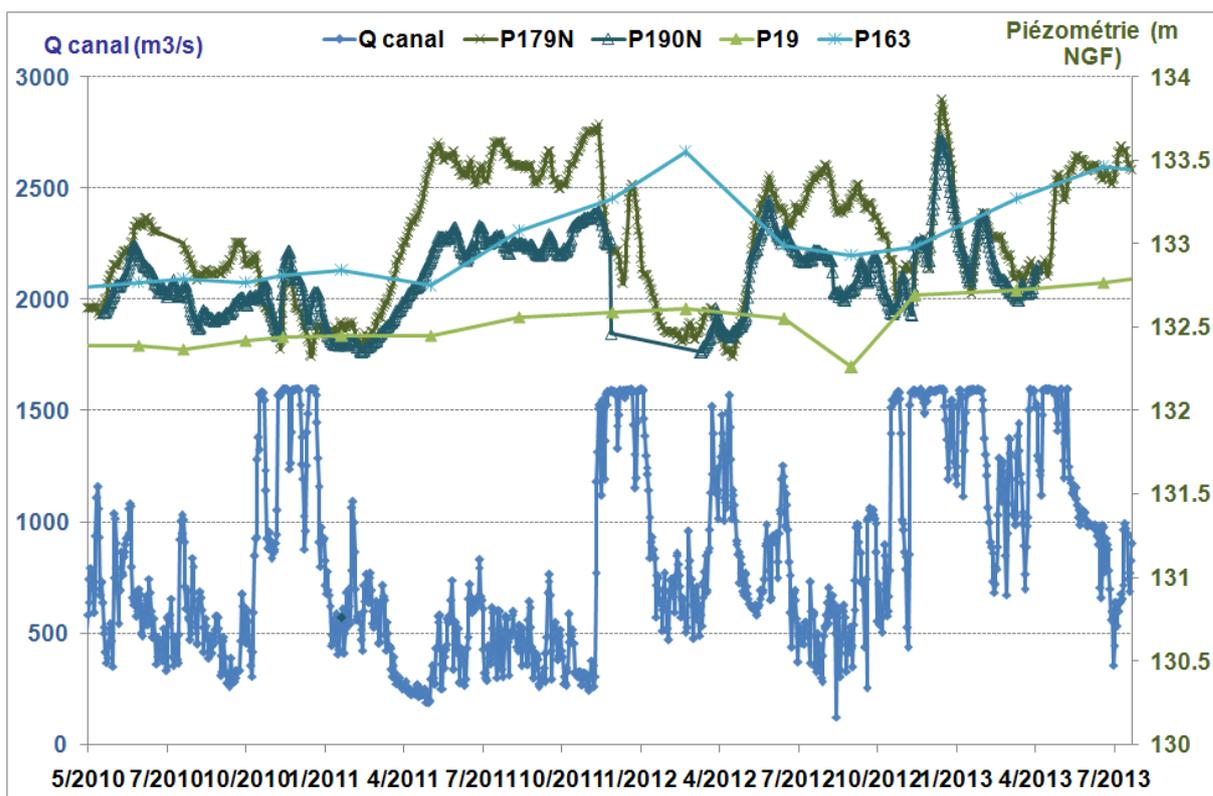
CANAL DE DERIVATION

Le canal est perché par rapport à la nappe et il l'alimente par un phénomène de pertes (écoulement gravitaire descendant au travers de la zone non saturée). On peut supposer que les flux en provenance du canal de dérivation sont relativement constants :

- La ligne d'eau est relativement constante (+/-0.7 cm pour des hauteurs d'eau de plus de 10 m en plaine).
- Le canal de dérivation est fortement colmaté, ce qui réduit la sensibilité aux variations de la ligne d'eau.

La figure ci-dessous permet d'illustrer l'indépendance de variations piézométriques observées en rive gauche du canal, vis-à-vis du débit transitant par ce canal.

Figure 7 : Q journaliers canal usinier de 2007 à 2011 et chroniques piézométriques dans la plaine de Sanne.



Dans le modèle BURGEAP, le Vieux Rhône est représenté par une condition aux limites de type rivière.

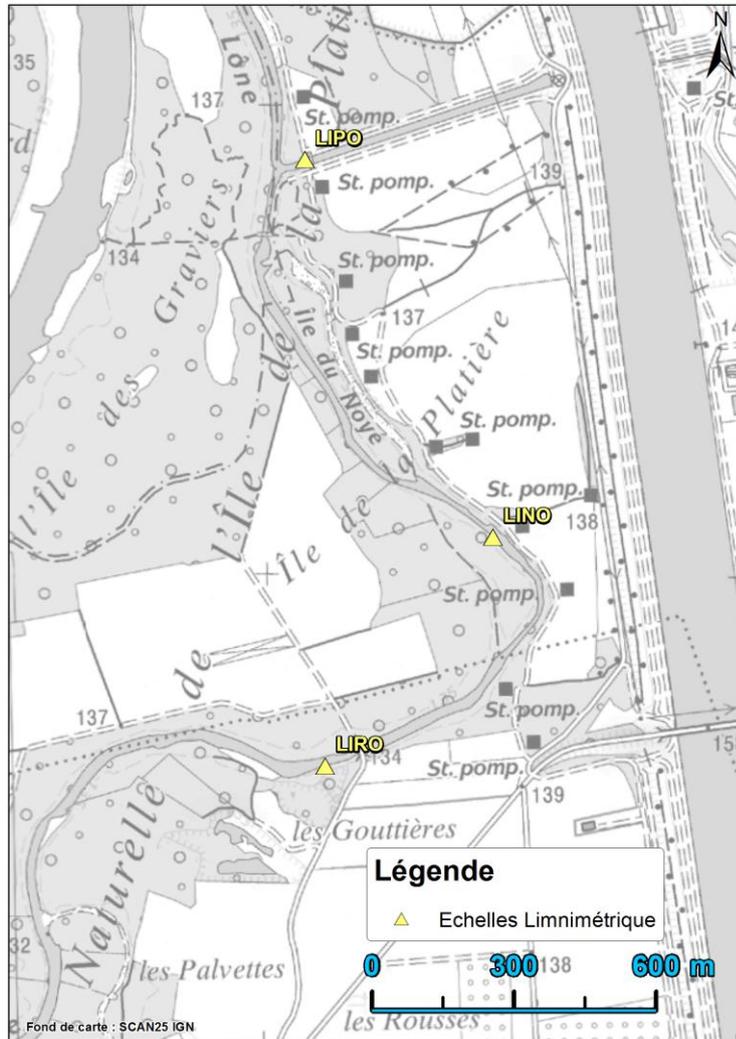
Le modèle BURGEAP introduit les valeurs journalières mesurées au droit de l'usine de Sablons. L'analyse de ces données distribuées sur un cycle de 12 mois, montre des variations très faibles (autour de 10 cm en moyenne, avec une pointe à 40 cm observé sur quelques jours de façon exceptionnelle).

2.1.3 Flux en provenance des îlons et des contre-canaux

LES LONES

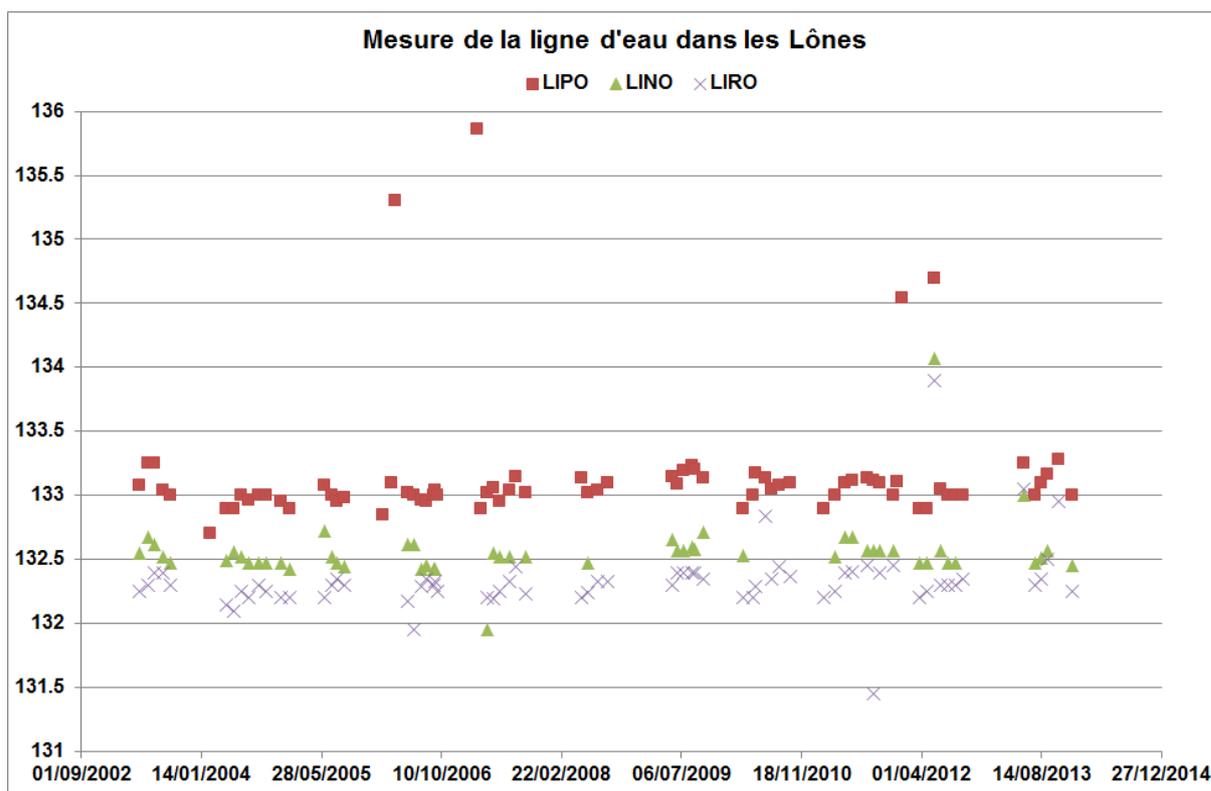
Le niveau d'eau dans les îlons est mesuré par l'AAP sur trois échelles limnimétriques : LIPO, LINO et LIRO.

Figure 8 : Carte de situation des échelles limnimétriques dans les îlons



Les données récoltées sur l'échelle LIPO entre 2005 et 2012 montrent que la ligne d'eau dans les îlons peut être influencée par les crues du Rhône. On observe notamment l'effet de la crue de mars 2007, qui provoque une augmentation de plus de 2 mètres sur la station la plus en amont : LIPO. On note que la ligne d'eau à l'étiage dépend du niveau d'eau dans les contres canaux. En effet, les stations LINO et LIRO semblent être en corrélation direct avec la station LIPO, qui se situe dans l'aval du canal d'aménagé vers les îlons.

Figure 9 : Mesures de la ligne d'eau dans les lônes.



Le niveau dans les lônes est très complexe à décrire car il dépend de plusieurs facteurs : du niveau de la nappe, de l'alimentation par les contre canaux, du vieux Rhône par l'amont mais aussi du vieux Rhône par l'aval.

De manière permanente, l'alimentation s'effectue grâce aux contre canaux du canal de dérivation (côte permanente de 133.2 mètres dans la branche d'aménagé vers les lônes). Cependant, en fonction du débit dans le vieux Rhône, des remous ainsi créés remontent dans les lônes par l'aval. De plus, la digue nord qui protège les lônes en partie amont a une côte de surverse à 135 mètres NGF (ce qui correspond à un débit dans le vieux Rhône d'environ 1000 m³/s).

Le modèle BURGEAP interprète tous ces paramètres dans deux relations polynomiales différentes. En effet, il considère que les lônes sont très dépendantes du débit du Vieux Rhône.

Dans le modèle BURGEAP, les lônes sont représentées par des conditions aux limites de type rivière. Les variations de la ligne d'eau sont dépendantes du remous hydraulique du vieux Rhône, qui suit les évolutions suivantes :

- A environ 200 m³/s : reflux jusqu'à la boucle à la hauteur de la lônellon ;
- A environ 400 m³/s : reflux jusqu'au gué (Les Gouttières) ;
- A environ 500 m³/s : reflux jusqu'à la hauteur du Sud du champ captant OSIRIS Sud ;
- A environ 600 m³/s : reflux jusqu'à l'aval de la lône du Noyer ;
- A environ 700 m³/s : reflux jusqu'au Nord de la lône du Noyer ;
- A environ 800 m³/s : reflux jusqu'au canal d'alimentation des lônes ;
- A environ 900 m³/s : reflux jusqu'à l'amont de la lône ;
- Au-delà : effet de la crue par alimentation au-dessus de la digue Nord.

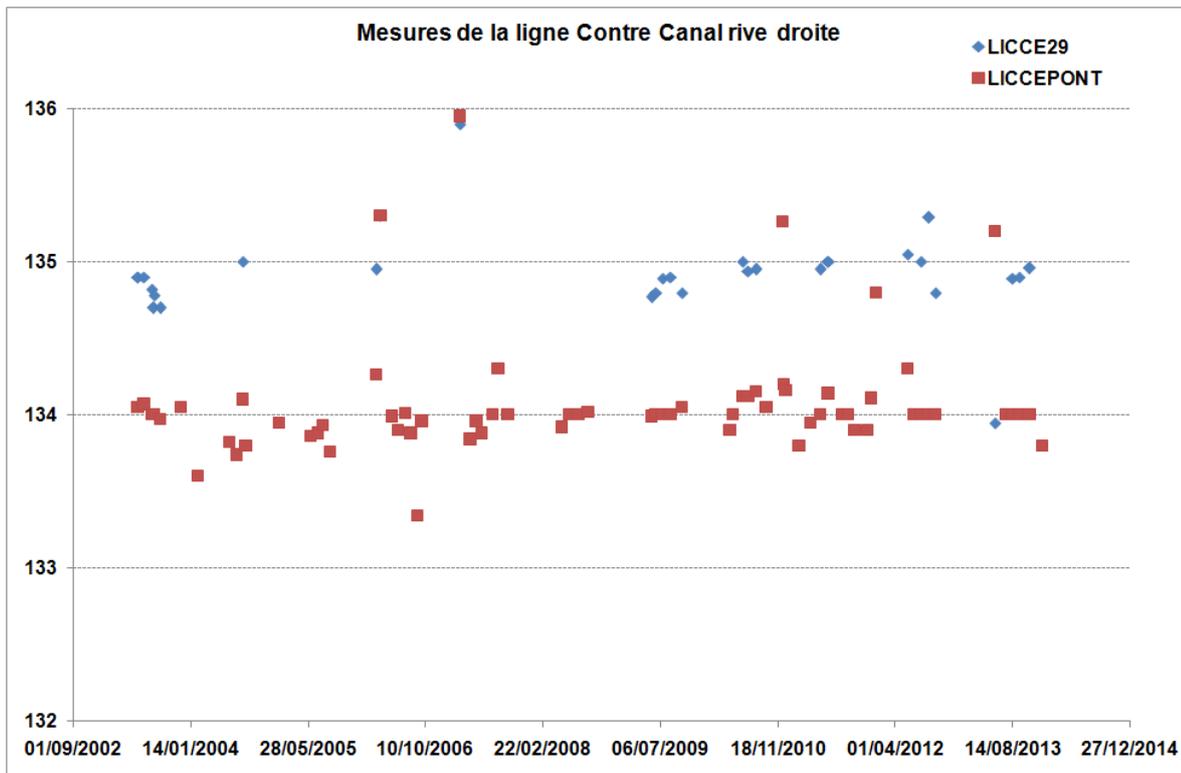
Pour finir, on peut noter que BURGEAP a considéré dans son modèle, une remontée de la ligne d'eau dans la partie amont des lônes de 0.4 m entre mai et juin. On note le même phénomène dans la partie aval des lônes de 0.1m entre juin et juillet. Ceci est lié au développement de deux espèces différentes d'herbiers pendant ces périodes.

CONTRE-CANAL RIVE DROITE

Le niveau d'eau dans le contre canal en rive droite est mesuré par l'AAP sur deux échelles limnimétriques : LICCE29 et LICEPONT.

Les données récoltées de 2005 à 2012 montrent que la ligne d'eau dans ce contre-canal est influencée par les crues du Rhône. On voit notamment l'effet de la crue de mars 2007 (Q max de l'ordre de 1800 m³/s), qui va induire une augmentation de près d'un mètre au niveau de la station amont LICCE29 et de près de deux mètres sur la station aval.

Figure 10 : Mesures de la ligne d'eau dans le contre-canal rive droite.

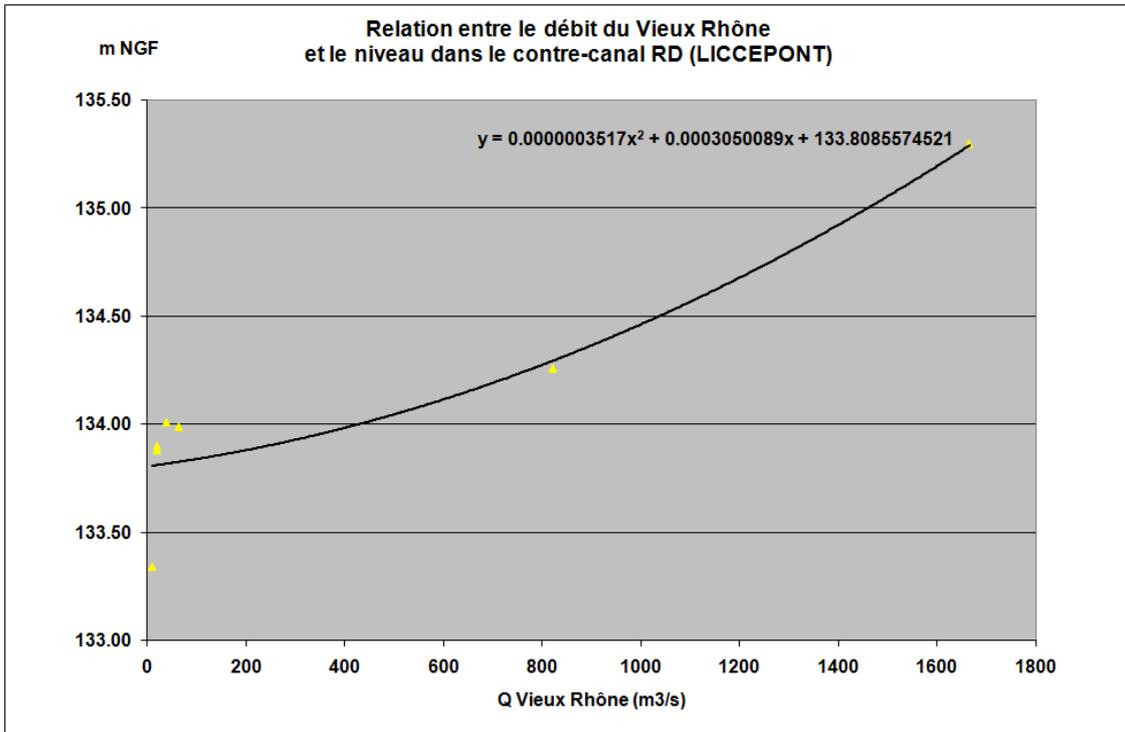


Dans le modèle BURGEAP, les CC sont représentés par des conditions aux limites de type rivière.

Les lignes d'eau du CCRD sont calculées à partir de deux éléments

(1) Une relation déduite des mesures de hauteur d'eau au point de mesure LIDDE29 en fonction du débit mesuré dans le Vieux Rhône.

Figure 11 : Relation entre le débit du Vieux Rhône et le niveau d'eau dans le contre-canal rive droite, au niveau de la station de mesure LICCEPONT.



(2) Une extrapolation linéaire en fonction d'une pente observé entre l'aval et l'amont du contre canal (indépendamment du débit du Vieux Rhône).

Figure 12 : Exemple d'extrapolation des mesures ponctuelles de LICCPONT à l'ensemble du contre canal rive droite.

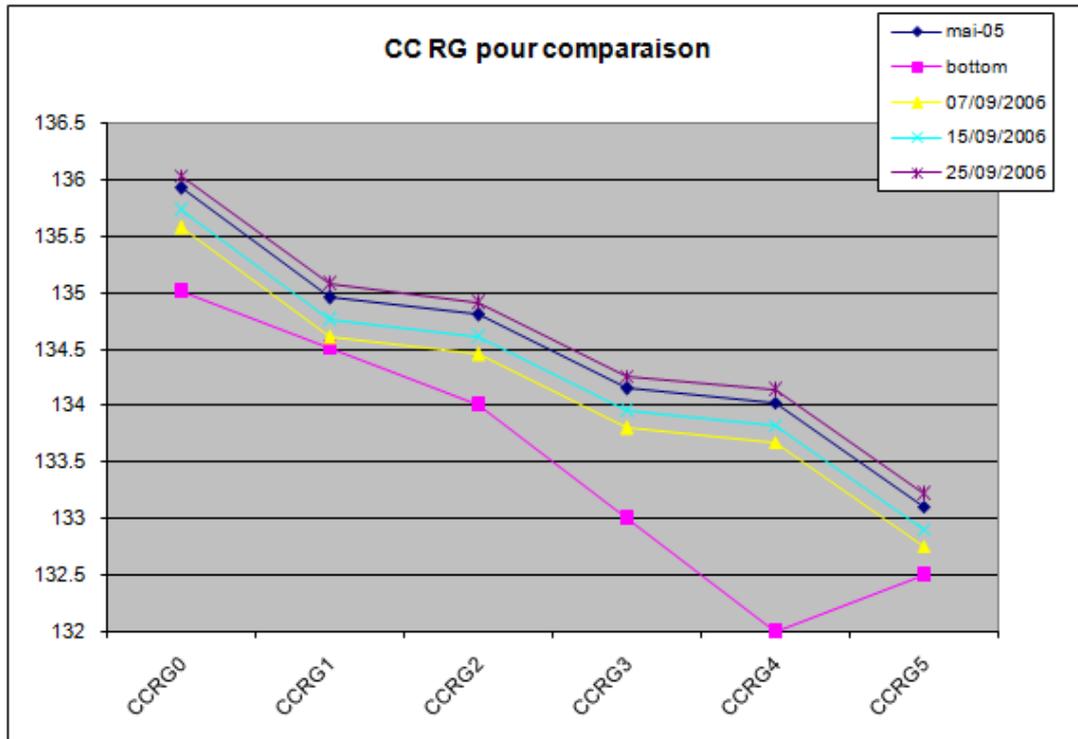
tronçon	bottom	mai-05	Variation
CC70	134.75	134.80	0.95
CC69	134.50	134.80	0.95
CC68	134.35	134.70	0.85
CC67	134.00	134.35	0.50
CC66	133.75	134.15	0.30
CC65 = LICCPONT	133.50	133.85	0.00
CC64	133.25	133.70	-0.15
CC63	133	133.50	-0.35
CC62	132.75	133.20	-0.65
CC61	132.5	132.90	-0.95
CC60	132.3	132.80	-1.05

CONTRE CANAL RIVE GAUCHE

Il n'y a pas de suivi en continu du CC rive gauche.

BURGEAP mentionne les mesures ponctuelles suivantes pour le CC :

Figure 13 : Mesures ponctuelles du niveau d'eau dans le CC rive gauche.



Les auteurs s'accordent à reconnaître que le passage sous le canal de dérivation induit une non sensibilité de ce contre-canal, aux phénomènes d'envoie temporaire observé en rive droite du canal de dérivation. Notons de plus que le niveau dans ce CC est soutenu par un rejet direct depuis le canal de dérivation et par un rejet de STEP.

Dans le modèle BURGEAP, les CC sont représentés par des conditions aux limites de type rivière. Les variations de la ligne d'eau sont dépendantes du Q dans un des compartiments du Vieux Rhône, en position d'alimenter la lône :

- Si $Q < 30 \text{ m}^3/\text{s}$, alors $NE = 132.91 \text{ m NGF}$.
- Si $30 < Q < 1000 \text{ m}^3/\text{s}$, alors $NE = 133.11 \text{ m NGF}$
- Si $Q > 1000 \text{ m}^3/\text{s}$, alors $NE = 133.22 \text{ m NGF}$.

2.1.4 Flux en provenance des affluents

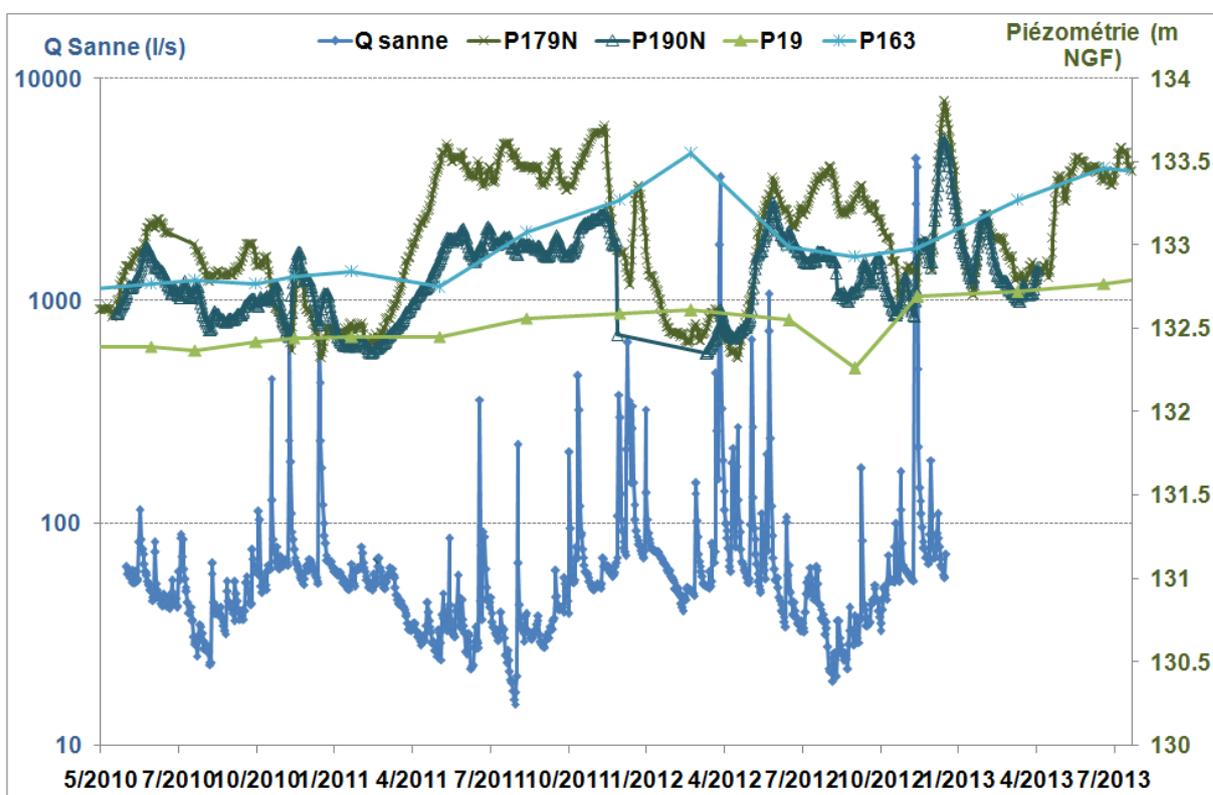
LA SANNE

Les relations entre le débit mesuré de la Sanne et la piézométrie de la nappe dans la plaine en rive gauche du canal de dérivation sont plus complexes.

En comportement "moyen", on observe des étiages avec des débits faibles de l'ordre de 50 l/s et des périodes de plus hautes eaux avec un débit moyen journalier compris entre 50 et 100 l/s. On observe cependant des épisodes de crues, plus ou moins étendus dans le temps, avec des débits moyens journaliers en pointe qui peuvent monter régulièrement jusqu'à 500 à 600 l/s, de façon plus exceptionnelle jusqu'à 4 000 l/s.

En première observation, il semblerait que la piézométrie soit peu influencée par le cycle hautes/basses eaux. Par contre, les épisodes de crue semblent systématiquement associés à des remontées piézométriques plus ou moins brutales, enregistrées sur les piézomètres voisins du cours d'eau.

Figure 14 : Q journaliers de la Sanne de 2010 à 2013 et chroniques piézométriques.

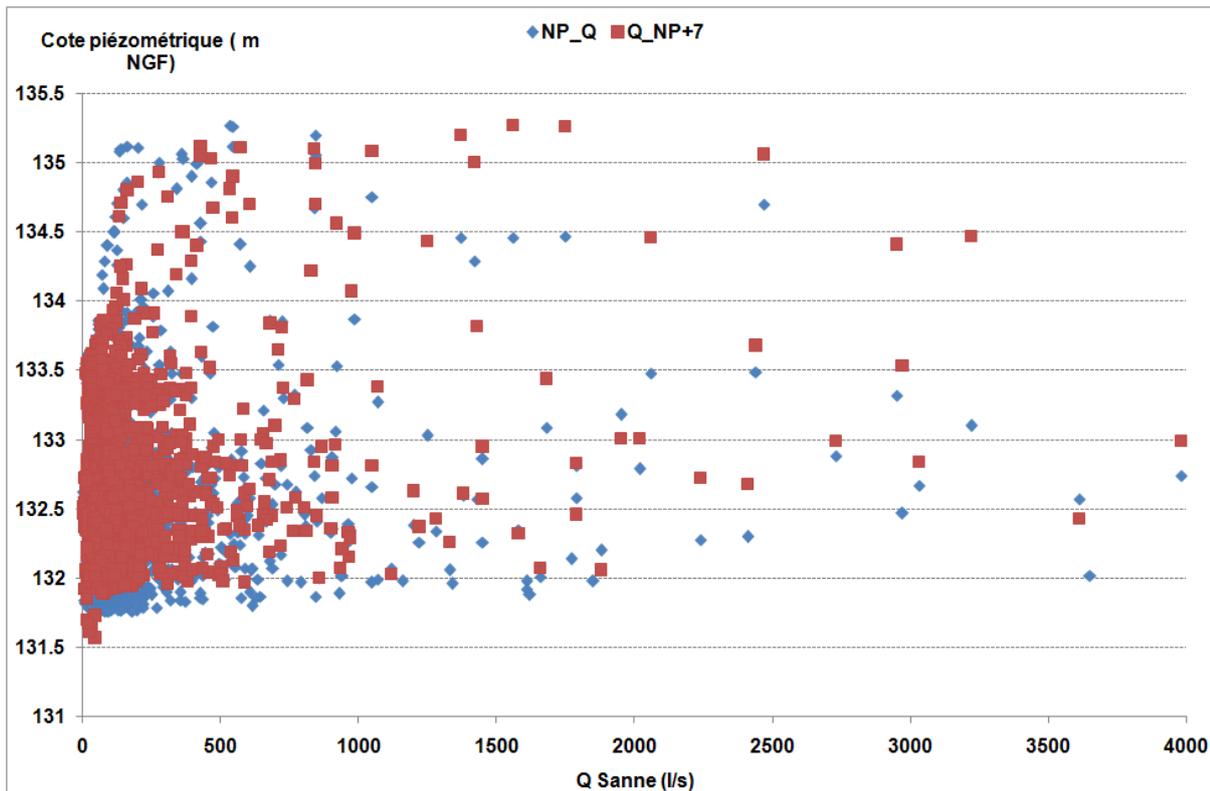


Ces observations nous ont poussé à rechercher des corrélations entre le débit de la Sanne et la piézométrie enregistrée sur le P179N (très réactif). Il est très difficile d'identifier une relation simple et univoque. Le graphique ci-dessous montre la distribution des couples débit/piézométrie mesurés le même jour et avec une semaine de retard pour la piézométrie.

On peut y voir que pour des débits inférieurs à 500 l/s (90% des observations), la piézométrie mesurée en simultanée ou en décalé est comprise entre 132 et 135 m NGF. Cela montre bien que hors crue, le débit de la Sanne n'est pas un facteur explicatif de la piézométrie.

Mais même pour des débits supérieurs à 500 l/s, la dispersion reste forte, en instantané comme en décalé.

Figure 15 : Relation entre le débit de la Sanne et la piézométrie observée dans le secteur de la Sanne.



Une deuxième approche a été mise en œuvre. Elle a consisté à se donner comme indicateur le volume cumulé passant par la Sanne pour une période donnée (7 ou 14 jours). On a alors un indicateur qui intègre les débits mais aussi la longueur des périodes de crue. On comprend aisément qu'une crue moyenne mais très longue peut produire un flux d'alimentation supérieure pour la nappe qu'une crue violente mais restreinte à quelques jours. Cette approche n'apporte pas plus de résultat : le graphe résultant est très similaire à celui des débits présenté ci-dessus.

On peut déduire de cette analyse les éléments suivants :

- Le comportement piézométrique observé dans la plaine de Sablons ne dépend pas que du débit de la Sanne (relation non univoque).
- Pour des débits inférieurs à 500 l/s, on peut considérer que les pertes de la Sanne vers la nappe sont constantes dans le temps, comme pour le canal de dérivation (on a probablement un lit mineur très colmaté, de par la nature sablo-limoneuse du bassin versant amont, et de par le sens des écoulements qui conduit à l'infiltration des fines dans le réservoir). Rappelons que Lalot (2013) avait les pertes comme totales pour les étiages récurrents de l'ordre de 60 l/s.
- Pour des débits supérieurs à 500 l/s, on observe une augmentation de piézométrie qui peut se surimposer à d'autres facteurs explicatifs. Cette augmentation pourrait être expliquée par des infiltrations sur les francs bords du lit mineur, de nature graveleuse, quand le niveau d'eau dans la rivière dépasse une valeur seuil. Il faudra donc introduire une fonction dépendante de Q pour simuler les flux liés à l'infiltration en provenance de l'appareil alluvial de la Sanne.

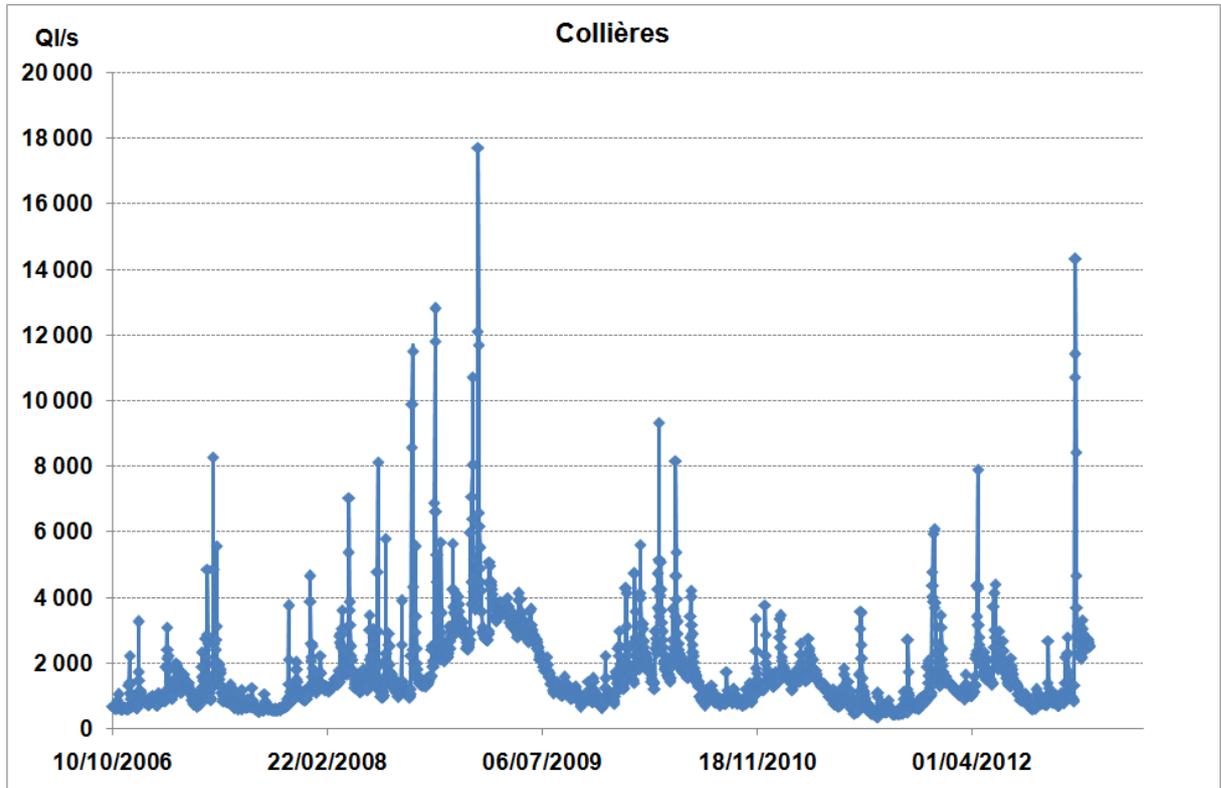
Notons que les données de débit présentant deux lacunes en 2007 et 2009, nous avons procédé à une reconstitution de la série avec la chronique de débit enregistrée pour le ruisseau des Collières qui présentent une très bonne synchronisation des épisodes de crues.

Dans le modèle BURGEAP, la Sanne est représentée comme une rivière avec des niveaux d'eau qui vont varier d'environ 20 cm en période de crues. Elle est découpée en trois compartiments avec des latitudes de l'ordre de 150, 142,5 et 134,5 m NGF ; notons que dans tous les compartiments, le cours d'eau est perché par rapport à la nappe. On affecte au cours d'eau une faible conductance (entre 30 et 100 m²/s) qui limite les échanges à quelques l/s en moyenne.

LE RUISSEAU DES COLLIÈRES

Ce ruisseau présente des caractéristiques atypiques car il s'agit d'un des exutoires de la puissante nappe de Bièvre Valloire. On peut donc supposer que globalement, ce cours d'eau aura un comportement drainant et non alimentant pour la nappe.

Figure 16 : Q journaliers du ruisseau des Collières de 2007 à 2011.



On observe des étiages marqués par des débits élevés, compris entre 500 et 800 l/s.

Dans le modèle BURGEAP, le ruisseau est représenté par une condition aux limites de type rivière avec deux tronçons aux comportements très différents :

- Un tronçon amont avec des altitudes supérieures à 135 m NGF : soit une représentation qui induit une alimentation de la nappe par le cours d'eau. Pour limiter les échanges du cours d'eau vers la nappe, il est appliqué une conductance très faible au cours d'eau ($C=0,28 \text{ m}^2/\text{s}$).
- Un tronçon aval avec des altitudes de l'ordre de 128 m NGF, soit une représentation qui implique un drainage de la nappe par le cours d'eau ; ceux ci sont facilités par une conductance relativement élevée : $350 \text{ m}^2/\text{s}$.

LE DOLON

Nous ne disposons pas de mesures de débit sur le Dolon.

L'analyse comparée de la topographie et de la piézométrie à l'étiage tend à montrer que ce cours d'eau est perché par rapport à la nappe, au moins jusqu'au niveau de la confluence avec la Sanne pour le Dolon.

Dans le modèle BURGEAP, le Dolon est représenté par une condition aux limites de type rivière avec deux tronçons aux comportements très différents :

- Un tronçon amont avec des altitudes supérieures à 130 m NGF : soit une représentation qui induit une alimentation de la nappe par le cours d'eau.
- Un tronçon aval avec des altitudes de l'ordre de 128 m NGF, soit une représentation qui implique un drainage de la nappe par le cours d'eau.

Pour limiter les échanges du cours d'eau vers la nappe, selon la même logique que pour le ruisseau des Collières, il est appliqué une conductance très faible au cours d'eau dans sa partie amont, et beaucoup plus forte dans sa partie aval.

LE LIMONY

Nous ne disposons pas de mesures de débit sur le Limony. L'analyse comparée de la topographie et de la piézométrie à l'étiage tend à montrer que ce cours d'eau est perché par rapport à la nappe.

Dans le modèle BURGEAP, le Limony est représenté sur son parcours par une condition aux limites de type recharge. Les flux sont variables et dépendent de la pluviométrie mesurée à Sablons.

On affecte ainsi un flux descendant sous le lit du cours d'eau pour représenter les pertes du cours d'eau, en position perché par rapport à la nappe. Celles ci sont définies comme variant en fonction des précipitations journalières enregistrées à Sablons. Elles équivalent pour la totalité du cours d'eau à une infiltration moyenne annuelle de l'ordre de 7 l/s.

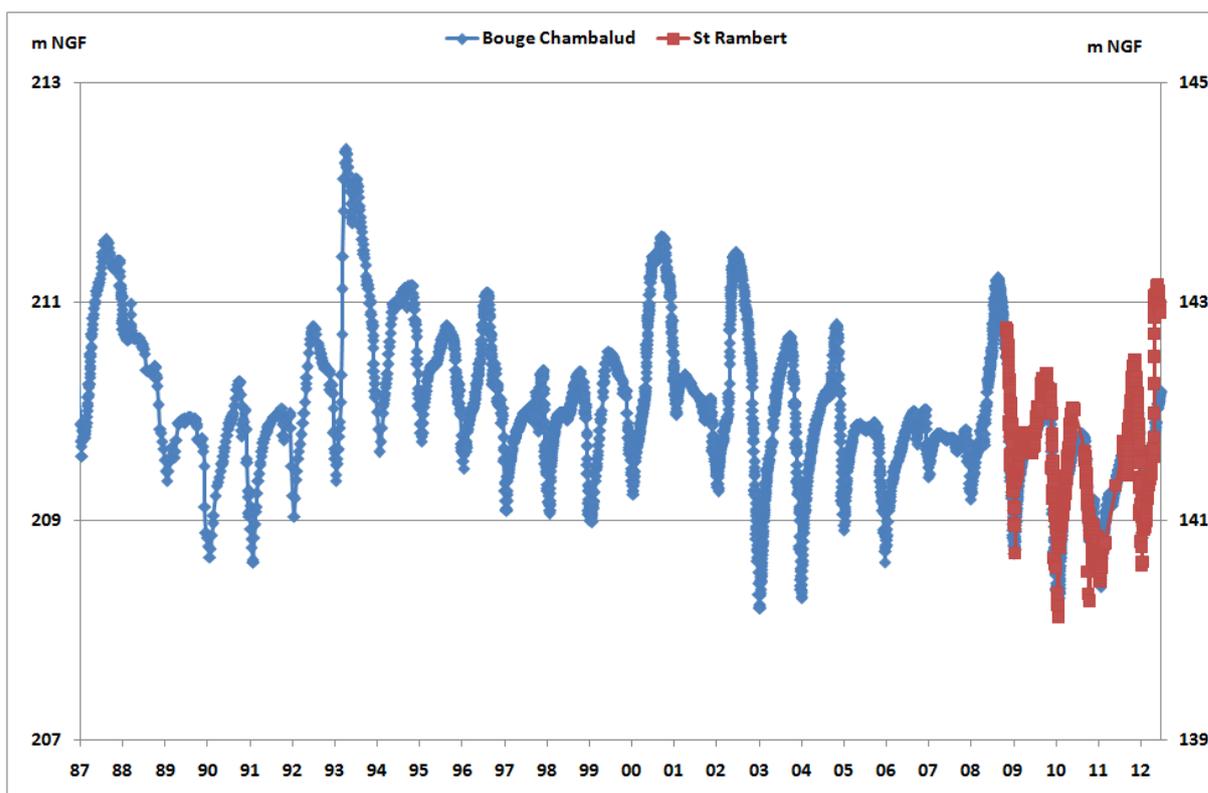
2.1.5 Flux en provenance des hydro systèmes souterrains

ALIMENTATION PAR LES ALLUVIONS FLUVIO-GLACIAIRES

Nous disposons de deux piézomètres implantés dans les alluvions fluvio-glaciaires : un à St Rambert d'Albon (4 ans de chronique) et un à Bouge Chambalud (plus de 40 ans de chronique).

La figure ci-dessous permet de visualiser les variations piézométriques enregistrées ces dernières années :

Figure 17 : Chroniques piézométriques en Bièvre Valloire.



On peut faire les observations suivantes :

- La nappe de Bièvre Valloire subit des battements piézométriques importants, de plusieurs mètres d'amplitude, entre les périodes de basses eaux (en général, la période estivale) et les périodes de hautes eaux.
- Au delà de ces variations annuelles, on observe une tendance nette à une diminution de la piézométrie dans la nappe.

Les deux courbes sont bien synchronisées et les battements présentent des amplitudes du même ordre de grandeur. C'est un comportement attendu pour un aquifère de très forte perméabilité. On peut donc en première approximation extrapoler les variations de piézométrie ante 2009 observées sur le piézomètre de Bouge Chambalud au piézomètre de St Rambert d'Albon.

Le flux d'alimentation souterrain de la nappe de Bièvre Valloire a été estimé par différentes approches de modélisation :

- Modèle HORIZONS (2 km d'échange) : environ 35 Mm³/an.
- Modèle SOGREAH (8 km d'échange) : environ 95 Mm³/an.

Ces ordres de grandeur sont confirmés par une application de Darcy. Avec une perméabilité moyenne de 0.01 m/s, une surface d'échange de 4 km (longueur du contact dans le modèle BURGEAP), une hauteur mouillée d'environ 10 m et un gradient de 0,06% (données SOGREAH), on obtient un flux moyen de l'ordre de 75 Mm³/an.

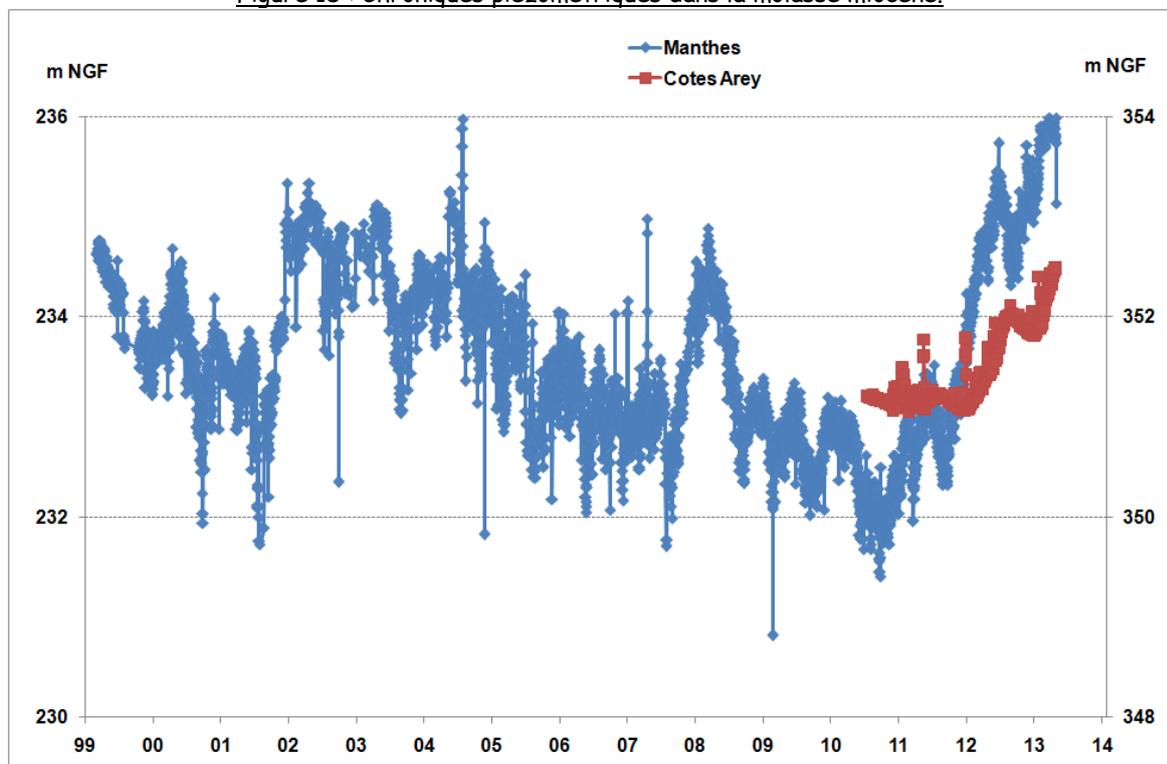
Dans le modèle BURGEAP, le flux en provenance de la nappe de Bièvre Valloire est représenté par une condition aux limites de type recharge. Les flux sont variables et dépendent de la pluviométrie mesurée à Sablons.

ALIMENTATION PAR LES MOLLASSES MIOCENES

Nous avons appliqué la même approche pour la molasse que la nappe fluvi glaciaire. Nous disposons en effet de deux piézomètres sur deux secteurs éloignés qui enregistrent les variations de piézométrie de la nappe de la molasse.

De nouveau, on observe des battements importants, au minimum métrique entre hautes et basses eaux, susceptibles d'expliquer une variation dans les flux d'alimentation vers la nappe du Rhône (+/- 2 m).

Figure 18 : Chroniques piézométriques dans la molasse miocène.



Comme pour le flux en provenance des alluvions fluvi-glaciaires, dans le modèle BURGEAP, le flux en provenance de la nappe de Bièvre Valloire est représenté par une condition aux limites de type recharge. Les flux sont variables et dépendent de la pluviométrie mesurée à Sablons ; un facteur retard est introduit pour représenter l'inertie de ces hydro systèmes souterrains.

ALIMENTATION PAR LES COTEAUX GRANITIQUES EN RIVE DROITE

Les coteaux granitiques sont susceptibles de correspondre à des aquifères de type fissuré. Ces milieux se caractérisent généralement par des perméabilités d'ensemble relativement faibles, ce qui implique une forte inertie des écoulements souterrains.

Dans le modèle BURGEAP, le flux en provenance des aquifères fissurés est représenté par une condition aux limites de type recharge, dans le secteur de Limony. Les flux sont variables et dépendent de la pluviométrie mesurée à Sablons ; un facteur retard est introduit pour représenter l'inertie de ces hydro systèmes souterrains.

2.2 ANALYSE CRITIQUE DU MODELE NUMERIQUE

2.2.1 Hypothèses de construction du modèle BURGEAP

Les cours d'eau sont représentés dans le modèle BURGEAP par des conditions aux limites de type rivière (potentiel imposé), que l'on peut juger en première approximation adaptées aux phénomènes censés être représentés.

Dans le détail, la précision des estimations des niveaux d'eau est variable :

- Les compartiments du Rhône sont définis localement par des cotes déduites d'équations mathématiques qui donnent ces cotes en fonction du débit du Vieux Rhône. Ces équations ont été déduites de mesures synchrones au pas de temps de journalier entre des débits et des hauteurs d'eau. Cette approche est la plus précise que l'on puisse proposer au vu des données disponibles.
- Des règles plus complexes ont été définies pour les cotes dans les îlons et les contre-canaux. Elles sont aussi basées sur l'extrapolation de mesures limnimétriques. De la même façon, cette approche est la plus précise que l'on puisse proposer au vu des données disponibles.
- Par contre, le Dolon comme la Sanne sont représentées de façon plus schématique avec une condition aux limites de type rivière, sur deux segments) qui induit un comportement en marche d'escalier : alimentation à l'amont et drainage à l'aval.

Les autres hydro systèmes en relation avec la nappe sont représentés par des conditions aux limites de type recharge (flux imposé). Les hypothèses de représentation de ces hydro systèmes sont rappelées dans le tableau ci-dessous, dans lequel nous proposons une estimation moyenne des flux associés à ces conditions aux limites :

Figure 19 : Hypothèses des conditions aux limites de type recharge du modèle BURGEAP ; flux associés.

Localisation	Surface (m²)	L (m)	Hypothèses BURGEAP				Décalage (j)
			Recharge moyenne (mm/an)	Flux (m3/m/an)	Volume (Mm3/an)	Mode calcul	
Surface modèle	30 000 000		160		0	P eff x 0	0
Limite Est-Molasse ?	40 500	1 800	30 000	675	1.22	F(P eff Sablon)	6
Limite Est - Pliocène	58 500	2 600	10 000	225	0.59	F(P eff Sablon)	6
Limite Est - Molasse	13 500	600	60 000	1 350	0.81	F(P eff Sablon)	6
Alluvions Sanne	12 600	560	40 000	900	0.50	F(P eff Sablon)	3
Limite Est - Molasses	18 000	800	40 000	900	0.72	F(P eff Sablon)	6
Zones urbanisées	7 000 000	ND	160	ND	0.06	P eff x 0,05	0
Limite Est -FluvioG	27 000	1 200	50 000	1 125	1.35	F(P eff Sablon)	3
Limite Est -FluvioG	14 400	640	65 000	1 463	0.94	F(P eff Sablon)	6
Limite Est - Fluvio G	39 600	1 760	100 000	2 250	3.96	F(P eff Sablon)	6
Limite Nord - Alluvions R	250	11	25 000	563	0.01	F(P eff Sablon)	0
Limite Est	20 250	900	40 000	900	0.81	F(P eff Sablon)	6
Limite Nord - Alluvions R	14 400	640	110 000	2 475	1.58	F(P eff Sablon)	0
Limite NordEst - Mixte	13 500	600	22 000	495	0.30	F(P eff Sablon)	6
Limite Sud - Alluvions R	28 350	1 260	-100 000	-2 250	-2.84	Flux constant	0
Côteux Limony	54 000	2 400	3 000	68	0.16	F(P eff Sablon)	3
Pertes Limony	22 500	1 000	10 000	225	0.23	F(P eff Sablon)	1
Limite Nord - Alluvions R	18 450	820	150 000	3 375	2.77	F(P eff Sablon)	0
Terrasse Nord	3 000 000	ND	160	ND	0.19	P eff. X 0,40	0
Terrasse Sud	4 000 000	ND	160	ND	0.096	Peff.x0.15	0

Notons que ces flux moyens sont modulés dans le temps selon une fonction plus ou moins complexe, avec un facteur retard imposé, qui dépend de la pluie efficace mesurée à Sablons.

L'intégration des flux estimés permet de proposer le bilan suivant pour l'année type, testée par BURGEAP :

- Molasse 5.41 Mm³/an
- Coteaux + Pliocène 0.75 Mm³/an
- Fluvio-glaciaires 6.25 Mm³/an
- Entrées Nord 4.65 Mm³/an
- Pertes Sud -2.84 Mm³/an
- Infiltration pluies 0.34 Mm³/an
- Infiltrations rivières 0.23 Mm³/an soit environ 7l/s

On constate que ces conditions aux limites induisent un apport moyen de l'ordre de 15 Mm³/an avec une part importante liée aux venues en provenance des aquifères molassiques et fluvio-glaciaires.

2.2.2 Discussion

Un des objectifs de l'étude est de redéfinir certaines conditions aux limites du modèle numérique, au regard de connaissances acquises depuis sa construction. Or, des études récentes apportent des informations importantes sur le fonctionnement hydrogéologique de certains hydro systèmes (Lalot 2013, SOGEAH, 2011) ou la structure intime de l'aquifère (Bravard et al., 2005).

En particulier, Lalot (2013) estime que la Sanne se perd en totalité en période d'étiage, pour des débits de l'ordre de 60 à 80 l/s. Il montre que le Limony et le Dolon, au moins dans sa partie amont, ont des comportements similaires. Au vu des dimensions respectives des cours d'eau en plaine, il faudrait observer des pertes moyennes cumulées de l'ordre de 100 l/s. Notons que ces pertes, de par le caractère perché des appareils alluviaux, sont indépendantes de la piézométrie de la nappe alluviale du Rhône sous-jacente.

De la même façon, des études récentes de détermination de volumes prélevables permettent de rediscuter les flux imposés par les aquifères bordiers :

- Il est reconnu que la perméabilité moyenne des alluvions du Rhône est de l'ordre de $5 \cdot 10^{-3}$ m/s ; avec un gradient de l'ordre de 0,2% et une épaisseur mouillée de 10 m pour un front de 2000 m environ, la loi de Darcy permet d'estimer un flux en provenance des alluvions amont de l'ordre de 6 Mm³/an. On peut proposer une approche similaire pour la frontière Sud de la nappe, avec un flux aval de l'ordre de 7 Mm³/an
- De la même façon, les alluvions fluvio-glaciaires sont réputées plus perméables que les alluvions du Rhône (K de l'ordre de 10^{-2} m/s). On peut ainsi déduire par la loi de Darcy un flux moyen de l'ordre de 50 Mm³/an aux limites du modèle BURGEAP (contact d'environ 4 km) ; l'estimation donnée par la modélisation en régime permanent de HORIZONS (1997) est de 35 Mm³/an pour 2,5 km de zone d'échange. Pour la totalité du contact entre les deux aquifères (environ 8 km), SOGREAH estime un flux de l'ordre de 90 Mm³/an. On a donc une estimation cohérente du flux en provenance de l'aquifère fluvio-glaciaire de la plaine de Valloire qui serait de l'ordre de 10 à 15 Mm³/an par km de contact.
- Pour finir, il paraît plus logique de proposer une variabilité des flux en provenance des encaissants liée aux variations de piézométrie dans ces nappes, plutôt qu'une variabilité liée à la pluie mesurée à Sablons.

Ces éléments de connaissance nous ont conduit à réviser certaines conditions aux limites.

2.2.3 Modifications apportées au modèle

Au vu des considérations présentées ci-dessus, nous proposons des modifications pour certaines conditions aux limites :

- Pour le Rhône libre à l'aval du seuil de Peyraud, remplacement des fonctions du niveau d'eau en fonction du débit du Vieux Rhône, par des fonctions qui donnent le niveau d'eau en fonction du cumul du débit du Vieux Rhône et du débit d'usine.
- Révision de la représentation des parties amont de la Sanne et du Dolon : on remplace des conditions de type rivière (avec un flux dépendant du gradient de charge entre les cours d'eau et la nappe) par des conditions de type recharge (flux indépendant des variations de piézométrie de la nappe).
- Révision des flux moyens annuels pour l'ensemble des aquifères bordiers au regard des estimations présentées ci-dessus. En première approximation, on tente de conserver les ordres de grandeur des proportions pour les flux unitaires (m³/m/an) en fonction des règles de proportionnalité connue pour les perméabilités des différentes formations ; en effet, dans le détail, les flux sont aussi dépendants des gradients hydrauliques ce qui rend complexe toute approche a priori :

$$K_{\text{fluvio-glaciaire}} = 2 \times K_{\text{alluvions du Rhône}} = 20 \times K_{\text{molasses}} = 100 \times K_{\text{roches fissurées/Pliocène}}$$

- Introduction de nouvelles fonctions pour faire varier le flux moyen autour de nouvelles variables explicatives : la piézométrie mesurée dans la molasse pour les aquifères molassiques et ceux du pliocène, la piézométrie mesurée dans la nappe de Bièvre Valloire au niveau de St Rambert d'Albon pour l'aquifère fluvio-glaciaire, le débit de la Sanne pour les pertes du Dolon et de la Sanne, etc...

De façon plus anecdotique au regard des volumes en jeu, nous proposons aussi une révision des coefficients d'infiltration de la pluie efficace.

Le tableau ci-dessous fait la synthèse de ces modifications.

Figure 20 : Hypothèses de modifications des conditions aux limites de type recharge du modèle ; flux associés.

Localisation	Surface (m²)	L (m)	Recharge (mm/an)	Flux (m3/m/an)	Volume (Mm3/an)	Hypothèses HYDROFIS	Décalage (j)
Surface modèle	30 000 000		160		1	P eff x 0,20	0
Limite Est-Molasse ?	40 500	1 800	40 000	900	1.62	F(NP Molasses)	0
Limite Est - Pliocène	58 500	2 600	10 000	225	0.59	F(NP Molasses)	0
Limite Est - Molasse	13 500	600	40 000	900	0.54	F(NP Molasses)	0
Limite Est - Molasse	12 600	560	40 000	900	0.50	F(NP Molasses)	0
Limite Est - Molasses	18 000	800	40 000	900	0.72	F(NP Molasses)	0
Zones urbanisées	7 000 000	ND	160	ND	0.11	P eff x 0,10	0
Limite Est - Fluvio G	27 000	1 200	450 000	10 125	12.15	F(NP FG)	0
Limite Est -FluvioG	14 400	640	450 000	10 125	6.48	F(NP FG)	0
Limite Est - Fluvio G	39 600	1 760	450 000	10 125	17.82	F(NP FG)	0
Limite Nord - Alluvions R	250	11	300 000	6 750	0.08	Constant	0
Limite Est	20 250	900	10 000	225	0.20	F(NP Molasses)	0
Limite Nord - Alluvions R	14 400	640	300 000	6 750	4.32	Constant	0
Limite NordEst - Molasses	13 500	600	40 000	900	0.54	F(NP Molasses)	0
Limite Sud - Alluvions R	28 350	1 260	-250 000	-5 625	-7.09	Flux constant	0
Côteux Limony	54 000	2 400	10 000	225	0.54	Flux constant	0
Pertes Limony	22 500		25 000		0.56	F(Q Sanne)	0
Pertes Sanne	72 000		25 000		1.80	F(Q Sanne)	0
Pertes Dolon	29 250		25 000		0.73	F(Q Sanne)	0
Limite Nord - Alluvions R	18 450	820	300 000	6 750	5.54	Constant	0
Terrasse Nord	3 000 000	ND	160		0.24	P eff. X 0,50	0
Terrasse Sud	4 000 000	ND	160		0.32	Peff. X 0,50	0

On obtient ainsi le bilan suivant avec des apports par les hydro systèmes autres que les compartiments du Rhône, de l'ordre de 46 Mm³/an :

• Molasse	4.13	Mm3/an
• Coteaux + Pliocène	1.13	Mm3/an
• Fluvio-glaciaires	36.45	Mm3/an
• Entrées Nord	9.93	Mm3/an
• Pertes Sud	-7.09	Mm3/an
• Infiltration pluies	1.63	Mm3/an
• Infiltrations rivières	3.09	Mm3/an

Il est important de détailler les fonctions de transformation des flux moyens :

- Pour les flux dépendent de niveaux piézométriques, on propose une fonction de transformation avec un coefficient de proportionnalité qui va distribuer les flux autour de la moyenne, en fonction de la piézométrie mesurée quotidiennement dans l'aquifère bordier. Rappelons en effet que les échanges entre cette nappe et la nappe alluviale du Rhône sont contrôlés principalement par le gradient hydraulique entre ces deux formations. Afin d'intégrer cette variation temporelle, nous avons donc calculé les écarts à une piézométrie moyenne estimée de 2007 à 2011. Puis, nous avons calculé un coefficient correcteur en prenant comme hypothèse que pour les battements maximum observés (+/- 1 m autour de la moyenne), les flux seraient augmentés ou diminués de X%. Notons que la molasse présente une plus grande inertie que les alluvions ; pour représenter cette différence, pour les flux en provenance de la molasse, afin de lisser les variations journalières sans grande représentativité, nous avons appliqué une moyenne glissante décadaire à la série.
- Pour les flux liés aux pertes des cours d'eau (F), la fonction est plus complexe. On fait l'hypothèse que les flux sont constant (Fc) quelque soit la pluie ou le débit en dessous d'une valeur seuil (S). Au delà, on considère qu'il y a débordement ou alimentation par les francs bords et on définit un coefficient de transformation (Ct) qui permet de moduler le flux supplémentaire qui va aller alimenter la nappe. Ainsi, avec une telle règle, on a un flux moyen de la Sanne de l'ordre de 60 l/s pour des débits inférieurs à 500 l/s. Au delà, le flux augmente temporairement avec une formule du type :

$$F = F_c + Q * C_t$$

2.3 SELECTION DES POINTS DE CONTROLE DES NIVEAUX DE NAPPES

Avant de procéder au calage du modèle, nous avons sélectionné des piézomètres dits de contrôle. La sélection de ces piézomètres doit répondre à un double objectif :

- Avoir des chroniques sur les années 2007-2011 pour aider au calage du modèle.
- Identifier des piézomètres qui serviront de points de contrôle pour les règles de gestion qui seront proposées en conclusions de l'étude.

Pour satisfaire ces objectifs, nous avons procédé de la façon suivante :

- Dans un premier temps, nous avons identifié les piézomètres dits de contrôle qui pourraient permettre d'assurer un suivi effectif des niveaux de nappe dans l'optique d'une bonne gestion quantitative.
- Puis, nous étudié la capacité de ces piézomètres à servir de points de calage pour le modèle numérique. En cas de défaillance, nous avons sélectionné d'autres piézomètres dans des secteurs proches pour aider au calage.

2.3.1 Piézomètres sélectionnés pour une gestion quantitative

Dans l'objectif d'optimiser une politique de gestion, il nous a fallu sélectionner des piézomètres aux bordures des secteurs et proches des zones à enjeux pour servir dans le futur de piézomètres de contrôle (contraintes de position). Cette logique de sélection découle de la stratégie proposée pour la détermination des volumes prélevables par secteur de nappe, qui est présentée dans le dernier chapitre de ce rapport.

Cependant, pour optimiser la démarche globale, il nous a fallu respecter une contrainte supplémentaire dans le choix de ces piézomètres, relative aux processus de calage du modèle numérique. En effet, pour assurer une bonne représentativité aux piézomètres dits de contrôle, il nous a paru nécessaire de les intégrer dans le processus de calage, pour s'assurer que l'information qu'il porte a été vérifiée.

Nous avons considéré comme suffisant environ deux piézomètres par secteur pour caler le modèle (excepté pour l'île de la Platière qui présente de forts enjeux), ce qui semble en première approximation un bon compromis entre la qualité du contrôle que l'on veut exercer sur la nappe et la lourdeur des procédures à mettre en place. Il a donc fallu sélectionner entre 10 et 15 points de contrôle. Pour optimiser la valeur du contrôle nous avons choisi de prendre des piézomètres proches des limites des secteurs définis. Idéalement, il faut aussi que le point sélectionné ne soit pas situé à proximité d'un prélèvement en nappe (influence trop forte du point de pompage) ou trop proche du Rhône libre.

Pour l'EVP, nous avons choisi de considérer le modèle entre les années 2007 et 2011. Ceci s'explique notamment par le fait que nous avons le plus de chroniques piézométriques continues sur cette période.

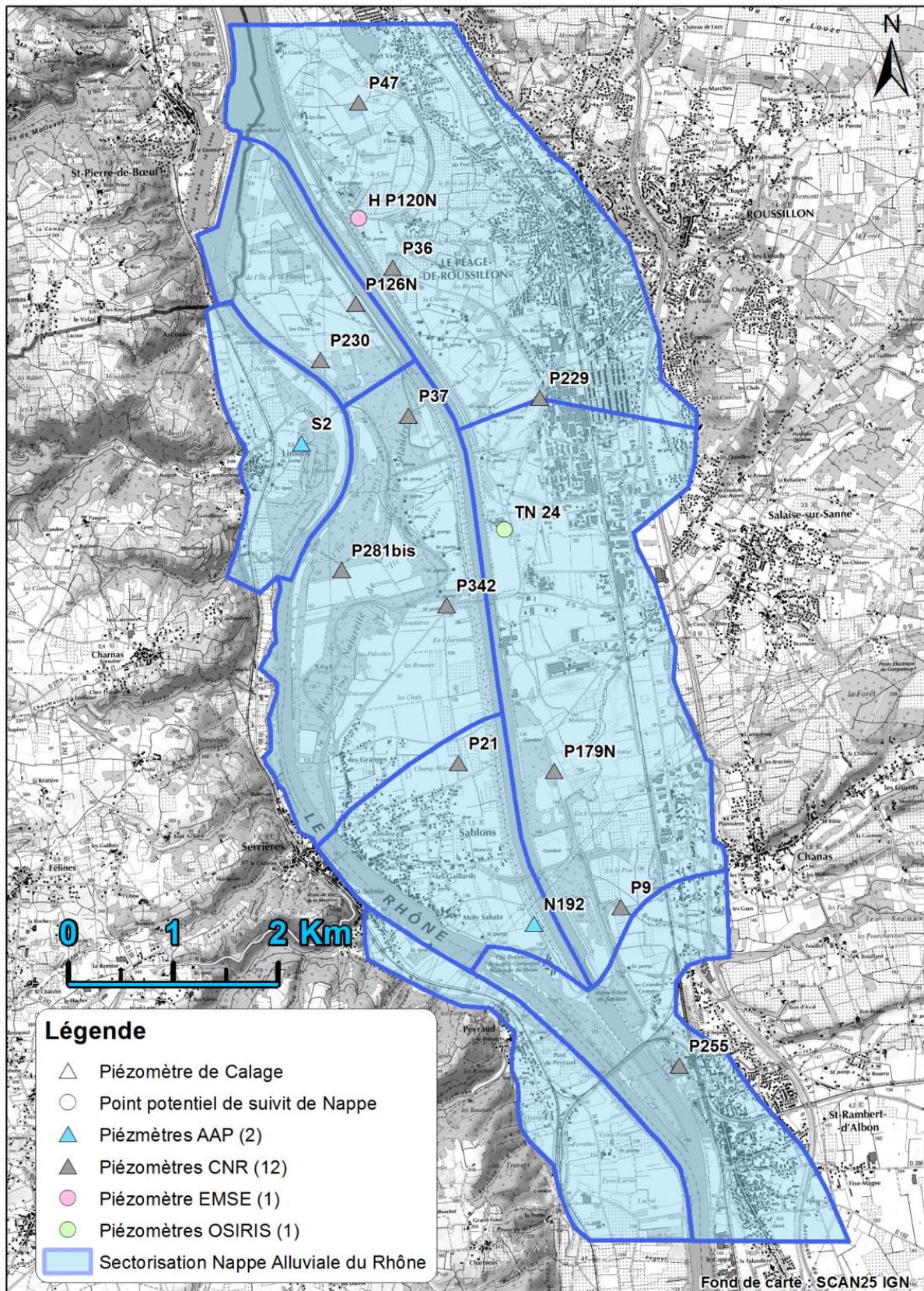
Notons que l'on cherche à réaliser un modèle avec un pas de temps journalier alors que la plupart des données piézométriques sont mensuelles ou trimestrielles. Dans la mesure du possible, nous avons donc privilégié des chroniques piézométriques avec une précision journalière. Or, seule la CNR dispose de telles chroniques sur la période souhaitée : la CNR dispose de 14 piézomètres équipés d'un capteur avec une fréquence de mesure de 4 heures. Notons que 2 capteurs sont hors service ; le P274 et le P280. Précisons aussi que les piézomètres P94 et P95 sont en dehors du modèle BURGEAP, qui ne prend pas en compte le secteur de Peyraud. Pour finir, notons que les chroniques des enregistreurs ne sont pas forcément continues.

Le tableau ci-dessous présente tous les piézomètres équipés d'un enregistreur.

Piézomètre	Référentiel	X	Y	Z	Nivellement	Etat ouvrage	Fiabilité	Debut Chronique	Fin Chronique	Fréquence
P126N	Lambert III	790685.02	3343516.06	140.23	04/07/2012	Bon état	Non	21/11/1995	10/06/2011	4 heures
P7	Lambert III	791917.19	3337824.24	137.1	07/01/2010	Bon état	Non	21/11/1995	18/12/2013	4 heures
P94	Lambert III	792611.11	3336449.56	134.1	10/07/2012	Bon état	Oui	13/01/1996	21/10/2008	4 heures
P95	Lambert III	791637.47	3336961.86	135.19	09/07/2012	Bon état	Oui	05/06/1991	17/06/2009	4 heures
P168	Lambert III	791093	3345049	141.19	23/02/1995	Bon état	Non	05/06/1991	14/10/2013	4 heures
P179N	Lambert III	792609.31	3339048.59	144.95	16/12/2011	Bon état	Non	21/04/1998	14/10/2013	4 heures
P190N	Lambert III	792957.43	3338099.21	139.91	16/12/2011	Bon état	Non	12/11/1996	18/04/2013	4 heures
P274	Lambert III	792533	3341599	153.64		Hors service	Non	21/11/1995	14/10/2013	4 heures
PH	Lambert III	791327.29	3343356.17	139.13	05/07/2012	Bon état	Non	09/08/1995	14/10/2013	4 heures
P224	Lambert III	790973.37	3342237.74	138.29	04/07/2012	Bon état	Non	28/02/1997	18/12/2013	4 heures
P280	Lambert III	790945	3341264	137.12	25/11/1985	Hors service	Non	14/09/2000	14/10/2009	4 heures
P281bis	Lambert III	790570	3340961	136.98	25/11/1985	Bon état	Non	26/11/1999	18/12/2013	4 heures
P342	Lambert III	791570.5	3340631.41	138.62	09/07/2012	Bon état	Oui	29/01/1996	01/09/2009	4 heures
P24	Lambert III	789989.54	3341686.56	138.51	04/07/2012	Bon état	Oui depuis le 04/07/2012	06/06/1991	18/12/2013	4 heures

Il a donc été nécessaire d'étendre la sélection à des piézomètres hors suivi CNR. Nous avons donc sélectionné dans le panel de données les points que nous considérons les mieux placés. Nous arrivons à 16 points de contrôle ; la figure ci-dessous présente les points de contrôle retenus pour un éventuel suivi de nappe au-delà de l'étude :

Figure 21 : Piézomètres proposés pour le futur suivi de la nappe alluviale.



2.3.2 Piézomètres sélectionnés pour le calage du modèle

Rappelons que les piézomètres dits de contrôle ont d'abord été sélectionnés sur la base de leur position ; ce ne sont pas forcément ceux qui ont des chroniques continues sur la période de calage du modèle : l'année 2009.

Par exemple, le P126N a une lacune de données entre 2008 et 2010. Ainsi, sur les 16 piézomètres idéalement placés, 5 piézomètres ne présentent aucune donnée sur l'année 2009. Il s'agit des piézomètres P9, P21, TN24, HP120N et P126N.

On a donc cherché à "doubler" les piézomètres de suivi de nappe qui n'ont pas de chronique pour la période de calage, avec des piézomètres renseignés sur la période choisie pour le calage.

Nous avons sélectionné un piézomètre voisin avec des données en 2009 pour chacun des 5 piézomètres :

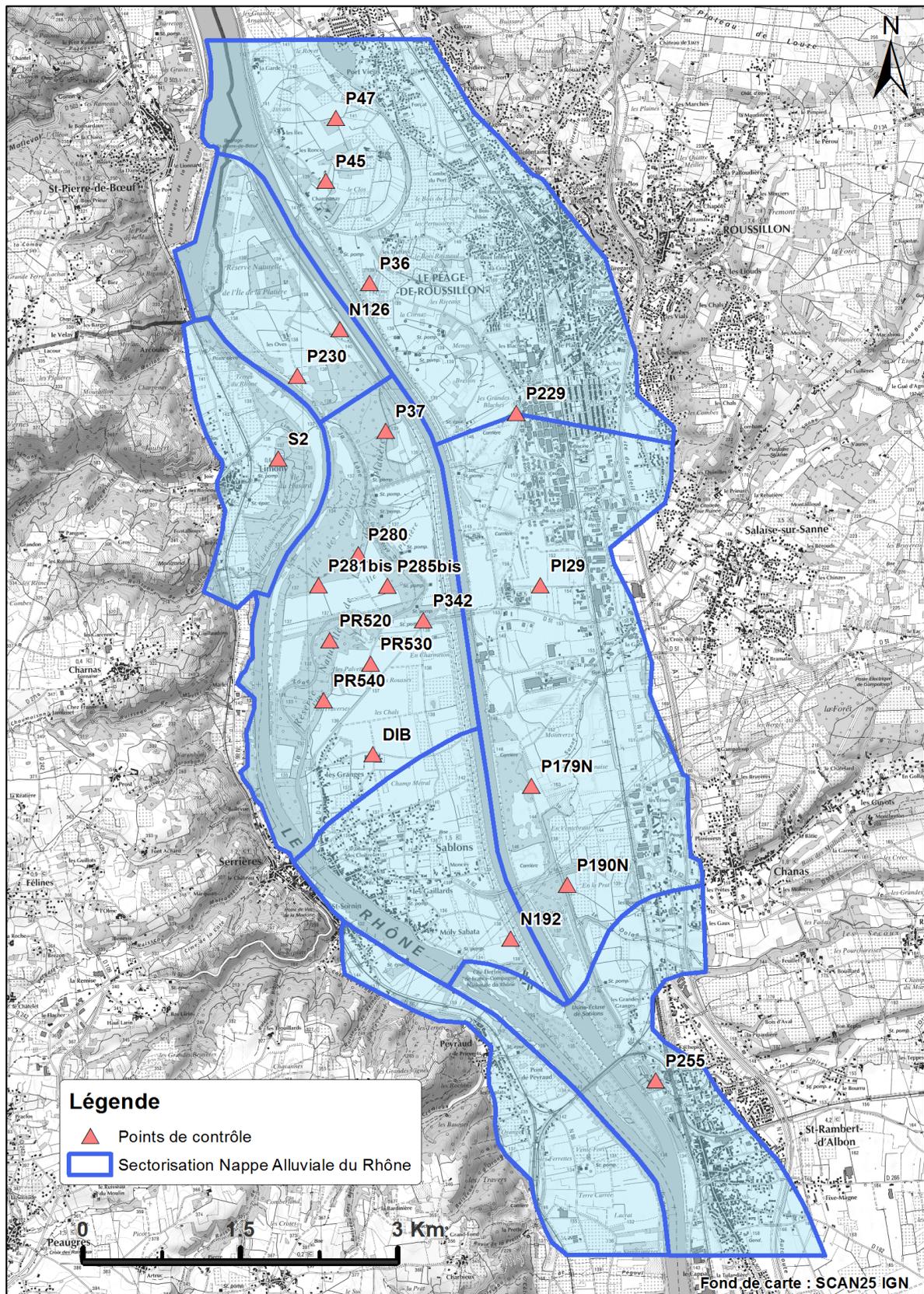
- P190N (chronique à fréquence de 4 heures) pour le P9.
- P45 (4 mesures réparties par trimestre) pour le HP120N.
- N126 (5 mesures réparties sur la période estivale) pour le P126N.
- DIB (5 mesures réparties sur la période estivale) pour le P21.
- PI29 (4 mesures réparties par trimestre) pour le TN24

De plus, au vu des forts enjeux sur le secteur de l'île de la Platière, et de la forte sensibilité des enjeux aux niveaux de nappe, nous avons introduit 5 piézomètres supplémentaires dans ce secteur de manière à s'assurer du meilleur calage possible dans cette zone.

La figure ci-dessous présente donc les 21 piézomètres qui vont permettre de caler le modèle sur l'année 2009.

Notons que sur les 21 piézomètres retenus, seulement quatre d'entre eux présentent une chronique avec une fréquence infra journalière.

Figure 22 : Piézomètres sélectionnés pour le calage du modèle sur l'année 2009.



2.4 NOUVEAU CALAGE DU MODELE

Pour des raisons de stabilité numérique, le calage a été restreint à un cycle hydrologique (année 2009). Le calage a donc porté sur 365 jours de simulation (du 1er janvier 2009 au 31 décembre 2009).

Afin d'optimiser la démarche de calage du modèle, nous avons respecté les phases suivantes :

- Modification de la distribution des propriétés hydrodynamiques, basée sur une distribution spatiale reproduisant les grandes unités morpho sédimentaires identifiées par Bravard (2005). Ajustements des contrastes de perméabilité en étudiant principalement les secteurs soumis à pompages ; la géométrie des cônes de rabattement est en effet d'abord très sensibles aux paramètres hydrodynamiques.
- Modification des recharges aux limites du modèle. Ajustements des flux de recharge moyen et de leur variabilité en étudiant principalement les piézomètres implantés aux limites du domaine modélisé.
- Calage par ajustement des coefficients de colmatage. C'est la dernière phase de calage qui a permis d'ajuster les niveaux de nappe qui sont dans la partie centrale du modèle très dépendants des flux en provenance du canal de dérivation ou des lônes.

Une telle stratégie permet de respecter, dans la limite des données disponibles, une approche dite *physically based*, c'est à dire qui cherche à respecter la cohérence physique et hydrogéologique des phénomènes que l'on cherche à représenter.

Avant de présenter les résultats de cette approche, il nous a semblé utile de faire un rappel de toutes les incertitudes car c'est leur définition qui permet de déterminer un objectif de précision dans le processus de calage. Rappelant que les simulations se font sur un pas de temps journalier, les principales sources d'erreurs sont :

- La variation infra-journalière du Rhône : de l'ordre de +/- 30 cm en première approximation ; on pourra alors observer des divergences notables sur tous les secteurs de nappe fortement influencés par les niveaux d'eau dans le Vieux Rhône, avec une erreur d'autant plus forte que l'on se rapproche du fleuve.
- Le niveau d'eau calculé dans les rivières : de l'ordre de +/- 10 cm en première approximation ; avec une sensibilité à cette erreur selon la même logique que celle développée ci-dessus.
- Certaines données ont été fournies en mensuel et nous avons appliqué des matrices de transformation des prélèvements pour une estimation des débits journaliers, approche qui peut se révéler plus ou moins précise (pompages OSIRIS par exemple). on pourra donc observer des divergences fortes, soit en amplitudes, soit en temporalité, entre piézométrie simulée et piézométrie observée à proximité des principaux champs captant (à une distance de l'ordre de quelques centaines de mètres).
- La détermination des états de surface en termes de capacité d'infiltration est basée sur une lecture de la carte IGN ; elle ne tient pas compte des équipements de gestion des eaux pluviales. Elle peut donc être considérée comme grossière et les phénomènes d'infiltration des eaux météoriques sont probablement mal représentés, en particulier à proximité des zones urbaines.
- Dans la plaine de Sablons, très localement (qq km²) on observe des anomalies piézométriques positives durant le printemps ; on applique ce terme d'anomalie car aucune des variations des hydro systèmes influençant la piézométrie ne peut expliquer les variations observées. On peut supposer que certaines pratiques locales d'irrigation par aspersion, probablement mal contrôlées, sont susceptibles de produire une infiltration localisée ; cette hypothèse mériterait d'être confirmée par une étude adaptée.

Notons que ces sources d'erreurs ne se cumulent pas, mais elles induisent forcément une incertitude sur l'ajustement entre piézométrie observée et piézométrie simulée.

Au vu des éléments exposés, nous avons défini un objectif de calage entre piézométrie simulée et observée de l'ordre de +/- 30 cm sur les points de contrôle, hors zones de "forte" incertitude : proximité du Rhône, d'un champ captant ou de la zone d'anomalie de la plaine de Sablons. Dans ces zones, le calage est jugé acceptable pour des piézométries ajustées à +/- 50cm.

Au vu des sources d'erreur exposées ci-dessus, et des objectifs de calage que l'on pourrait juger peu ambitieux, rappelons une caractéristique propre aux modèles distribués de type MODFLOW. Il est vrai que l'on peut considérer comme difficile la représentation juste et exacte des variations piézométriques en tout point du réservoir car cette grandeur physique est sensible aux variations de nombreux paramètres, locaux comme globaux. Ceci étant, ce type de modèle permet d'obtenir une représentation relativement précise des flux d'eau au sein de l'hydro système (et donc de leurs impacts théoriques sur la piézométrie), ce qui est l'objectif de la présente étude de détermination des volumes prélevables en nappe.

2.4.1 Modification de la distribution des propriétés hydrodynamiques

Une étude géomorphologique récente (Bravard et al., 2005) présente une cartographie des paléo chenaux et des terrasses alluviales qui composent l'aquifère. Nous nous sommes inspirés de cette cartographie pour redessiner la zonation des paramètres hydrodynamiques.

Le tableau ci-dessous présente les modifications apportées aux paramètres hydrodynamiques liés à la nouvelle zonation introduite dans le modèle numérique.

Tableau 1 : Modifications apportées sur les paramètres de perméabilités.

ID	Synthèse Calage Perméabilité					
	Source BURGEAP			Modif HYDROFIS		
	kx	ky	kz	kx	ky	kz
Zone 1	6.00E-03	6.00E-03	6.00E-04	4.00E-03	4.00E-03	4.00E-04
Zone 2	3.00E-04	3.00E-04	3.00E-05	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-04
Zone 3	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-04	1.50E-03	1.50E-03	1.50E-04
Zone 4	6.00E-04	6.00E-04	6.00E-05	6.00E-03	6.00E-03	6.00E-04
Zone 5	1.40E-02	1.40E-02	1.40E-03	8.00E-03	8.00E-03	8.00E-04
Zone 6	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-05			
Zone 7	5.50E-03	5.50E-03	5.50E-04	6.00E-03	6.00E-03	6.00E-04
Zone 8	8.00E-03	8.00E-03	8.00E-04	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-04
Zone 9	3.00E-04	3.00E-04	3.00E-05	2.00E-03	2.00E-03	2.00E-04
Zone 10	3.00E-02	3.00E-02	3.00E-03	3.00E-03	3.00E-03	3.00E-04
Zone 11	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-04	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-04
Zone 12	3.00E-03	3.00E-03	3.00E-04	6.00E-03	6.00E-03	6.00E-04
Zone 13	5.00E-02	5.00E-02	5.00E-03			
Zone 14	4.00E-03	4.00E-03	4.00E-04	4.00E-03	4.00E-03	4.00E-04

Tableau 2 : Modification apportées sur les paramètres de porosités.

ID	Synthèse Calage Porosité							
	Source BURGEAP				Modif HYDROFIS			
	Ss	Sy	Eff. Por	Tot. Por	Ss	Sy	Eff. Por	Tot. Por
Zone 1	1.00E-05	0.08	0.1	0.3	1.00E-05	0.15	0.15	0.3
Zone 2	1.00E-05	0.12	0.1	0.3	1.00E-05	0.08	0.08	0.3
Zone 3	1.00E-05	0.18	0.1	0.3	1.00E-05	0.08	0.08	0.3
Zone 4	1.00E-05	0.06	0.1	0.3	1.00E-05	0.15	0.15	0.3
Zone 5	1.00E-05	0.04	0.1	0.3	1.00E-05	0.2	0.2	0.3
Zone 6	1.00E-05	0.2	0.1	0.3	1.00E-05	0.15	0.15	0.3
Zone 7					1.00E-05	0.08	0.08	0.3
Zone 8					1.00E-05	0.14	0.14	0.3
Zone 9					1.00E-05	0.18	0.18	0.3
Zone 10					1.00E-05	0.08	0.08	0.3
Zone 11					1.00E-05	0.12	0.12	0.3
Zone 12					1.00E-05	0.1	0.1	0.3

On notera qu'il s'agit de modifications mineures. Les ordres de grandeur sont respectés, ainsi que la logique qui voudrait que les alluvions anciennes soient sensiblement moins perméables et moins poreuses que les alluvions modernes.

Figure 23 : Carte paléogéographique (Bravard et al. 2005).

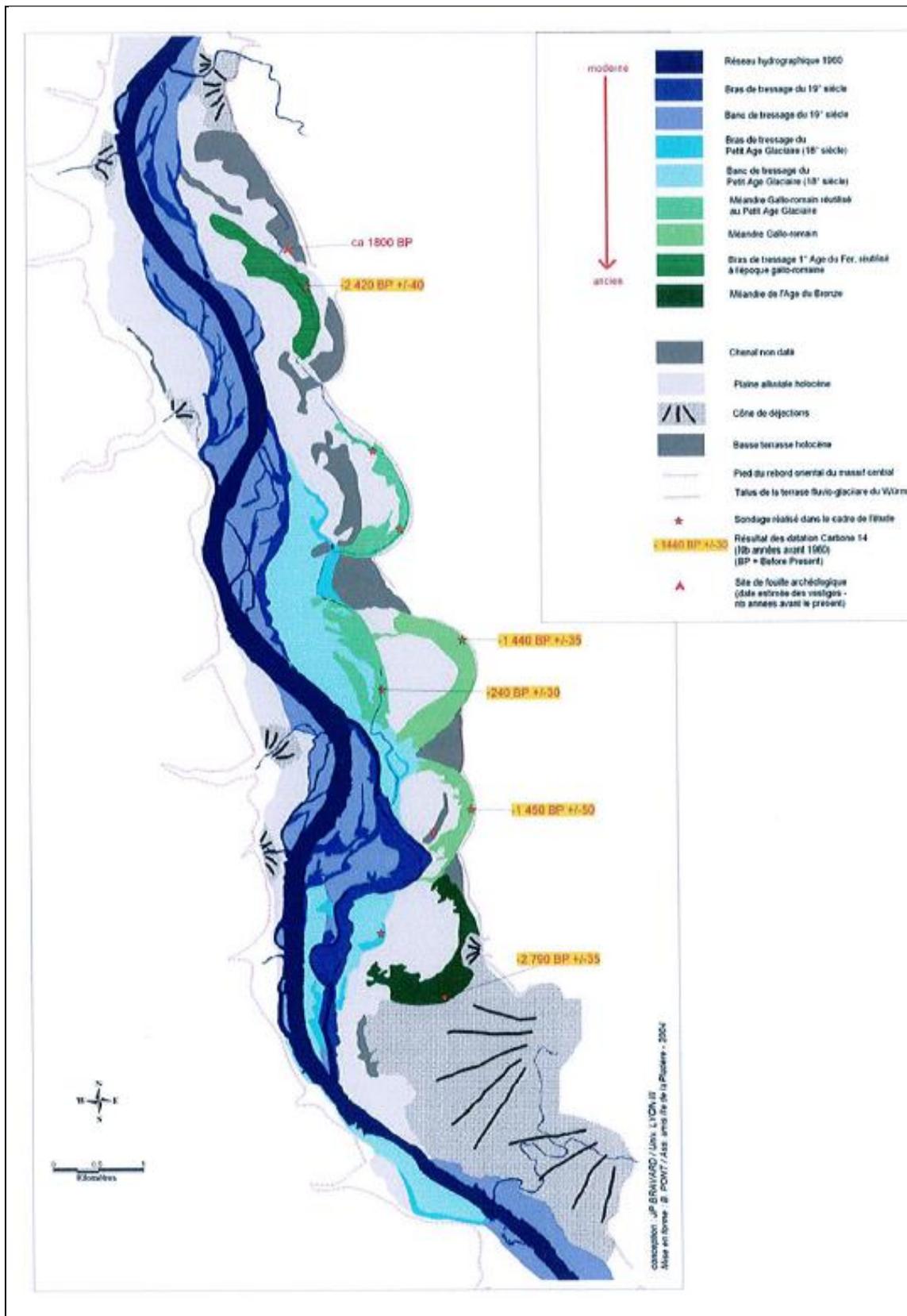
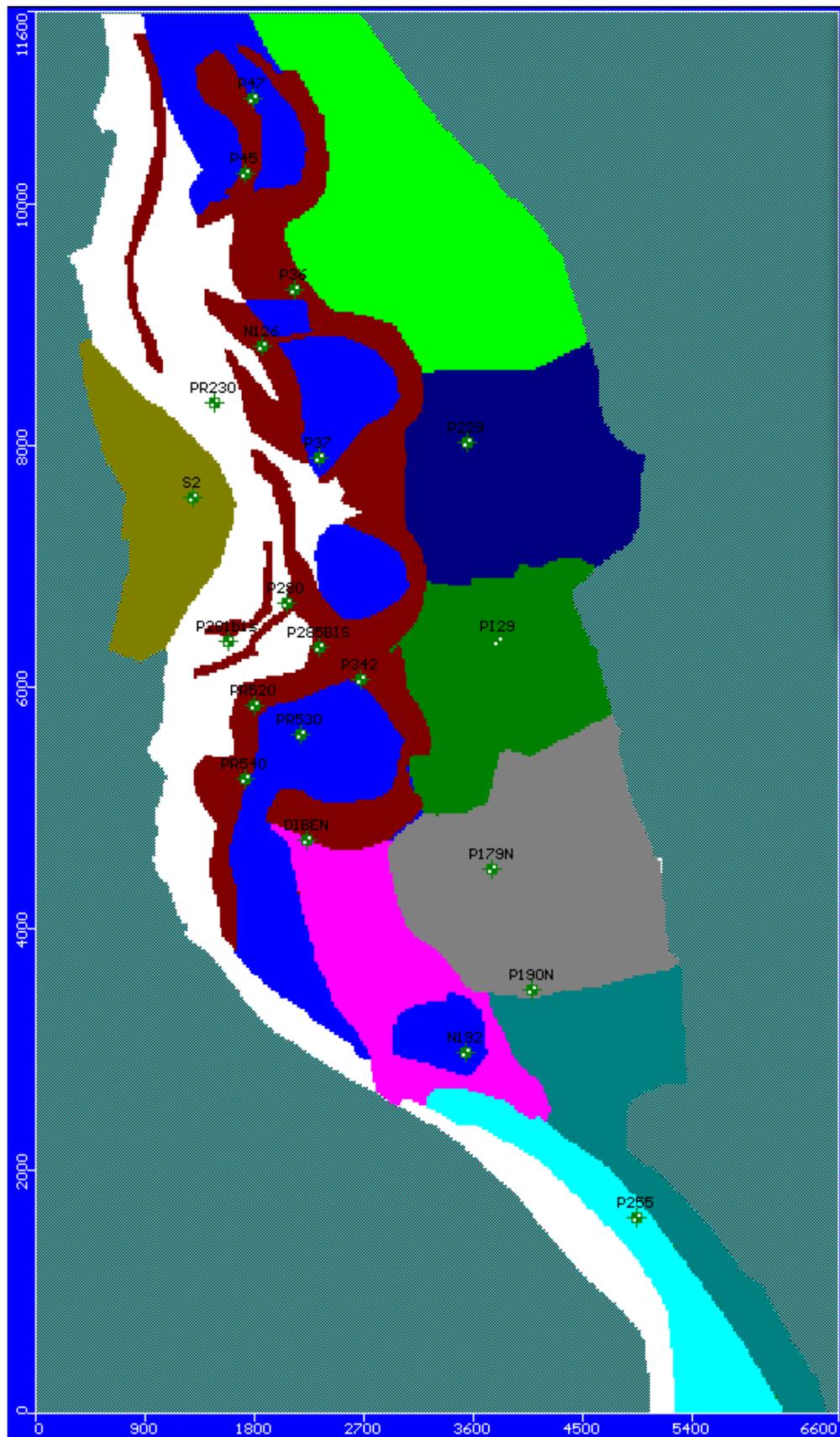


Figure 24 : Nouvelle distribution spatiale des perméabilités dans le modèle numérique.



2.4.2 Modification des recharges aux limites du modèle

Nous avons aussi introduit un nouveau zonage des recharges par infiltration des eaux de pluie.

On a donc défini trois conditions d'infiltration des eaux de pluie :

- Le moins infiltrant qui correspond aux zones urbanisées (0,1 x P.eff).
- Un peu plus infiltrant qui correspond aux alluvions modernes, généralement recouverts d'une couche limoneuse plus ou moins continue (0,2 x P.eff)
- Fort degré d'infiltration qui correspond aux terrasses alluviales, en position orientale dans la plaine, réputées pour leur faible couverture limoneuse (0,5xP.eff).

De plus, les données climatologiques sur les plateaux aux alentours ainsi qu'une analyse hydrogéologique des encaissants de l'aquifère, nous ont permis de proposer de nouvelles valeurs de recharges pour les flux en provenance des aquifères bordiers ou pour les infiltrations par perte des rivières perchées sur les terrasses alluviales.

Le tableau ci-dessous synthétise les modifications apportées.

Tableau 3 : Modification apportées aux recharges.

Zone	Localisation	Synthèse Calage Recharge					
		Source BURGEAP			Modif HYDROFIS		
		Surface (m ²)	Recharge moyenne (mm/an)	Mode de Calcul	Surface (m ²)	Recharge moyenne (mm/an)	Mode de Calcul
1	Surface modèle	30,000,000	160	P.eff x 0	28,500,000	160	P.eff x 0.20
2	Limite Est - Molasse	40,500	30,000	F(P.eff Sablon)	23,920	40,000	F(NP Molasses)
3	Limite Est - Pliocène	58,500	10,000	F(P.eff Sablon)	71,300	25,000	F(NP Molasses)
4	Limite Est - Molasse	13,500	60,000	F(P.eff Sablon)	14,720	40,000	F(NP Molasses)
5	Limite Est - Molasse	12,600	40,000	F(P.eff Sablon)	12,880	40,000	F(NP Molasses)
6	Limite Est - Molasse	18,000	40,000	F(P.eff Sablon)	18,400	10,000	F(NP Molasses)
7	Zone Urbanisées	7,000,000	160	P.eff x 0.05	7,000,000	160	P.eff x 0.10
8	Limite Est - Fluvio Glaciaire	27,000	50,000	F(P.eff Sablon)	27,000	350,000	F(NP FG)
9	Limite Est - Fluvio Glaciaire	14,400	65,000	F(P.eff Sablon)	14,400	350,000	F(NP FG)
10	Limite Est - Fluvio Glaciaire	39,600	100,000	F(P.eff Sablon)	39,600	450,000	F(NP FG)
11	Limite Nord - Alluvions R	250	25,000	F(P.eff Sablon)	0	210,000	Flux Constant
12	Limite Est - Pliocène	20,250	40,000	F(P.eff Sablon)	20,700	10,000	F(NP Molasses)
13	Limite Nord - Alluvions R	14,400	110,000	F(P.eff Sablon)	28,520	180,000	Flux Constant
14	Limite Nord Est - Molasse	13,500	22,000	F(P.eff Sablon)	20,000	40,000	F(NP Molasses)
15	Limite Sud - Alluvions R	28,350	-100,000	Flux Constant	28,350	-250,000	Flux Constant
16	??	??	600		??	0	
17	Côteaux Limony	54,000	3,000	F(P.eff Sablon)	54,000	0	Flux Constant
18	Pertes Limony	22,500	10,000	F(P.eff Sablon)	22,500	25,000	F(Q Sanne)
18	Pertes Sanne				72,000	25,000	F(Q Sanne)
18	Pertes Dolon				29,250	25,000	F(Q Sanne)
19	Limite Nord - Alluvions R	18,450	150,000	P.eff x 0.40	0	210,000	Flux Constant
20	Terrasse Nord	3,000,000	160	P.eff x 0.05	3,500,000	160	P.eff x 0.5
21	??		160			0	
22	Terrasse Sud	4,000,000	160	P.eff x 0.15	5,000,000	160	P.eff x 0.5

2.4.3 Calage par ajustement des coefficients de colmatage

Enfin, nous avons modifié le degré de colmatage de certaines rivières afin d'améliorer le calage. On est à ce stade du processus dans une étape très empirique avec un ajustement visuel point par point.

Le tableau ci-dessous reprend toutes les données de rivière pour lesquelles nous avons apporté une modification sur la conductivité.

Tableau 4 : Modification apportées aux rivières.

Nom		Sanne amont	Sanne centre	Sanne aval	Dolon	aval Dolon	Coll amont	Coll aval
Synthèse Calage Rivières	Source BURGEAP Conductance	30	30	100	200	25	0.28	351
	Modif HYDROFIS Conductance	Suppression	Suppression	Suppression	Suppression	50	Suppression	Suppression

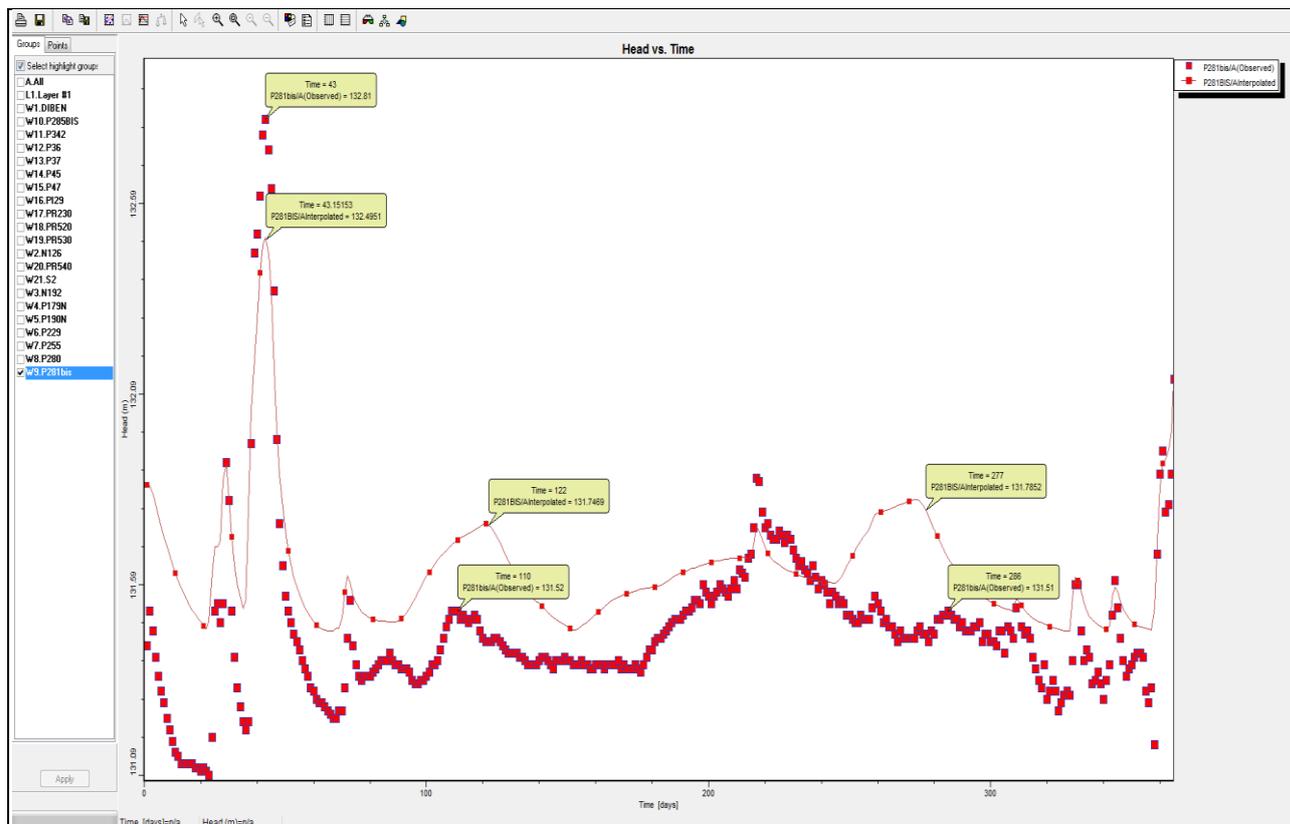
Nom		Lone 6	Lone 7	Lone 8	Lone 9	Lone 10	Lone 13	Lone 27	Lone 28	Lone 29	Lone 30	Lone 31	Lone 32	Lone 33	Lone 34	Lone 35
Synthèse Calage Rivières	Source BURGEAP Conductance	255	255	255	200	200	200	800	800	800	800	800	800	800	800	800
	Modif HYDROFIS Conductance	50	50	50	50	50	50	400	400	400	400	400	400	400	400	400

Nom		canal 0	canal 1	canal 2	canal 3	canal 4	canal 5	canal 6	canal 7	canal 8	canal 9	canal 10	canal 11	canal 12	canal 13	canal 14	canal 15	canal 16	canal 17	canal 18
Synthèse Calage Rivières	Source BURGEAP Conductance	3.825	3.825	3.02	3.02	3.02	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	4	3.2	3.2	2.13	2.13	3.8	3.8	3.8
	Modif HYDROFIS Conductance	3.825	3.825	3.02	3.02	4	4	4	4	4	4	4	0.5	0.5	0.5	2	2	2	2	2.5

Au final, nous avons près de 65 % des points de contrôle (13 sur 21) qui valent à moins de 30 cm les courbes simulées avec les courbes mesurées. On observe dans le pire des cas, une erreur d'un peu plus de 50 cm. En revanche, l'analyse des variations des chroniques calculées montrent que 80 % d'entre elles reproduisent correctement les variations observées réelles : même amplitude et même temporalité.

La figure ci-dessous illustre la qualité du calage sur un piézomètre de contrôle:

Figure 25 : Exemple de comparaison entre la piézométrie simulée et mesurée (P281bis).



On peut donc considérer que le modèle est relativement bien calé. Le tableau ci-dessous illustre les erreurs relatives par point de contrôle.

Tableau 5 : Erreur observé sur les points de contrôle.

Synthèse Calage Point observé HYDROFIS			
Nom	Erreur max de la piézométrie calculé (cm)	Indice de calage et de forme	Commentaires
DIBEN	+/- 30	Bon	
N126	- 45	Moyen	
N192	- 60	Bon	
P179N	+/- 70	Faible	Lié à l'irrigation ????
P190N	+/- 30	Bon	
P229	+/- 30	Bon	
P255	+/- 30	Bon	
P280	+ 40	Bon	
P281BIS	+ 25	Très bon	
P285BIS	+ 18	Très bon	
P342	- 100	Faible	Point sur un pompage OSIRIS
P36	- 40	Bon	
P37	- 4	Très bon	
P45	+/- 20	Très bon	
P47	+ 50	Bon	
PI29	+/- 50	Moyen	
PR230	+ 20	Très bon	
PR520	+/- 30	Bon	
PR530	+/- 28	Bon	
PR540	+/- 29	Bon	
S2	+ 20	Bon	
	Pourcentage à +/- 30 cm 62%	Poncentage de Bon 81%	

Signalons que le modèle numérique présente des instabilités numériques très localisées (quelques mailles sur 165 000), en bordure du domaine modélisé ou sur certains nœuds critiques. L'analyse détaillée des bilans et des directions des flux montre que ces anomalies sont sans impact sur la qualité globale des simulations.

3. RECONSTITUTION DE LA PIEZOMETRIE NON INFLUENCEE

3.1 PIEZOMETRIE DE REFERENCE

Un des objectifs de cette phase est de proposer une estimation de la piézométrie non influencée par les pompages, de façon à appréhender la pression sur la ressource :

- Quelle variabilité spatiale ?
- Quelle variabilité temporelle ?

Pour ce faire, nous nous sommes basés sur une simulation dite de référence. Il s'agit de la simulation de calage qui reproduit le comportement hydrogéologique de la nappe pour l'année 2009.

Avant de présenter une simulation en régime non-influencé par les pompages, les cartes ci-dessous permettent d'approcher le comportement de la nappe en régime influencé.

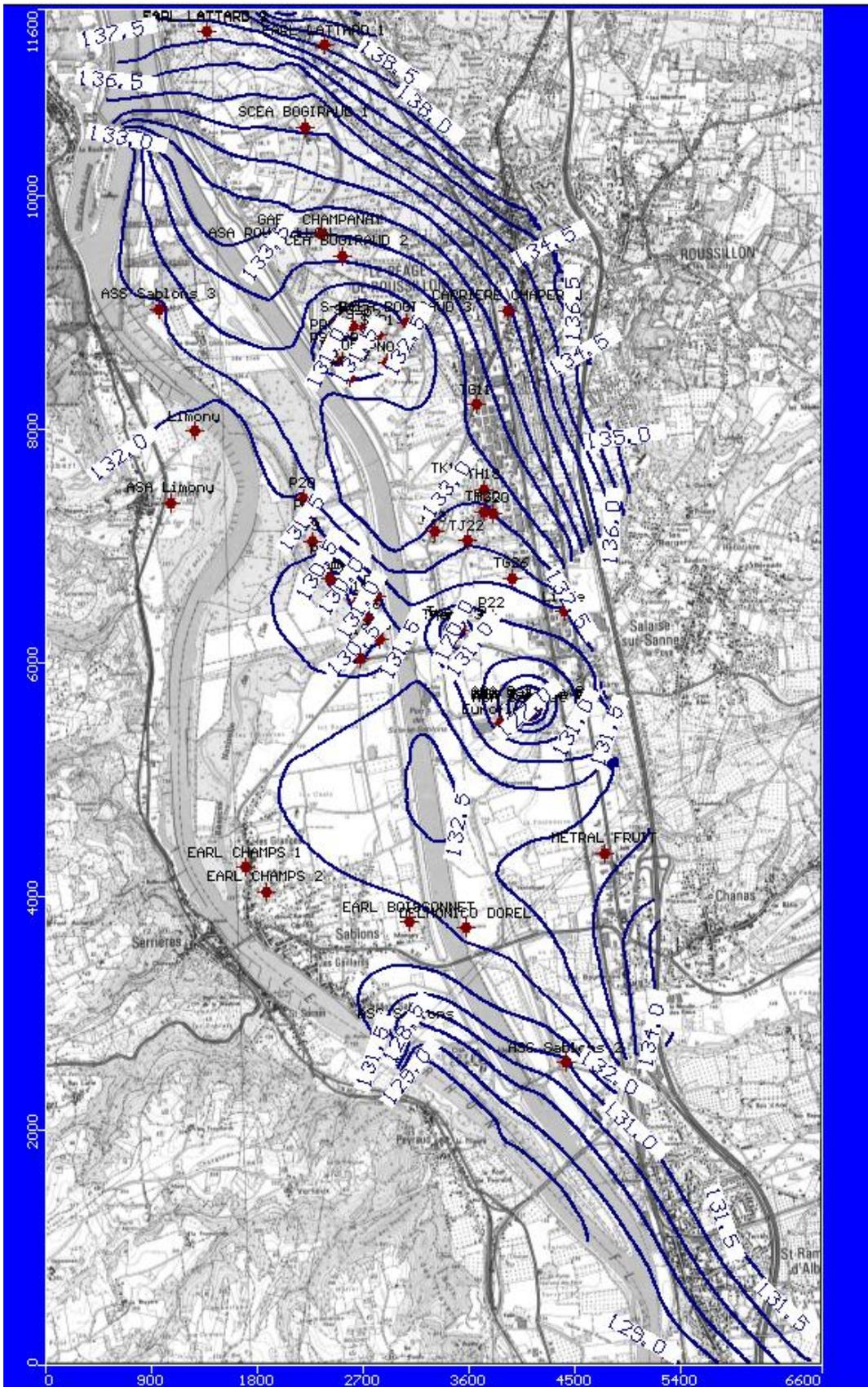
3.1.1 Carte piézométrique (août 2009)

La carte ci-dessous montre les isopièzes simulées au milieu du mois d'août. La pression sur la nappe est double : aux prélèvements dits constants (AEP et industriels) se surimposent les prélèvements agricoles.

On peut ainsi faire les observations suivantes :

- Sans surprise, les plus forts rabattements se trouvent dans les secteurs de forts volumes prélevés. Sur nos cartes, on observe bien ce résultat dans le secteur Platière Centre, où le champ captant OSIRIS sud est implanté. Idem, pour OSIRIS Nord mais aussi au droit de la zone de prélèvement TREDI : on peut atteindre localement plus de 5 mètres de rabattement. On remarque que les plus forts rabattements sont liés à l'ASA de Salaise, essentiellement à cause des perméabilités des terrasses supposées moins élevées que pour les alluvions modernes.
- Les flux aux limites sont bien représentés avec des encaissements contributifs en rive gauche.
- On note l'effet important du canal de dérivation qui "amène" de l'eau de façon visible dans toute la nappe, et ce malgré les forts coefficients de colmatage introduits dans la simulation. Rappelons en effet que ce compartiment hydraulique présente une surface d'échange considérable avec la nappe : environ 2 km² (250 x 8000 m). Cette alimentation est particulièrement visible dans la plaine de Sablons, avec la seule portion du canal de dérivation qui n'est pas sous l'influence directe de pompages ; elle explique pour partie l'anomalie piézométrique positive observée au droit de cette plaine.
- Le Vieux Rhône présente un caractère drainant, excepté dans le secteur de Platière centre où les prélèvements sont tels que c'est la nappe qui est alimentée par le fleuve.

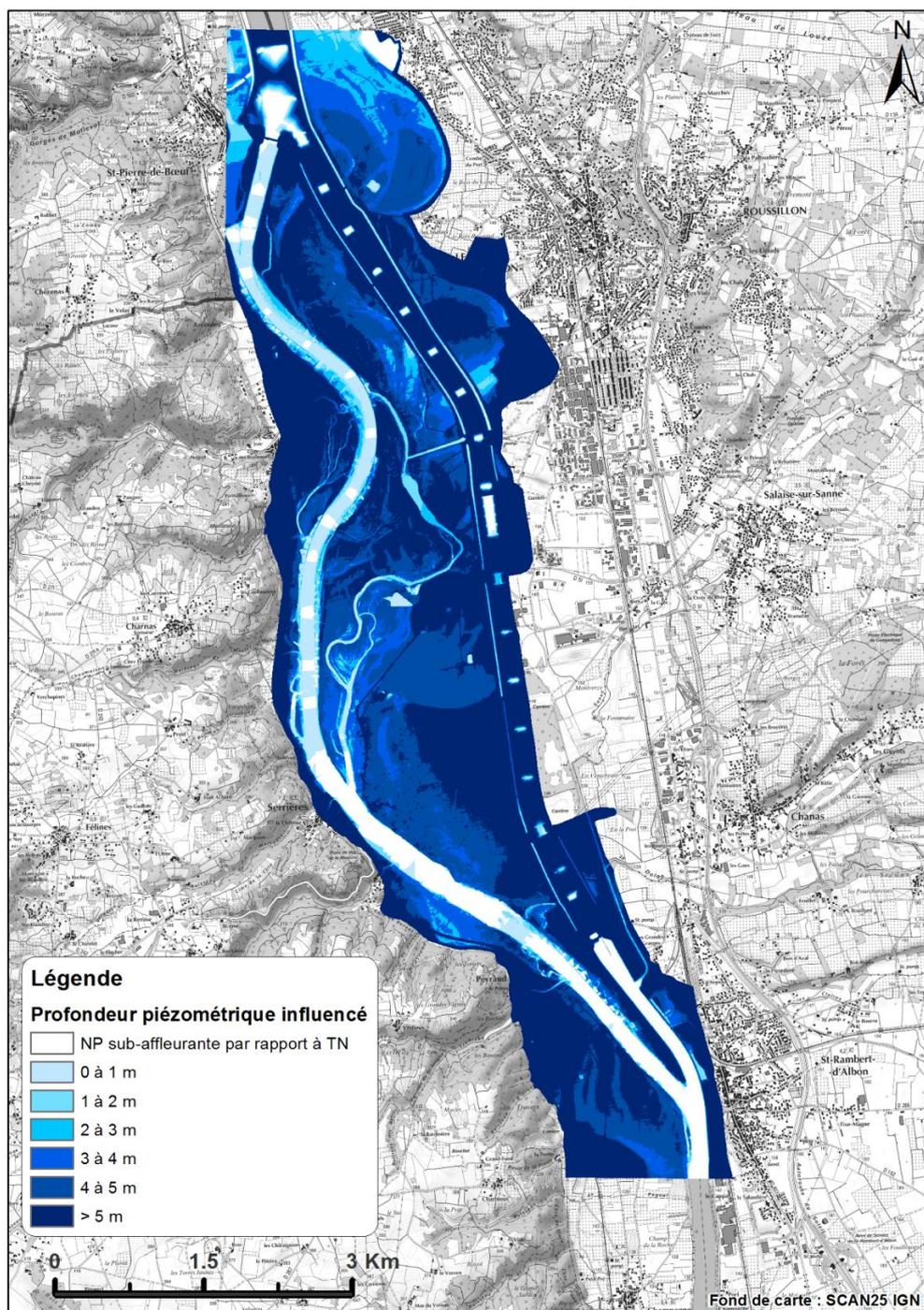
Figure 26 : Piézométrie sous l'influence des pompages en période estivale.



3.1.2 Profondeur de nappe (août 2009)

La carte ci-dessous montre la profondeur de la nappe en régime influencée ; elle a été dessinée en soustrayant la piézométrie aux cotes sols donnés par le LIDAR, pixel par pixel (2mx2m). On peut par cette approche mettre en évidence les figures sédimentaires (bancs et chenaux, plus ou moins anciens) et surtout identifier les secteurs actuellement potentiellement connectés en période estivale. Comme les limons présentent au maximum des épaisseurs de 2 à 3 m, on peut considérer en première approximation comme potentiellement connectées, toutes les surfaces pour lesquelles la profondeur de nappe est inférieure à 3 mètres (cette approche sera affinée et détaillée en phase 3). On peut donc observer sur cette carte la faible surface relative de ces zones.

Figure 27 : Profondeur piézométrique sous l'influence des pompages en période estivale.



3.2 PIEZOMETRIE NON INFLUENCEE EN PERIODE ESTIVALE

La piézométrie en régime non influencée par les pompages a été approchée par une nouvelle simulation, basée sur la simulation de calage présentée ci-avant, dans laquelle tous les pompages ont été supprimés.

On retrouve donc dans cette simulation toutes les influences autres sur la nappe (effet des crues du Rhône ou des affluents, pluviométrie, passage au débit réservé,...).

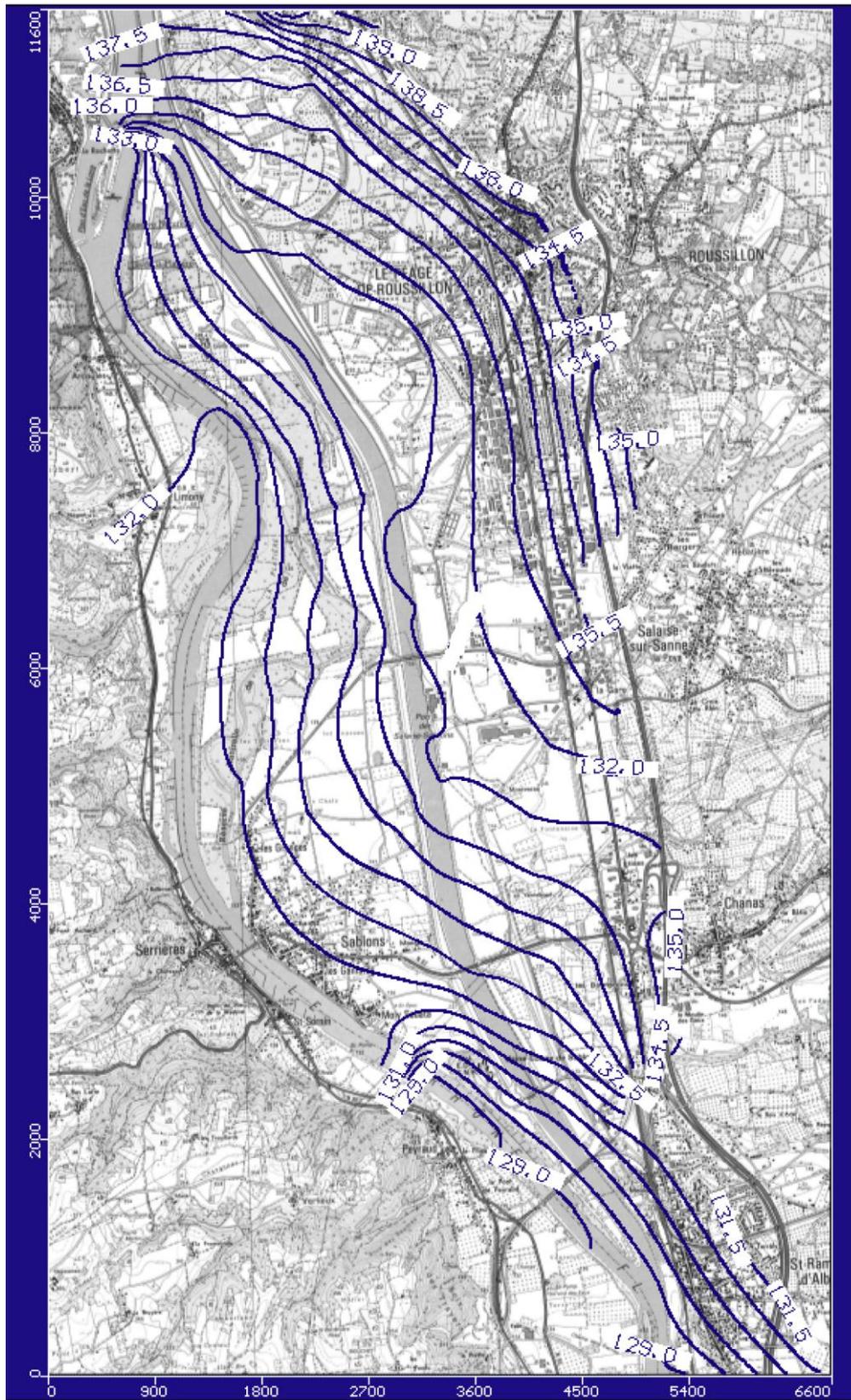
3.2.1 Carte piézométrique (août 2009)

La carte ci-dessous montre les isopièzes simulées au milieu du mois d'août en régime non influencé. On peut observer un sens d'écoulement global du Nord-est vers le Sud-ouest. On a un flux d'alimentation principal en provenance du canal de dérivation et des encaissements géologiques en rive gauche.

La principale destination des eaux reste le Vieux Rhône qui est en position de drainer la nappe, même dans le secteur de Platière Centre.

L'effet alimentant du canal de dérivation sur la nappe est moins évident à observer qu'en régime influencé par les pompages.

Figure 28 : Piézométrie non-influencée par les pompages en période estivale.

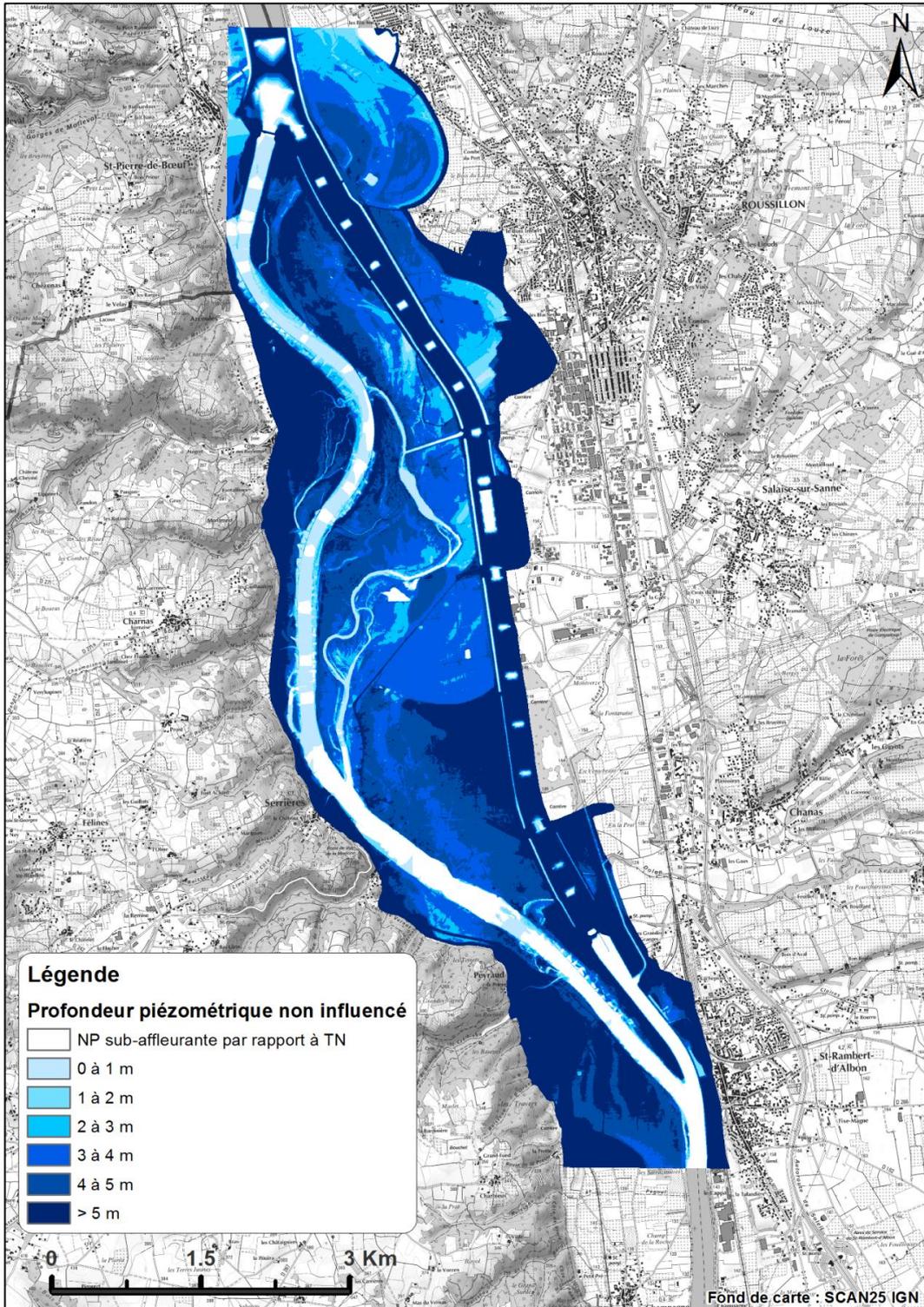


3.2.2 Profondeur de nappe (août 2009)

La carte ci-dessous montre la profondeur de la nappe en régime non influencé.

Par comparaison avec la carte de profondeur en régime influencé, on peut observer que dans ces conditions "idéales", une partie importante de l'île de la Platière présenterait des profondeurs de nappe inférieures à 3 mètres en période estivale.

Figure 29 : Profondeur piézométrique non-influencée par les pompages en période estivale.



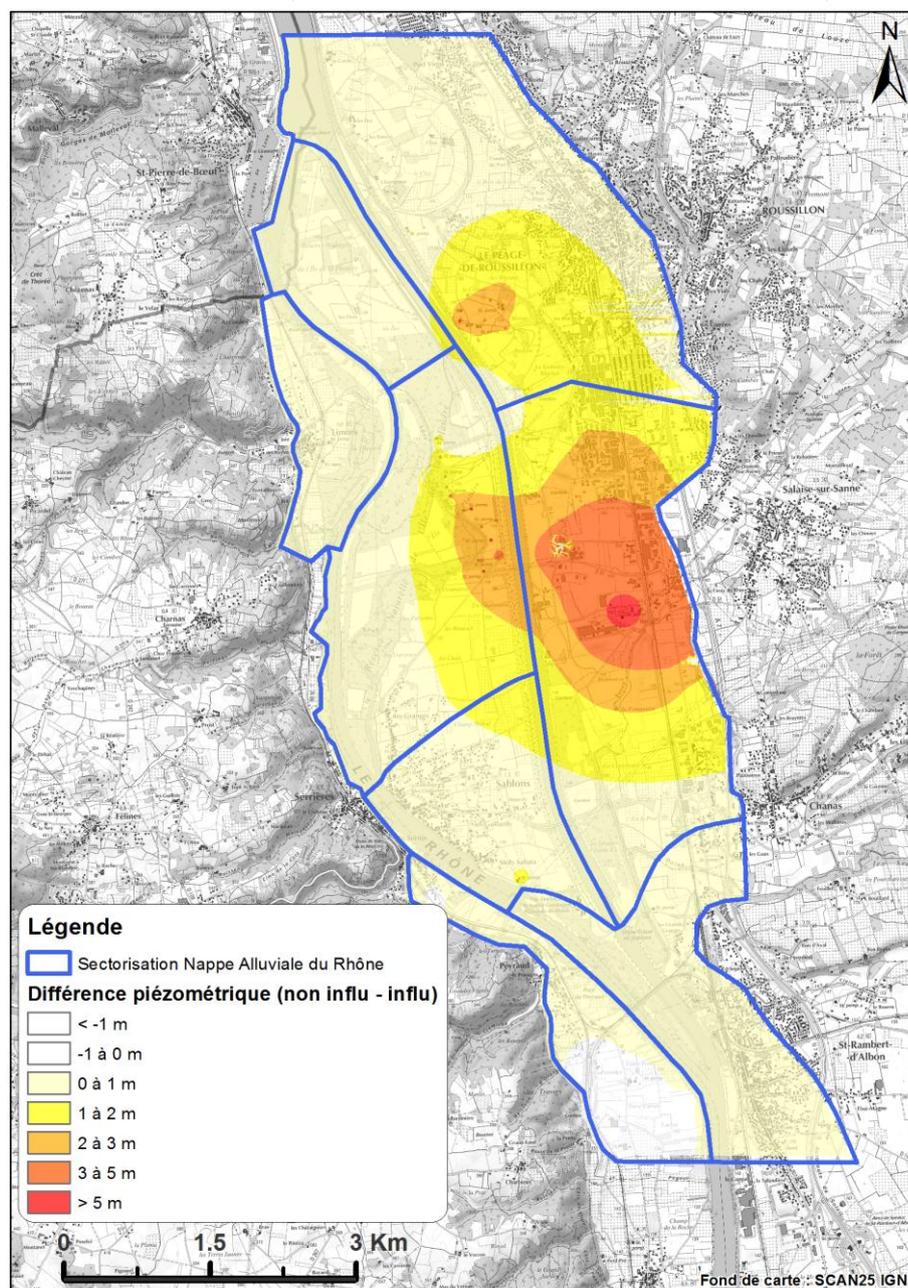
3.2.3 Carte des différences piézométriques causées par les pompages

La carte ci-dessous présente à l'échelle de la nappe, la différence de piézométrie entre une piézométrie influencée par les pompages, et une piézométrie non influencée en période estivale. Elle met en évidence deux faits majeurs :

Les trois zones de forts prélèvements (champs captant OSIRIS Nord et OSIRIS Sud, forages TREDI conjugués aux forages agricoles de Salaise sur Sanne) impactent fortement la nappe avec des rabattements qui vont varier entre 1 et 5 mètres. Notons que les rabattements sont plus marqués sur les terrasses anciennes, caractérisées par une plus faible perméabilité.

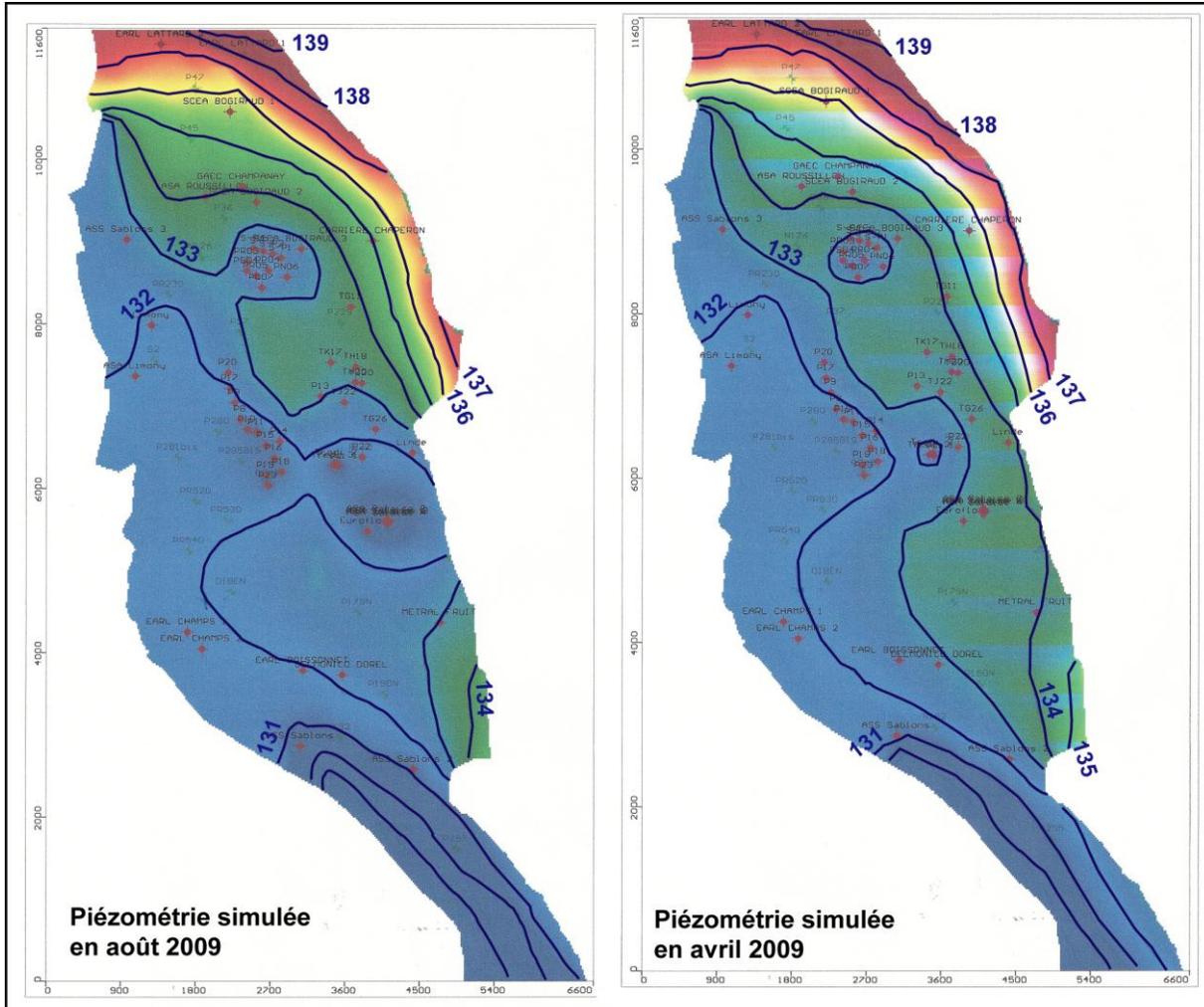
De façon plus subtile, l'ensemble de la nappe alluviale est affecté par les pompages avec des rabattements infra métriques, hors zones d'influence proche des pompages. Ce phénomène témoigne de la forte transmissivité du réservoir avec un transfert des pertes de charge à de très grandes distances des points de prélèvement.

Figure 30 : Différence entre les piézométries influencées et non-influencées en période estivale.



La carte présentée ci-avant est une carte qui donne la vision la plus pessimiste des impacts actuels. Les effets des forages agricoles en période estivales sont importants, comme le montre la figure ci-dessous ; les pompages de l'ASA de Salaise induisent un sur-rabattement de l'ordre du mètre dans le secteur Terrasse Sud :

Figure 31 : Piézométries influencées en août et en avril 2009.



Ajoutons que ces cartes ont été réalisées avec des niveaux d'eau dans le Vieux Rhône relatifs aux anciens débits réservés.

3.3 CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES

Afin de compléter cette première approche des effets des prélèvements sur la piézométrie, il nous parut utile de mettre en évidence la variabilité temporelle de ces impacts. Pour cela, nous avons calculé le gain piézométrique théorique entre la simulation de référence (calage sur l'année 2009), qui intègre l'effet des pompages, et la simulation dite en régime non influencée. On peut ainsi illustrer quelle aurait été théoriquement la piézométrie sur les points de contrôle de la nappe, s'il n'y avait pas eu de prélèvements en 2009.

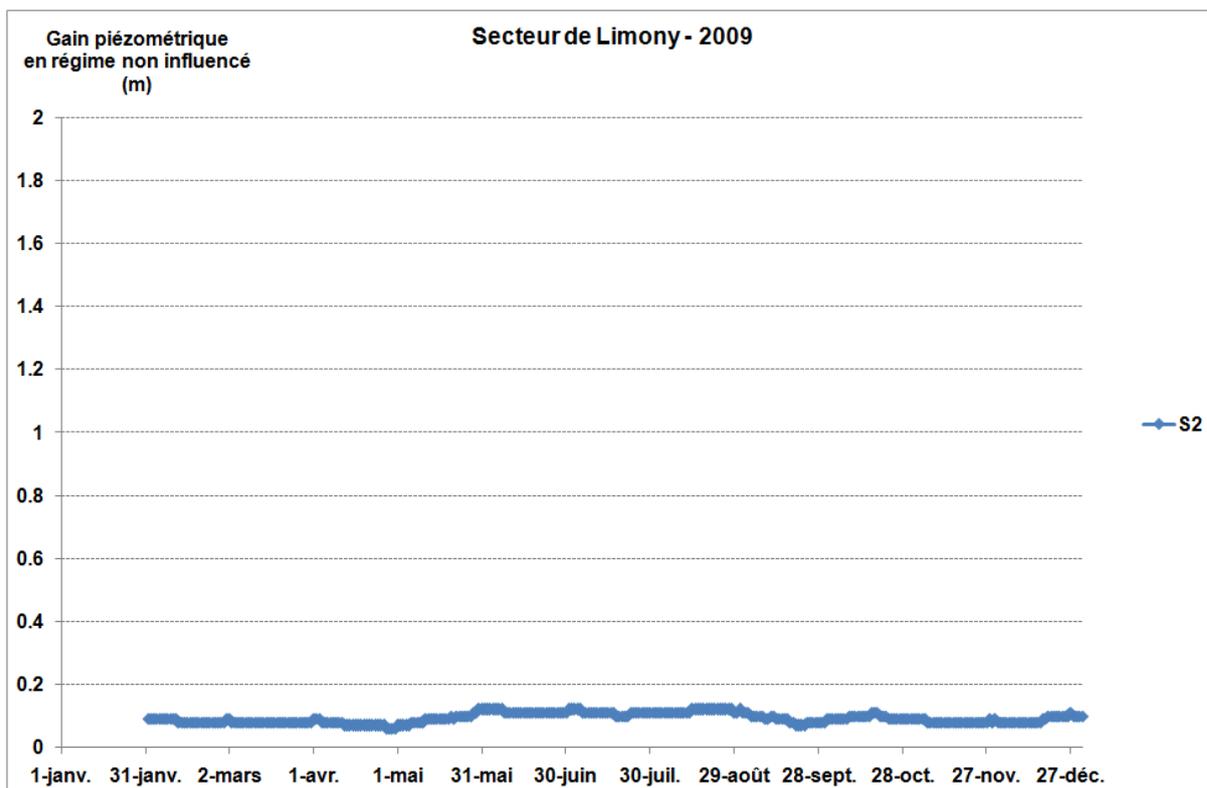
Avec cette approche, on peut mieux caractériser notamment l'effet des pompages temporaires, comme les pompages agricoles, qui peuvent avoir un effet important sur la piézométrie, mais limité dans le temps.

Pour plus de clarté dans l'exposé, les gains piézométriques sont présentés secteur par secteur.

3.3.1 Secteur de Limony

L'effet des pompages sur le secteur de Limony est approché au moyen d'un seul piézomètre (S2), situé à plusieurs centaines de mètres du pompage principal, destiné à l'alimentation en eau potable.

Figure 32 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur de Limony



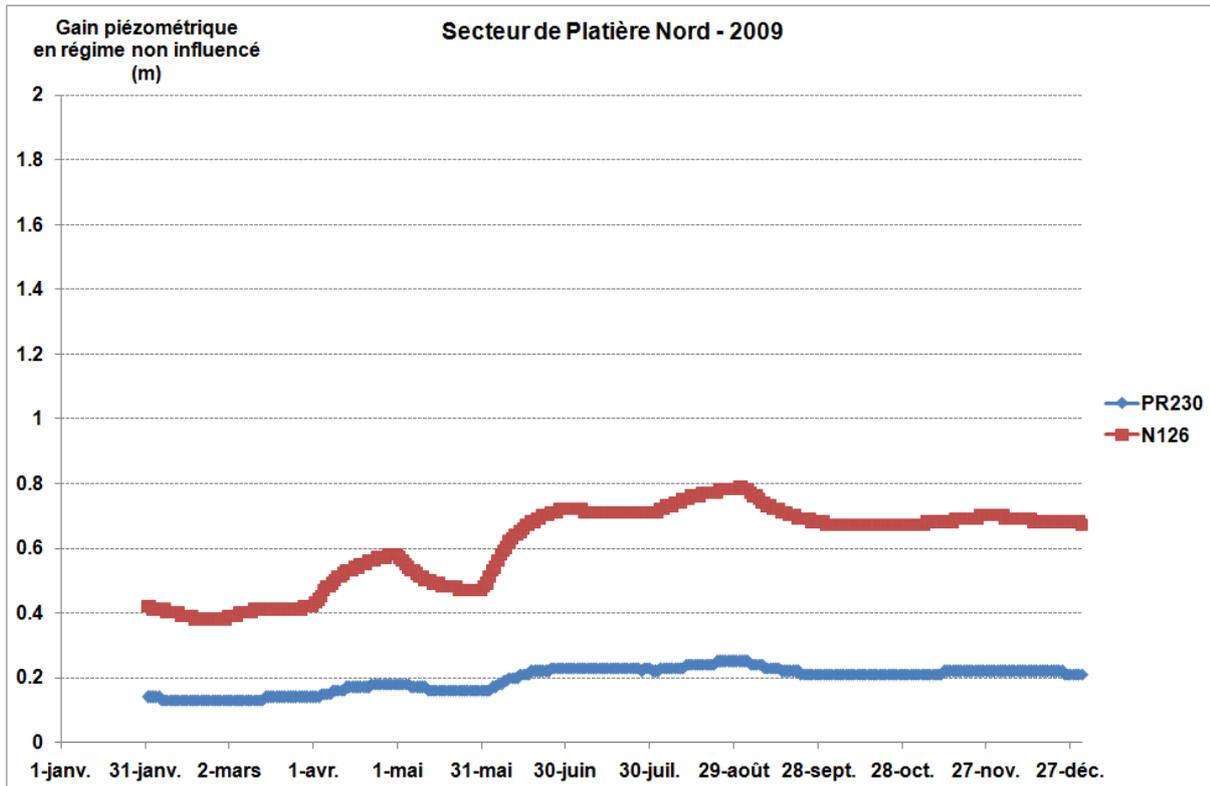
L'impact des prélèvements peut être jugé comme faible ; il est légèrement inférieur à 20 cm.

3.3.2 Secteur de Platière Nord

Ce secteur est peu sollicité. On recense un seul point de pompage destiné à l'irrigation (avec en moyenne $1\,700\text{ m}^3/\text{j}$ prélevé en période estivale en 2009).

Pourtant, l'arrêt de tous les pompages provoqueraient théoriquement des gains piézométriques significatifs sur ce secteur : de 20 à 80 cm en fonction de la localisation des forages.

Figure 33 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur de Platière Nord.



Rappelons que le PR230 est situé en bordure du Rhône alors que le N126 est localisé près du canal de dérivation, à quelques centaines de mètres du champ captant OSIRIS Nord.

On observe un cumul et des prélèvements constants situés sur les secteurs voisins et des prélèvements temporaires, estivaux, liés à des pompages agricoles.

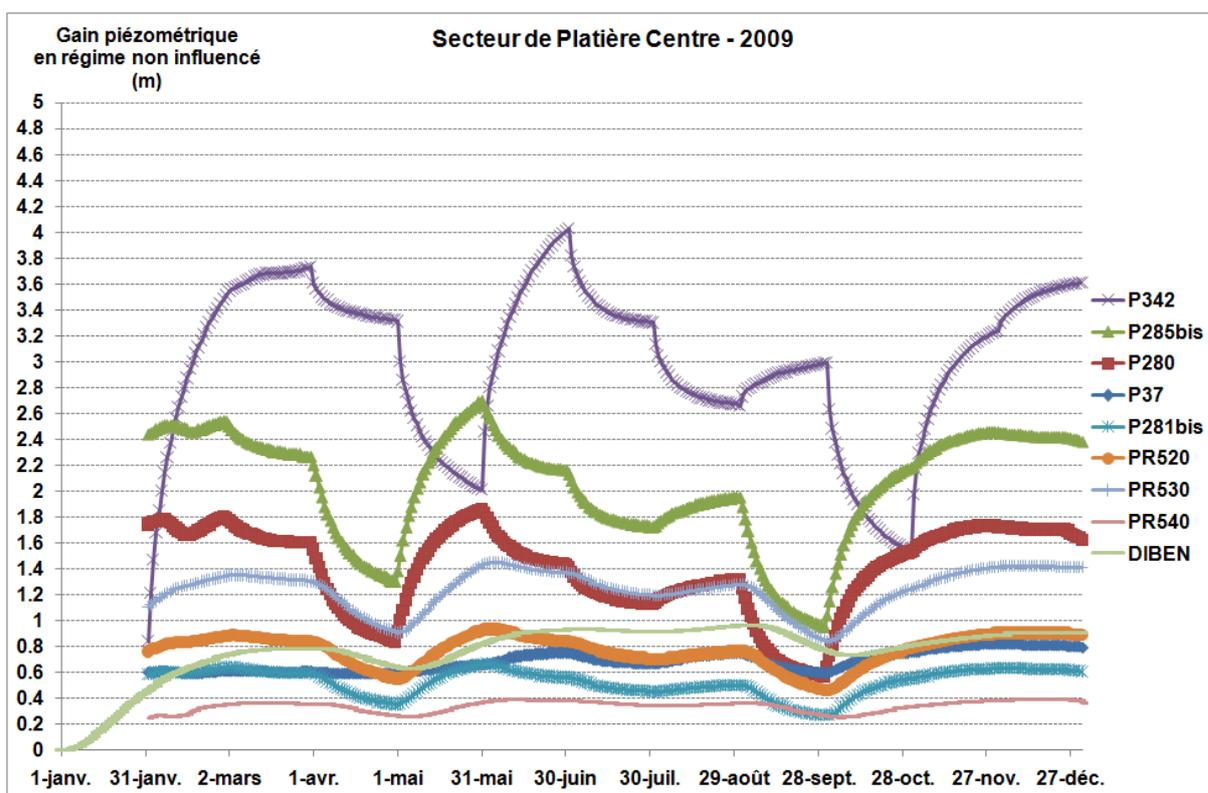
3.3.3 Secteur de Platière Centre

Ce secteur est celui qui fait l'objet des prélèvements les plus importants avec des prélèvements cumulés journaliers sur le champ captant OSIRIS Nord de l'ordre de $80\,000\text{ m}^3/\text{j}$ en moyenne en 2009 (environ 900 l/s).

Logiquement, les gains théoriques liés à un arrêt total des pompages seraient importants : de 1 à 4 m pour tous les piézomètres situés à proximité des forages du champ captant OSIRIS Sud (P342, P285bis, P281bis, P280,...). Les fortes variations de gain théorique sur ces piézomètres témoignent de la variabilité du régime de pompage estimé pour cette année 2009.

On note aussi qu'à plus grande distance, les gains théoriques restent significatifs : de 0,20 à 1 mètre.

Figure 34 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur de Platière Centre.



Ainsi, les deux piézomètres posés sur les limites du secteur (P37 au Nord et DIBEN au Sud) montrent des rabattements aux limites du secteur compris entre 60 et 100 cm, ce qui peut impliquer une influence certaine sur les secteurs voisins comme Platière Nord et Sud, et Terrasse Sud, mais aussi signifier une certaine influence des prélèvements sur les secteurs voisins. Les travaux de modélisation qui seront réalisés en phase 3 de l'étude permettront de répondre à cette interrogation.

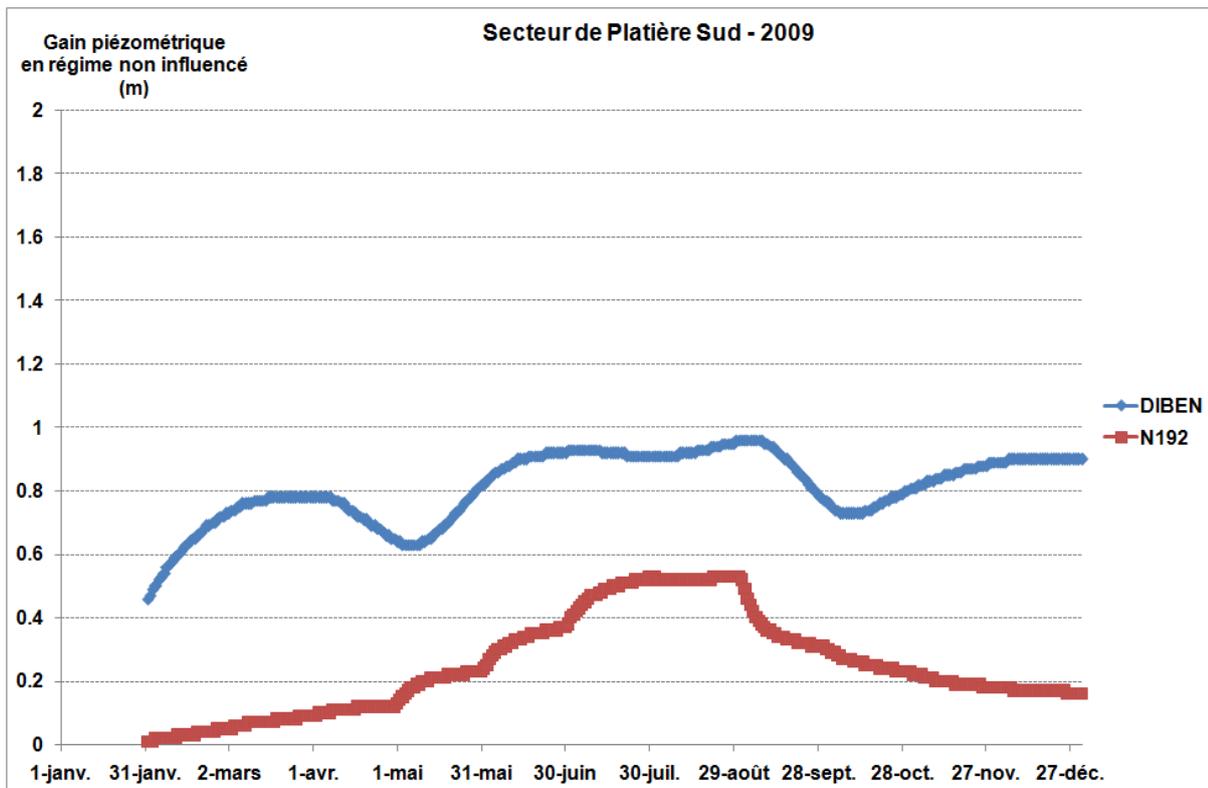
3.3.4 Secteur de Platière Sud

Rappelons que ce secteur est caractérisé par l'absence de prélèvements constants. Il existe cependant des prélèvements agricoles non négligeables avec un prélèvement cumulé de l'ordre de 9 000 m³/j en moyenne durant la période estivale, en 2009.

Pourtant, on peut y observer un rabattement permanent, de l'ordre de 60 à 80 cm sur DIBEN (situé à la limite avec Platière Centre) et d'environ 20 cm sur N192 (localisé à proximité de la confluence entre le Vieux Rhône et le canal de fuite). Au vu de cette configuration, on peut en conclure que ce secteur subit l'influence sur une grande partie de sa surface, des prélèvements opérés sur le secteur Platière Centre.

A ce rabattement permanent, se surimpose un rabattement temporaire, lié aux prélèvements agricoles réalisés durant l'été.

Figure 35 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur de Platière Sud.



3.3.5 Secteur aval de Peyraud

Ce secteur est caractérisé par la quasi absence de tout prélèvement. On observe des prélèvements agricoles, faibles ($< 3000 \text{ m}^3/\text{j}$ en 2009), en limite Nord du secteur.

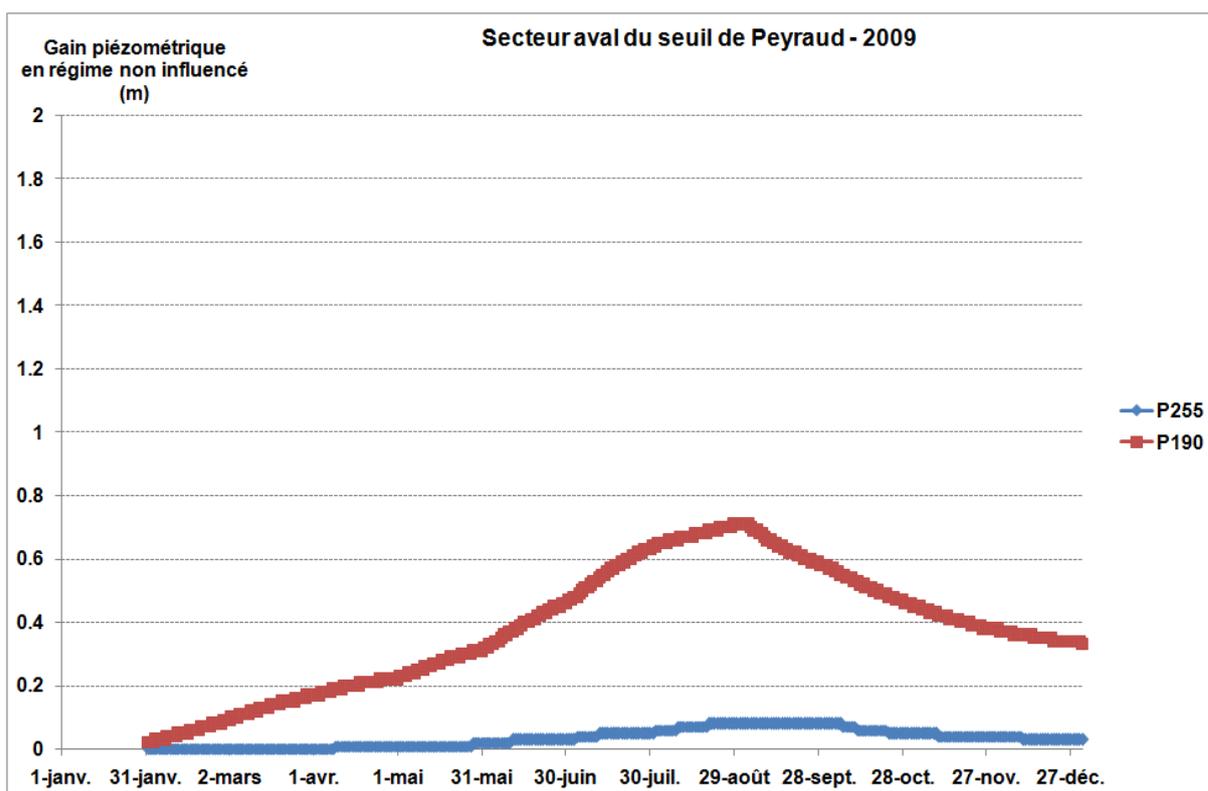
Le comportement hydrogéologique de ce secteur est complexe car il s'agit d'une zone de confluence entre deux puissantes nappes : la nappe alluviale du Rhône et la nappe des alluvions fluvioglaciales de Bièvre Valloire.

De plus, rappelons que c'est dans ce secteur que réside le plus d'incertitudes sur les comportements simulés :

- Nous disposons de peu de mesures piézométriques.
- La piézométrie est contrôlée et par les flux en provenance de la nappe fluvioglaciale et par les variations du Rhône (qui cumule dans ce secteur les débits venant du Vieux-Rhône et ceux en provenance du canal usinier).
- Les hydro systèmes susceptibles d'impacter la nappe, sont nombreux et souvent mal représentés : Sanne, Dolon,

Ainsi, toutes choses étant égales par ailleurs, on observe cependant une influence des prélèvements agricoles estivaux sur sa limite Nord ; il doit probablement s'agir d'une influence des pompages réalisés l'été dans le secteur de Terrasse Sud.

Figure 36 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur Aval de Peyraud



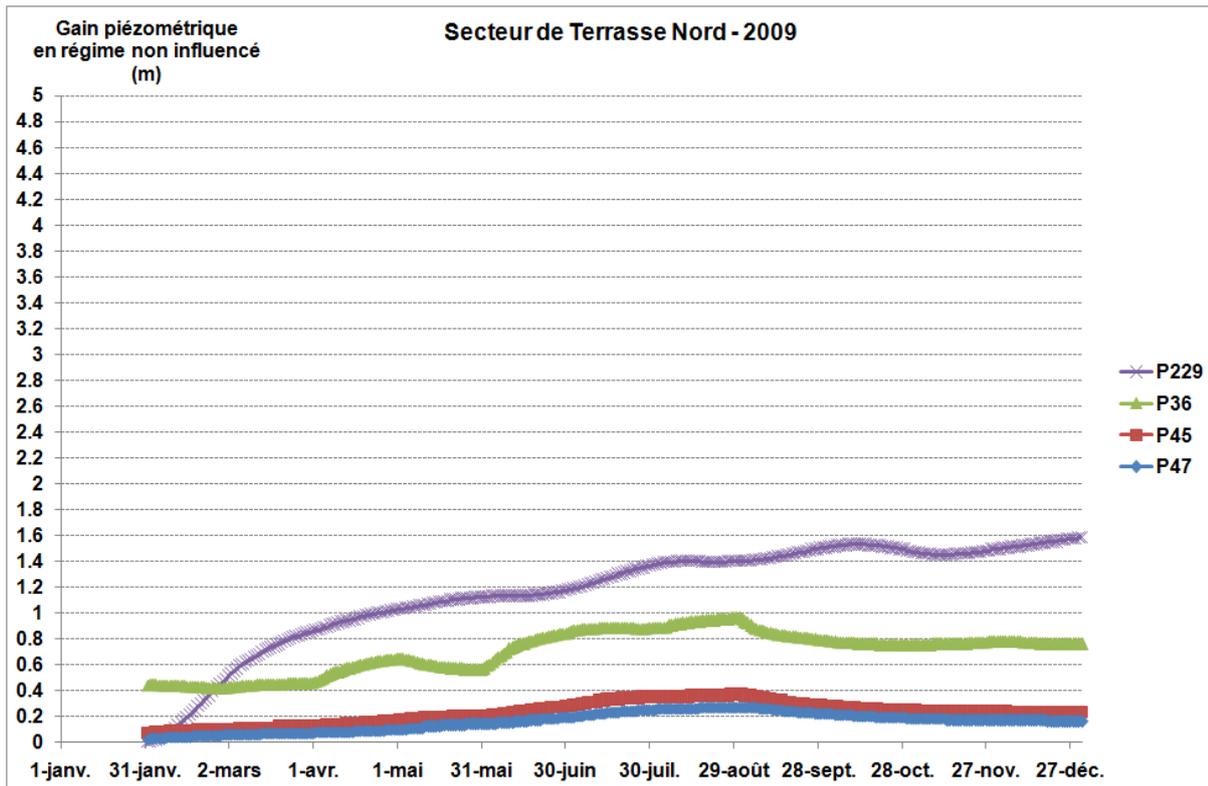
Cette influence est à peine perceptible plus au Sud.

3.3.6 Secteur de Terrasse Nord

Le secteur de Terrasse Nord cumule des prélèvements constants importants : champ captant OSIRIS Nord à proximité du prélèvement SIGEARPE pour l'AEP (pour une moyenne d'environ 25 000 m³/j en 2009). Les prélèvements agricoles sont faibles (< 3000 m³/j).

Les courbes ci-dessous permettent d'appréhender l'impact théorique de ces prélèvements. On voit qu'à proximité des forages (P36), l'arrêt théorique des pompages provoquerait théoriquement un gain piézométrique de l'ordre du mètre (probablement plus à la proximité immédiate des points de captage).

Figure 37 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur Terrasse Nord.



Le piézomètre P229, situé sur la limite sud entre Terrasse Nord et Terrasse Sud, présente un gain potentiel plus important car il cumule les effets des pompages des deux secteurs (et on verra ci-après que les effets des pompages agricoles sur Terrasse Sud sont importants). On observe aussi un comportement plus complexe avec des phénomènes inertiels significatifs sur un cycle hydrologique, liés à la supposée moindre perméabilité des alluvions dans les terrasses.

3.3.7 Secteur de Terrasse Sud

Le secteur de Terrasse Sud cumule des prélèvements importants :

- Prélèvements industriels permanents (environ 11 000 m³/j en moyenne en 2009).
- Prélèvements agricoles temporaires (environ 6 000 m³/j en moyenne en 2009 mais avec des pointes à 15 000 m³/j au mois d'août).

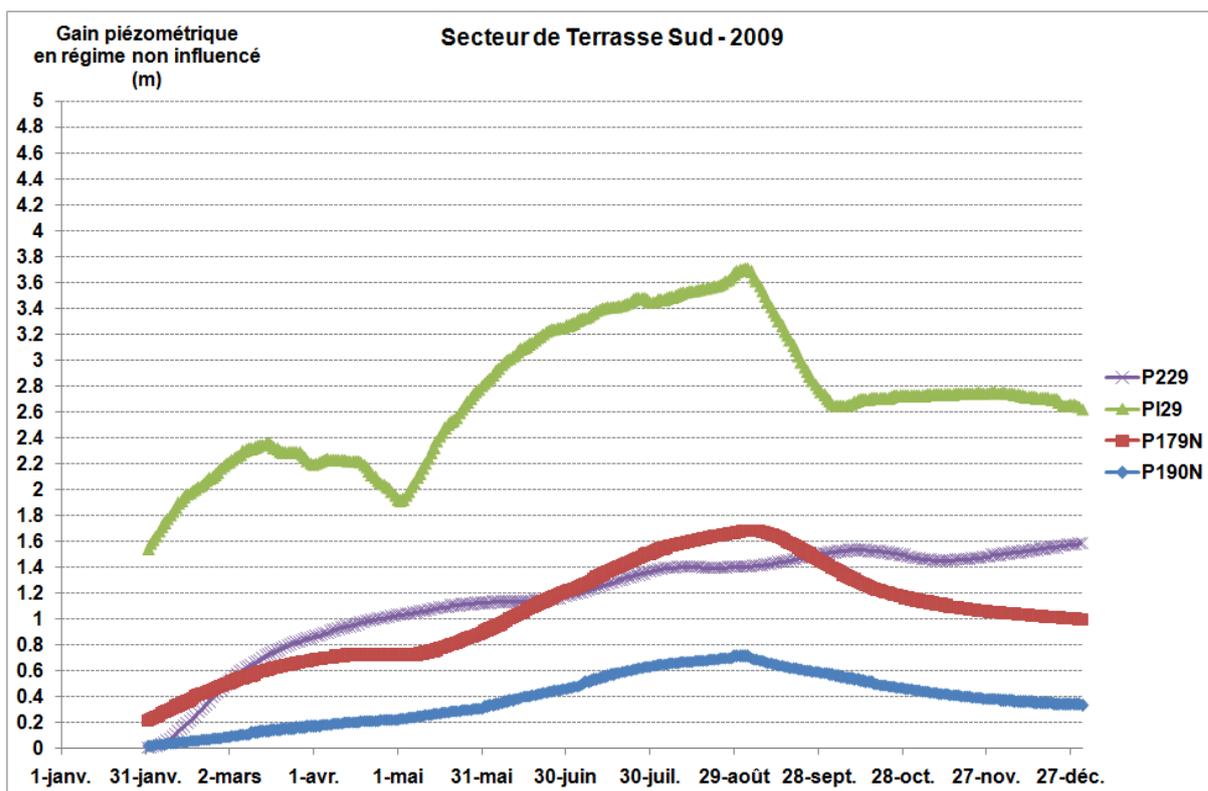
La piézométrie en est très affectée car on suppose une moindre perméabilité dans les alluvions anciennes (facteur 5 par rapport aux alluvions modernes. Ce qui implique qu'à des débits de prélèvement plus faibles, les rabattements soient tout aussi importants.

Ajoutons qu'il est probable que ce secteur soit influencé aussi par les forts prélèvements observés sur Terrasse Nord et Platière Centre.

On observe ainsi sur les piézomètres éloignés points de captage (P229, P190, P179N), des gains piézométriques potentiels compris entre 20 et 120 cm si on arrêta tout prélèvement en nappe.

L'impact des pompages estivaux est spectaculaire : le piézomètre PI29 pourtant situé à quelques centaines de mètres des forages agricoles enregistre ainsi un sur-rabattement compris entre 1 et 2 mètres.

Figure 38 : Gain piézométrique théorique sur une année, consécutif à l'arrêt des pompages. Secteur de Terrasse Sud.



4. QUELLE STRATEGIE POUR LA DETERMINATION DES VOLUMES PRELEVABLES ?

La phase 3 de l'étude sera dédiée à la détermination des volumes prélevables par secteur de nappe. Le travail des phases 1 et 2 a montré la complexité du sujet et a fait émerger le besoin d'arbitrages techniques préalables.

Le présent chapitre a donc été conçu pour faire le point sur les problématiques suivantes :

- Définition d'une année type.
- Détermination de l'approche par scénarios pour la détermination des volumes prélevables.

L'objectif de ce chapitre est de servir de base aux discussions à venir au sein du Comité technique qui clôturera la phase 2 (début septembre 2014).

4.1 DEFINITION D'UNE ANNEE TYPE

Au vu de la faible naturalité des hydro systèmes, il a été décidé en Comité technique de baser l'approche de détermination des volumes prélevables par secteur de nappe, au moyen de scénarios réalisés pour une année type, correspondant à un cycle hydrologique (12 mois), au pas de temps journalier.

Précisons qu'il s'agira bien de définir les conditions aux limites de la nappe (pluie, Q Rhône mais aussi Q Sanne) telles que 4 années sur 5, elles seront moins contraignantes pour son niveau et 1 année sur 5, elles seront plus contraignantes. C'est en fonction de ce "seuil bas" que l'on définira les volumes prélevables : il s'agit bien d'avoir une gestion structurelle de la nappe. On accepte ainsi qu'une année sur cinq, les conditions soient plus défavorables et que de façon exceptionnelle, conjoncturelle, l'administration puisse adopter des mesures de restrictions des prélèvements.

4.1.1 Paramètres de premier ordre

Rappelons que la phase 1 de l'étude a permis de montrer que, si on accepte l'absence de crues du Rhône durant la période estivale, le niveau piézométrique de mai à septembre (période du besoin maximal des compartiments superficiels) est contrôlé à plus de 90% par la valeur du débit réservé et par la pression en termes de prélèvements.

Or, ces deux types de paramètres, les plus importants en terme d'influence sur la piézométrie, ne présentent pas de variabilité liée à la variabilité climatique.

4.1.2 Paramètres de second ordre

Pour définir cette année type dite quinquennale sèche (80% des années sont plus abondantes, 20% moins abondantes), il est nécessaire d'adopter une approche fréquentielle sur les paramètres de second ordre, susceptibles de présenter une variabilité "naturelle" et d'influencer fortement le comportement hydrogéologique:

- Les débits journalier du Rhône en crue. Rappelons que les valeurs qui nous intéressent sont les débits supérieurs à 1600 m³/s qui induisent une augmentation du débit du Vieux Rhône au delà du débit réservé. En deçà, le débit du vieux Rhône correspond au débit réservé.
- Les débits des affluents (Sanne, Dolon et Limony). Rappelons que les valeurs qui doivent être déterminées sont celles qui vont au delà de certains seuils pour lesquels on a supposé une augmentation importante des débits d'alimentation de la nappe par pertes (débordement du cours d'eau au delà du fond de lit enlimoné). En deçà, le débit des pertes vers la nappe est supposé constant.
- La piézométrie des formations encaissantes contributives (mollasse miocènes et fluvioglaciales).

Pour les débits des cours d'eau, nous proposons de reprendre les chroniques de débit journalier pour en faire une analyse fréquentielle. Dans un premier temps, nous déterminerons le nombre minimum de jours de dépassement d'une valeur seuil, par mois, observé 80% des années. On arrivera ainsi à un résultat du type : "Statistiquement, 80% des mois de janvier ont présenté des débits supérieurs à 1 600 m³/s, pendant au moins 6 jours." Puis, nous déterminerons les volumes moyens de dépassement (en m³). Nous ferons l'hypothèse que les jours de dépassements sont continus et nous procéderons à la reconstitution d'une chronique complète par un tirage aléatoire sur la position du paquet de jours dans le mois.

Pour la piézométrie des encaissants, nous procéderons aussi à une analyse fréquentielle pour déterminer les niveaux les plus bas observés dans les nappes contributives 20% du temps (reconstitution d'une chronique piézométrique quinquennale sèche), et ce pour chaque mois.

4.1.3 Paramètre de troisième ordre

Il a été démontré que la pluie est un phénomène de second ordre : les volumes infiltrés peuvent localement et sur des cycles mensuels influencer les phénomènes de recharge ; mais ils ne "marquent" pas la piézométrie, même localement. On peut donc se contenter de faire une approche plus grossière sur la base de mesures mensuelles de précipitations et d'ETP pour estimer les périodes et les intensités de pluie efficace.

4.2 CONTENU DES SCENARIOS

4.2.1 Définition des enjeux par secteurs

Au vu des éléments d'information collectés en phase 1, on peut rappeler ici les enjeux de nappe pour chaque secteur :

- Secteurs à enjeux AEP : Terrasse Nord (captage SIGEARPE) et Limony (captage LIMONY).
- Secteurs à enjeux liés aux compartiments superficiels : Terrasse Nord, Platière Nord, Platière Centre, Limony, aval de l'usine de Sablons.

Notons que deux secteurs (terrasse Nord et aval de l'usine de Sablons) présentent une faible partie de leur surface avec des zones humides protégées et que ces zones sont réduites à la ripisylve immédiate du Rhône ou de ses contre-canaux. On peut donc supposer que les enjeux sur ces secteurs seront plus dépendants de la gestion des débits du Rhône que du niveau de nappe ; ce point sera rediscuté en phase 3 de l'étude.

Il résulte de cet état de fait que les problématiques en termes de volumes prélevables sont de deux ordres :

- Soit le secteur présente des enjeux locaux, et il faudra définir les volumes prélevables pour satisfaire les objectifs liés à ces enjeux.
- Soit le secteur est exempt d'enjeux locaux, et l'objectif sera alors de définir les volumes prélevables de façon à ne pas influencer les secteurs voisins à enjeux.

4.2.2 Analyses préalables des effets d'un pompage

La formule de Theis permet d'estimer de façon simple le rabattement à une distance d'un point de pompage en fonction du temps de pompage (ici arbitrairement estimé à 3 mois pour un forage agricole, 12 mois pour un prélèvement permanent), du débit et des propriétés de la nappe.

Son application à la nappe du Rhône permet d'illustrer les effets du pompage.

Avec un débit de l'ordre de $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (soit environ $17\,000 \text{ m}^3/\text{j}$), un pompage provoque théoriquement des rabattements supérieurs au mètre à proximité du forage ($d < 100\text{m}$) et son influence reste grande à plus de 2000 m de distance (plus de 20 cm de rabattement).

d (m)	t jours	t (s)	R influence (m)	s=f(d) en m
50	90	7776000	2958	1.21
100	90	7776000	2958	1.02
1000	90	7776000	2958	0.38
2000	90	7776000	2958	0.19
50	365	31104000	5915	1.40
100	365	31104000	5915	1.21
1000	365	31104000	5915	0.57
2000	365	31104000	5915	0.38

Avec un débit de l'ordre de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (soit environ $8\,500 \text{ m}^3/\text{j}$), le pompage provoque des rabattements de l'ordre de 60 cm à proximité du forage et son influence commence à devenir faible à partir de 1000 m de distance ($< 20\text{cm}$ de rabattement).

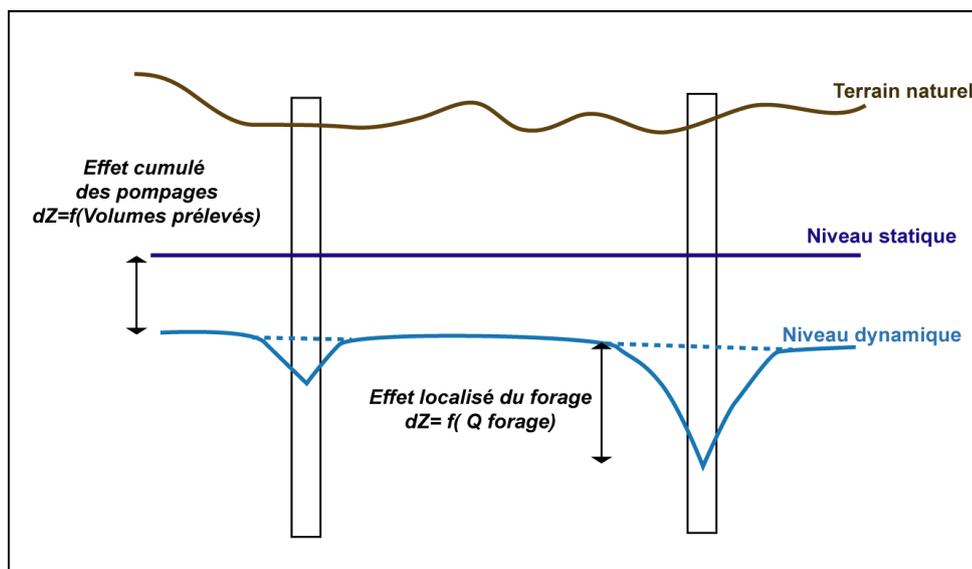
d	t jours	t (s)	R influence (m)	s=f(d) en m
50	90	7776000	2958	0.60
100	90	7776000	2958	0.51
1000	90	7776000	2958	0.19
2000	90	7776000	2958	0.09
50	365	31104000	5915	0.70
100	365	31104000	5915	0.60
1000	365	31104000	5915	0.29
2000	365	31104000	5915	0.19

Ces premiers résultats illustrent la complexité des effets des pompages sur la nappe. En schématisant, et toutes choses étant égales par ailleurs, on peut proposer que les effets du forage peuvent être dissociés de la façon suivante :

- Un effet étendu dans l'espace qui va dépendre principalement du volume prélevé à l'échelle d'un secteur de nappe : il s'agit du cumul des influences lointaines de tous les points de prélèvement.
- Un effet localisé qui dépend directement du débit pompé sur le forage.

Le schéma ci-dessous tente d'illustrer ces notions.

Figure 39 : Schéma illustratif des effets des pompages sur une nappe de forte transmissivité



4.2.3 Analyses préalables de l'état actuel des prélèvements par secteurs

Le tableau ci-dessous fait le point des prélèvements actuels pour chaque secteur de nappe

Tableau 6 : Synthèse des prélèvements identifiés en 2009, tout usage confondu.

Secteur	Prélèvements constants (m3/j)									P. temporaires (m3/j)		
	AEP			Industrie			Total : AEP + Industrie			Agricole		
	min	max	moyen	min	max	moyen	min	max	moyen	min	max	moyen
Limony	0	5 843	2 560				0	5 843	2 560	5	338	134
Platière Nord										65	4 275	1 693
Platière Centre				30 210	108 542	81 154	30 210	108 542	81 154	0	22	9
Platière Sud										337	22 061	8 734
Terrasse Nord	3 576	5 363	4 463	12 006	26 563	21 321	15 582	31 926	25 784	92	6 029	2 387
Terrasse Sud				?	?	91 435	?	?	91 435	256	16 750	6 631
Usine Aval Sablons										101	6 625	2 623

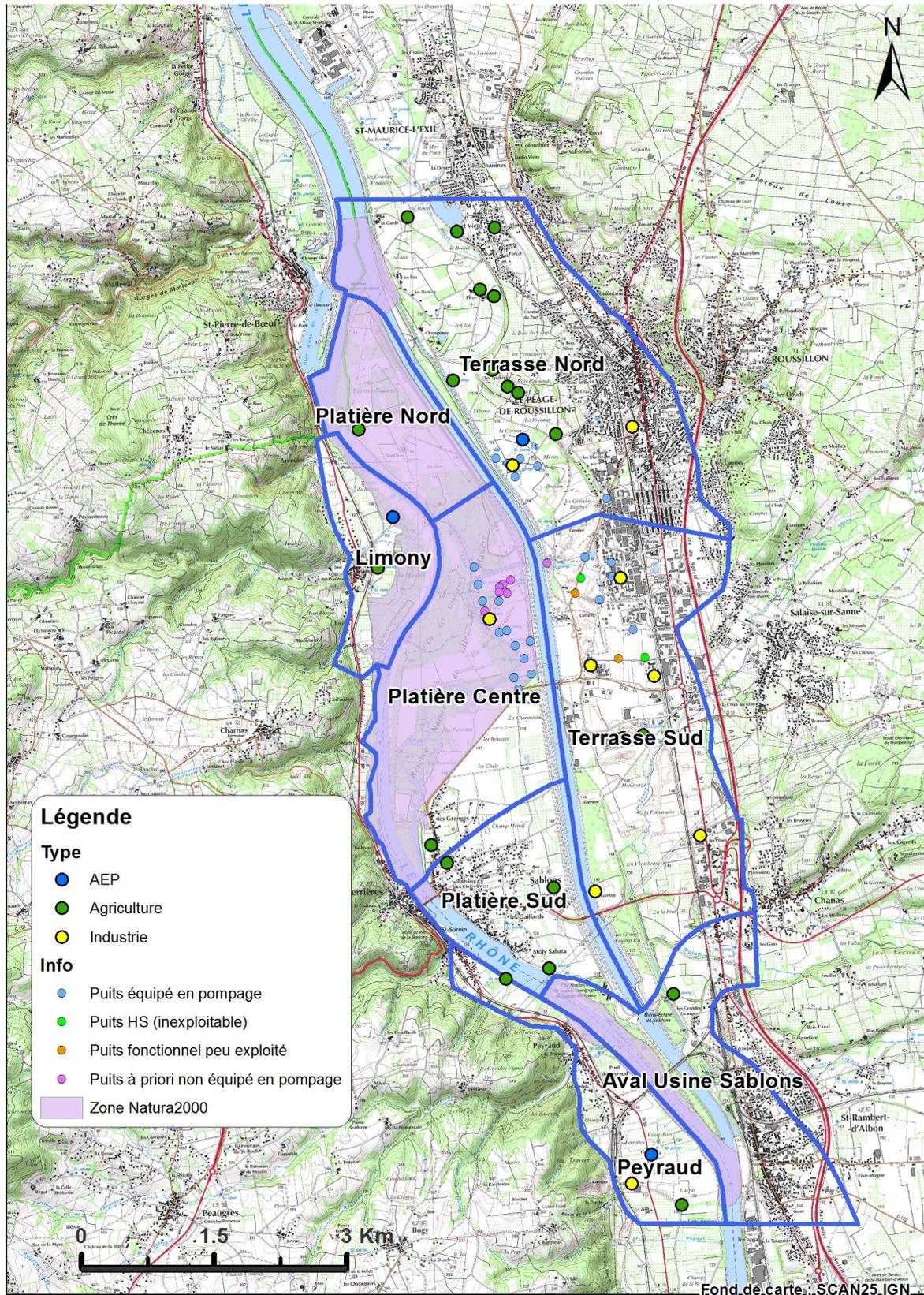
Notons qu'au vu du stade d'avancement de ce projet, les futurs prélèvements à réaliser au sein de la ZIP sont considérés comme des prélèvements actuels.

Ce tableau fait apparaître un état des pressions par secteur :

- Pression liée aux prélèvements constants, forte pour Platière Centre et Terrasse Sud.
- Pression temporaire, liée aux prélèvements agricoles, forte sur Platière Sud et Terrasse Sud.

La figure ci-dessous présente la disposition actuelle des points de prélèvement :

Figure 40 : Distribution actuelle des prélèvements par secteur.



4.2.4 Analyses des possibilités d'ajouts de nouveaux champ captant par secteurs

Au vu des éléments exposés ci-dessus (hiérarchisation des pressions existantes), on peut proposer que seuls les secteurs suivants, caractérisés par la "faiblesse" actuel des prélèvements, pourront potentiellement accueillir un nouveau champ captant (notion de champ captant fictif) :

- Platière Nord (implantation du champ captant fictif à équidistance du Rhône et du canal de dérivation).
- Platière Sud (implantation du champ captant fictif à l'Est du village de Sablons).
- Aval Usine Sablons (implantation du champ captant fictif au débouché de la plaine de St Chanas).

4.2.5 Méthodologie proposée

La détermination des volumes prélevables se fera secteur par secteur.

On considéra la configuration actuelle pour les secteurs déjà fortement sollicités, ou potentielle (ajout de champ captant fictif) pour les secteurs exempts de prélèvements constants.

La répartition des prélèvements obéira aux règles suivantes :

- Pour les secteurs caractérisés par la présence actuelle de prélèvements constants, les clés de répartition entre usages et entre forages seront conservées (pour les champs captant fictifs, cette question ne se pose pas car ils seront les seuls prélèvements constants du secteur sur le cycle hydrologique complet).
- Pour les champs captant AEP existant, les prélèvements pourront atteindre leur maximum autorisé au titre de leur arrêté d'autorisation.
- Pour les prélèvements agricoles, on considérera la configuration des points de prélèvements et les prélèvements actuels comme acquis.
- Si des possibilités de prélèvements supplémentaires existent, on introduira de nouveaux points de prélèvement. Les nouveaux forages seront introduits à proximité des champs captant existants ou potentiels avec les règles suivantes : 0,1 m³/s maximum et distance inter forage minimale de 200 m.

On peut d'ores et déjà distinguer deux cas de figure :

- Le secteur est caractérisé par des enjeux locaux et par des prélèvements qui sont déjà au delà des volumes prélevés admissibles vis à vis de ces enjeux. La démarche consistera à réduire le volume prélevé jusqu'à satisfaction des enjeux, par une démarche itérative.
- Le secteur est caractérisé par des prélèvements en deçà des volumes prélevables. La démarche consistera à augmenter les prélèvements, en respectant les règles énumérées ci-dessus.

Le tableau ci-dessous propose une synthèse des approches à développer secteur par secteur :

Figure 41 : Synthèse des stratégies de modélisation pour la détermination des volumes prélevables par secteur de nappe.

Secteurs	Enjeux locaux		Prélèvement			Objectifs VP		
	AEP	ZH	Constant	Temporaires	Fictifs	Satisfaction enjeux locaux	Non influence voisins	Piezomètres contrôlé
Platière Nord		O		P faibles	Oui	Oui		P230 P126N
Platière Centre		O	P forts	P faibles		Oui		P281bis P342 P37
Platière Sud				P forts	Oui		Oui	P21 N192
Limony	O	O	P faibles	P faibles		Oui		S2
Terrasses Nord	O	?	P faibles	P faibles		Oui		P47 P36 P229
Terrasses Sud			P forts	P forts			Oui	P229 P179N P9
Aval Usine Sablons		?		P faibles	oui		Oui	P9 P255

REFERENCES DOCUMENTAIRES

- Bravard J.P., Argant J., Hétoit M., 2005.** Etude géomorphologique des paléo-méandres de la plaine alluviale du Rhône dans le secteur Saint Maurice l'Exil et Sablons. Rapport pour le compte du Conseil Général de l'Isère, 57 p.
- BURGEAP, 2006** - Etude préalable à la restauration de la nappe d'accompagnement du Rhône. Phase 3. Rhône court-circuité de Péage de Roussillon. Rapport d'étude pour le compte du SMIRCLAID, 35 pages + annexes.
- BURGEAP, 2007 a** - Etude préalable à la restauration de la nappe d'accompagnement du Rhône. Phases 1 et 2. Rhône court-circuité de Péage de Roussillon. Rapport d'étude pour le compte du SMIRCLAID, 24 pages + annexes.
- BURGEAP, 2007 b** - Etude préalable à la restauration de la nappe d'accompagnement du Rhône. Phase 4. Rhône court-circuité de Péage de Roussillon. Rapport d'étude pour le compte du SMIRCLAID, 12 pages + annexes.
- BURGEAP, 2007 c** - Evaluation de l'impact des différents prélèvements sur la nappe alluviale d'accompagnement du Rhône. Phase 1. Rhône court-circuité de Péage de Roussillon. Rapport d'étude pour le compte du SMIRCLAID, 30 pages + annexes.
- BURGEAP, 2007 d** - Evaluation de l'impact des différents prélèvements sur la nappe alluviale d'accompagnement du Rhône. Phase 2. Rhône court-circuité de Péage de Roussillon. Rapport d'étude pour le compte du SMIRCLAID, 39 pages + annexes.
- BURGEAP, 2007 e** - Evaluation de l'impact des différents prélèvements sur la nappe alluviale d'accompagnement du Rhône. Phase 2. Evaluation de l'impact des différents prélèvements sur l'enneigement des limons. Rapport d'étude pour le compte du SMIRCLAID, 17 pages + annexes.
- BURGEAP, 2007 f** - Evaluation de l'impact des différents prélèvements sur la nappe alluviale d'accompagnement du Rhône. Phase 3.. Rapport d'étude pour le compte du SMIRCLAID, 24 pages + annexes.
- HORIZONS, 1994** - Etude hydrogéologique de la nappe de Péage-de-Roussillon. Gestion de la ressource en eau souterraine. Etude technique pour le compte du District du Canton de Roussillon, 32 p. + annexes.
- HYDROFIS BRLLI, 2014** - Gestion de la nappe alluviale du Rhône court-cuité de Péage de Roussillon. Phase 1 - Caractérisation du territoire et des usages. 98 p.
- Lalot E., 2013** - Analyse des signaux piézométriques et modélisation pour l'évaluation quantitative et la caractérisation des échanges hydrauliques entre aquifères alluviaux et rivières - application au Rhône. Thèse, Ecole des Mines de St Etienne, version provisoire, 305 p.+ annexes.
- SOGEAH, ASCONIT, 2011** – Étude de détermination des volumes maximum prélevables du bassin Bièvre-Liers-Valloire. Phase 2 : quantification des ressources et impacts des prélèvements. Rapport d'étude pour le compte du Syndicat Intercommunal d'Aménagement Hydraulique Bièvre-Liers-Valloire. 125 p.