

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

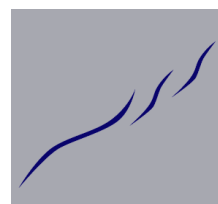
Phase 1 - Caractérisation du territoire et des usages



BRL
Ingénierie



Février 2014



Hydrofis

smirclaid
2014

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

PHASE 1 : Etat des lieux du fonctionnement des nappes alluviales et des usages sur la base des connaissances existantes

1. INTRODUCTION	1
1.1 Contexte de la mission	1
1.2 Objectifs opérationnels	2
2. ÉTAT DES LIEUX	3
2.1.1 Contexte environnemental superficiel	3
2.1.2 Historique des tensions sur la ressource	13
2.1.3 Contexte hydrogéologique	16
2.1.4 Données de piézométrie	28
2.1.5 Données de topographie	39
2.1.6 Données hydro géochimiques	41
2.1.7 Bilan et analyses des prélèvements	44
2.1.8 Approches de modélisation (BURGEAP, 2007)	65
3. ELEMENTS D'ORIENTATION	69
3.1 Avis sommaire sur l'étendue des connaissances	69
3.1.1 Eléments certains	69
3.1.2 Eléments incertains	69
3.1.3 Avis sur la capacité du modèle numérique à satisfaire les objectifs de l'EVP	69
3.2 Sectorisation du domaine modélisé	70
3.2.1 Sectorisation proposée par BURGEAP	70
3.2.2 Proposition de sectorisation pour l'EVP	72
3.3 Inertie des hydro systèmes et temporalité des phénomènes	74
3.3.1 Temporalité des phénomènes à modéliser	74
3.3.2 Implications sur la stratégie de modélisation	88
RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES	89

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: Localisation des protections environnementales sur le périmètre d'étude.	4
Figure 2: Occupation du sol sur la zone d'étude (données Corinne Land Cover).	5
Figure 3: Localisation des habitats naturels (données AAP).....	6
Figure 4: Localisation des paléochenaux (données AAP).....	7
Figure 5: Localisation des profils pédologiques par rapport aux peuplements de frênes et de peupliers noirs (données AAP).	8
Figure 6: Croissance moyenne des frênes en fonction du degré d'hydrophilie du site. Les lettres indiquent les groupes homogènes (ANOVA, $p < 0,05$).	9
Figure 7: Comparaison inter-tronçons des croissances individuelles du frêne (Dufour, 2005).....	9
Figure 8: Evolution altitudinale de la position de la nappe (A) entre les années 1940 et 2005, (B) du fait des pompages en 1968, (C) synthèse chronologique des évolutions de la nappe, (D) chronique de la croissance du frêne sur les 2 placettes 10	10
Figure 9: Localisation des individus étudiés sur le site de Pierre Bénite dans le secteur de la lône restaurée de Ciselande.....	11
Figure 10 : Fronts glaciaires en Bièvre-Valloire (Chenevoy et al., 1976).....	17
Figure 11 : Cartes du mur de l'aquifère alluvial et nature des formations encaissantes à l'affleurement (données BRGM).	20
Figure 12 : Coupe géologique schématique du système hydrogéologique.	21
Figure 13 : Perméabilités des séries aquifères de l'Est Lyonnais (Collin et al., 1973).....	22
Figure 14 : Modèles conceptuels des aquifères de socle (d'après Lachassagne et Wyns, 2005).	23
Figure 15 : Carte des épaisseurs de recouvrement argileux - points renseignés (d'après HORIZONS, 1994).....	24
Figure 16 : Bilan de la nappe en régime permanent (d'après HORIZONS, 1994).....	25
Figure 17 : Carte piézométrique de référence, juin 2005 (BURGEAP, 2007a).....	26
Figure 18 : Paramètres explicatifs potentiels des variations piézométriques.....	29
Figure 19 : Chroniques piézométriques en rive gauche du canal de dérivation (suivi par l'EMSE).....	30
Figure 20 : Localisation des piézomètres suivis par l'EMSE.....	31
Figure 21 : Chroniques piézométriques sur l'Île de la Platière (suivi par EMSE).....	32
Figure 22 : Localisation des piézomètres suivis par l'AAP.....	33
Figure 23 : Chroniques piézométriques sur la partie Nord de l'Île de la Platière (suivi par AAP).	34
Figure 24 : Chroniques piézométriques sur la partie centrale de l'Île de la Platière (suivi par AAP).....	34
Figure 25 : Chroniques piézométriques sur la partie Sud de l'Île de la Platière (suivi par AAP).	35
Figure 26 : Chroniques piézométriques sur le secteur de Limony (suivi par AAP).	35
Figure 27 : Chroniques piézométriques sur la partie centrale de l'Île de la Platière (suivi par GIE OSIRIS).....	36
Figure 28 : Localisation des piézomètres suivis par le GIE OSIRIS.	37
Figure 29 : Chroniques piézométriques sur la partie nord de la plaine alluviale (suivi par GIE OSIRIS).....	38

Figure 30 : Chroniques piézométriques sur la partie centrale de la plaine alluviale (suivi par GIE OSIRIS).	38
Figure 31 : Aperçu du modèle numérique de terrain (données AERMC/IGN-Plan Rhône).	40
Figure 32 : Caractérisation des qualitomètres recensés dans la BD ADES.	42
Figure 33 : Localisation des qualitomètres recensés dans la BD ADES.	43
Figure 34: Synthèse des données de prélèvements disponibles.....	46
Figure 35: Volumes prélevés par usage (milliers de m3) de 2005 à 2011.....	47
Figure 36: Classement des maîtres d'ouvrages par volumes prélevés en 2011.	47
Figure 37: Localisation et importance des prélèvements sur le périmètre d'étude.....	48
Figure 38 : Répartition des volumes annuels prélevés pour l'industrie en 2011, en fonction du maître d'ouvrage.....	49
Figure 39 : Volumes annuels prélevés pour l'industrie de 2005 à 2011.	50
Figure 40 : Prélèvements industriels mensuels de 2007 à 2011	50
Figure 41 : Volumes mensuels prélevés au niveau des champs captant Nord et Sud d'Osiris sur la période 2005-2013.	51
Figure 42: Volumes mensuels prélevés (m3) par le Laboratoire Aguetant sur la période 2004-2013.....	52
Figure 43: Volumes mensuels prélevés (m3) par l'entreprise Tredi sur la période 2007-2013	53
Figure 44: Localisation du projet de zone industrialo-portuaire de Salaise Sablons	54
Figure 45: Répartition des volumes AEP prélevés en 2011 selon le captage et le maître d'ouvrage.....	55
Figure 46 : Volumes journaliers pompés (en m3) par chacun des trois captages AEP sur la zone d'étude	57
Figure 47 : Prélèvements AEP mensuels de 2005 à 2013	57
Figure 48: Répartition des volumes annuels prélevés pour l'agriculture en 2011, selon le maître d'ouvrage.....	60
Figure 49: Evolution des volumes prélevés pour l'agriculture de 2005 à 2011, selon le maître d'ouvrage.....	60
Figure 50: Volumes mensuels moyens (m3) prélevés par l'ASA de Salaise sur la période 2001-2013.....	61
Figure 51: Type de cultures et surfaces irriguées pour les irrigants du département de l'Isère.	61
Figure 52: Estimation par extrapolation des volumes prélevés mensuels moyens pour toutes les ASA.	62
Figure 53 : Prélèvements agricoles mensuels de 2005 à 2011.....	62
Figure 54 : Limites et maillage du modèle (BURGEAP, 2007a).	66
Figure 55 : Sectorisation de la plaine alluviale proposée par BURGEAP (2007a).	71
Figure 56 : Sectorisation de la plaine alluviale proposée pour l'EVP.....	73
Figure 57 : Chroniques piézométriques au pas de temps horaire (données récoltées par E. Lalot, École des Mines de St Etienne).	74
Figure 58 : Evolution comparée du niveau d'eau dans la lône et dans les piézomètres, au pas de temps horaire (données récoltées par E. Lalot, École des Mines de St Etienne).....	75

Figure 59 : Carte des coefficients de saturation associés à la première composante principale (d'après Lalot, 2013) qui témoigne de l'influence première des variations de la ligne d'eau dans le Rhône.	76
Figure 60 : Carte des coefficients de saturation associés à la deuxième composante principale (d'après Lalot, 2013) qui témoigne principalement de l'influence des pompages.	77
Figure 61 : Périodicité en deçà de laquelle la corrélation entre le signal piézométrique de la nappe et le niveau d'eau du Vieux-Rhône n'est pas significative (d'après Lalot, 2013).	78
Figure 62 : Pluviométrie mesurée à Sablons de 2012.	79
Figure 63 : Chroniques piézométriques en rive gauche du canal de dérivation (suivi par l'EMSE).	80
Figure 64 : Pluies nettes positives sur le secteur d'étude de 2005 à 2012.	81
Figure 65 : Principaux affluents du Rhône et leur bassin versant (d'après Lalot, 2013).	82
Figure 66 : Débits moyens journaliers de la Sanne (données de la Banque HYDRO).	83
Figure 67 : Nb de jours par mois avec un débit du Rhône à Ternay supérieur à 1600 m ³ /s de 1981 à 2012 (données de la Banque HYDRO).	85
Figure 68 : Moyennes mensuelles du nombre de jours par mois avec un débit du Rhône à Ternay supérieur à 1600 m ³ /s de 1981 à 2012 (données de la Banque HYDRO).	86
Figure 69 : Dépassements des moyennes mensuelles et des mesures journalières de Q (débit du Rhône à Ternay supérieur à 1600 m ³ /s de 1981 à 2012, données de la Banque HYDRO).	87
Figure 70 : Dépassements des moyennes décadaires et des mesures journalières de Q (débit du Rhône à Ternay supérieur à 1600 m ³ /s de 1981 à 2012, données de la Banque HYDRO).	87

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 1 de cette étude ; elle vise à proposer un état des lieux du fonctionnement de la nappe alluviale et des usages sur la base des connaissances existantes.

Ses rédacteurs principaux sont Pascal Fénart d'HYDROFIS et Ninon Sicard de BRLi. Marion Mahé (BRLi) a participé à la récolte des données de prélèvements et Sébastien Louvet (BRLi) a pris en charge la caractérisation du contexte environnemental superficiel.

1.2 OBJECTIFS OPERATIONNELS

L'objectif de la phase 1 est d'établir un bilan actualisé des connaissances sur la nappe, son fonctionnement et ses usages.

Il s'agira ensuite de mettre en exergue les manques d'informations importants :

- Pour une meilleure compréhension du fonctionnement de la nappe et de sa vulnérabilité vis-à-vis des activités anthropiques ;
- Pour déterminer les données utiles à la réactualisation du modèle numérique et pour permettre une bonne expertise quant au fonctionnement des habitats humides exceptionnels.

L'inventaire critique des connaissances existantes constitue une étape clef de l'étude. Il concerne les thématiques suivantes :

- Le fonctionnement de la nappe du Rhône (quantitatif et qualitatif) ;
- Les usages et les pressions anthropiques qui s'exercent sur la nappe.

Le cahier des charges prévoyait la mise à disposition du bureau d'études d'un certain nombre de documents. Cette base documentaire a été étudiée et complétée.

Dans le cadre de cette étude, certaines personnes ont accepté de nous recevoir pour partager leurs connaissances sur la nappe :

- B. Pont (Réserve Naturelle de la Platière).
- F. Kress (Groupement OSIRIS).
- E. Lalot et D. Graillot (École des Mines de St Etienne).

D'autres nous ont fourni des rapports et/ou des données, et aussi des informations lors d'entretiens téléphoniques :

- M. Ribert et M. Barilone (CNR).
- Lionet J. et Carsana O. (DDT26).
- Tranchet C., Pascale Thierry (DDT38).
- N. Landais (DDT07).
- P. Moja (DDT Loire).
- E. Issartel, L. Vernay, V. Jouxte (DREAL Rhône-Alpes).
- Pascal Jean Guy (A.S.A.de SALAISE AGNIN ET CHANAS).
- M. Boissonnet (ASSOCIATION SYNDICAT DE SABLONS).
- H. Courbière (ASA péage de Roussillon).
- D. Grivot (CA Loire 42).
- N. Jury (CA Isère 38).
- L. Gouilloud, F. Servonnat (SIGEARPE).
- Eysseric Bruno (SIE Annonay Serrière).
- Vincent Didier, F. Ledouedec (ARS Rhône-Alpes).
- L. Bonnamich (Tredipecc Tredi).
- M. Dones et O. Mevel (Laboratoire Aguetant).
- Rosselin Jean-Christophe (ZIP GIE 38).
- P. Bertholet V. Aicardi (Agence de l'Eau).

Nous tenons ici à les en remercier.

2. ÉTAT DES LIEUX

2.1.1 Contexte environnemental superficiel

2.1.1.1 Données récoltées

Afin d'anticiper le travail qui sera réalisé en phase 3 de l'étude, nous avons d'ores et déjà récolté les principales données nécessaires à la définition des niveaux de nappes permettant le maintien des habitats humides supérieurs. Il s'agit principalement des données collectées et mises à jour par l'Association des amis de la Platière qui animent les structures de gestion (Réserve Naturelle, zones NATURA 2000) en charge de la protection des milieux naturels sur le périmètre de l'étude.

Dans le cadre de la protection de ces milieux remarquables, une importante littérature technique et scientifique a été produite. Elle propose une vision détaillée des peuplements, de leur fonctionnalité et de leur fonctionnement. Notons aussi de l'existence de nombreuses expertises sur les relations de ces milieux avec la nappe. Toutes ces approches seront reprises et discutées durant la phase 3 de cette étude.

Les données cartographiques récoltées nous ont permis d'établir les cartes suivantes, utiles pour illustrer les connaissances acquises à ce stade de l'étude :

- Localisation des protections environnementales sur le périmètre d'études. On observe la présence conjointe d'une Réserve Naturelle Nationale et de zones NATURA, sur l'Île de la Platière mais aussi sur le secteur à l'aval du seuil de Peyraud, qui atteste du fort potentiel écologique de ce secteur.
- Carte d'occupation du sol (CORINNE LAND COVER 2006 sur base de photo-interprétation datant de 2005). Le périmètre d'étude présente une forte hétérogénéité en terme d'occupation des sols : milieux naturels pour la partie Nord et centrale de l'Île de la Platière, idem pour la plaine de Limony, présence de tissu urbain continu pour les agglomérations de Sablons, Péage de Roussillon et St Rambert d'Albon, zones d'extraction de matériaux en rive gauche du canal de dérivation, etc...
- Carte de localisation des habitats naturels. Cette cartographie est restreinte aux zones de protection réglementaire. Elle met en évidence deux types de milieux dominants en termes de surface : les bois et les zones de culture. Les peupleraies sont cartographiées précisément.
- Carte de localisation des paléo chenaux, issue d'une approche géomorphologique mise en œuvre par le Professeur Bravard. Ils sont majoritairement concentrés sur l'Île de la Platière ; notons que certains d'entre eux se retrouvent sous le canal de dérivation, ce qui pourrait avoir une incidence forte sur les dynamiques d'écoulement sous ce canal.
- Localisation des profils pédologiques. Sur cette carte, nous avons aussi fait figurer les cartographies des peuplements de frênes et de peupliers noirs ; on peut ainsi observer que l'on a une bonne information sur la couche limoneuse sur le plupart des ces peuplements sur l'Île de la Platière.

Figure 1: Localisation des protections environnementales sur le périmètre d'étude.

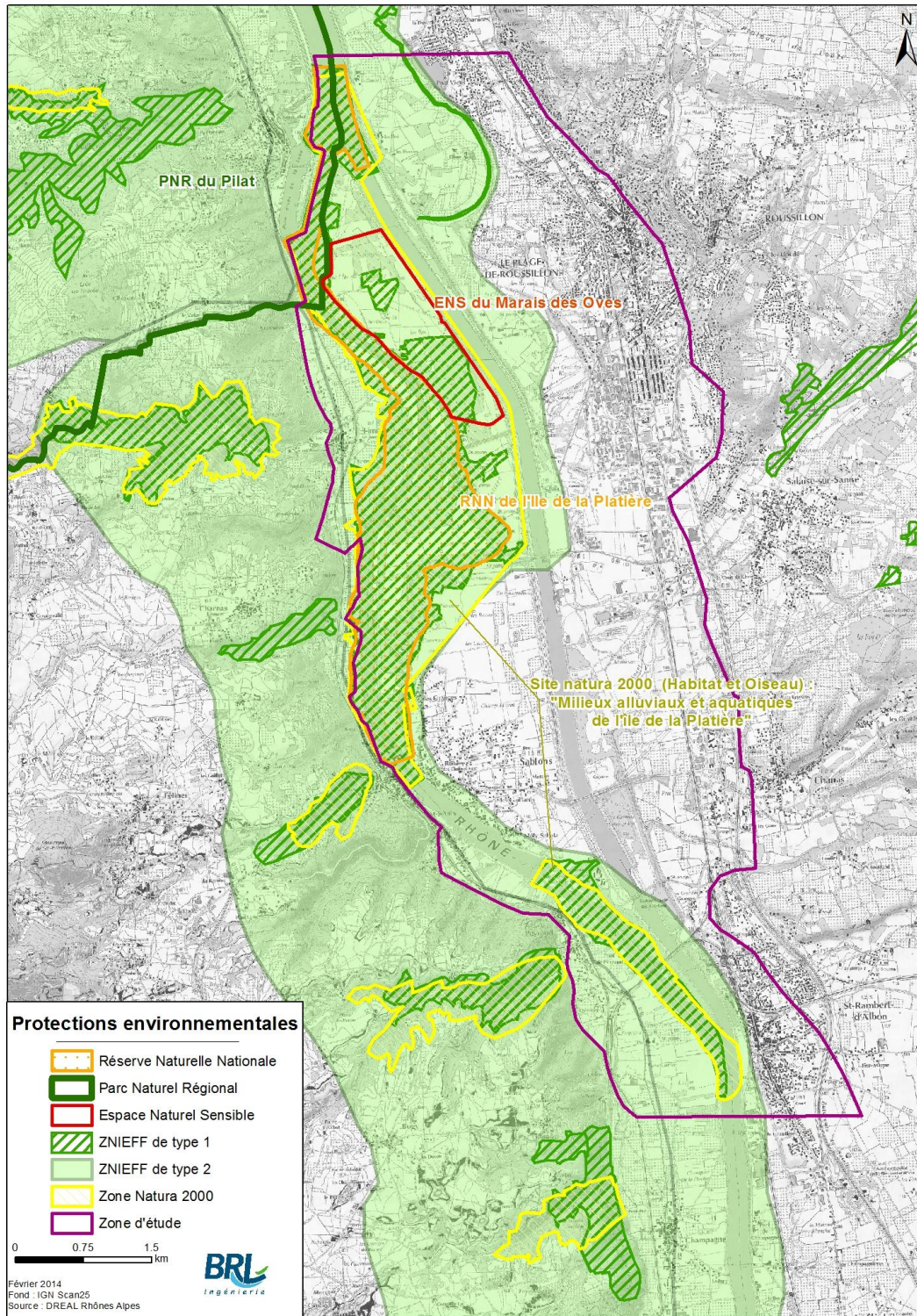


Figure 2: Occupation du sol sur la zone d'étude (données Corinne Land Cover).

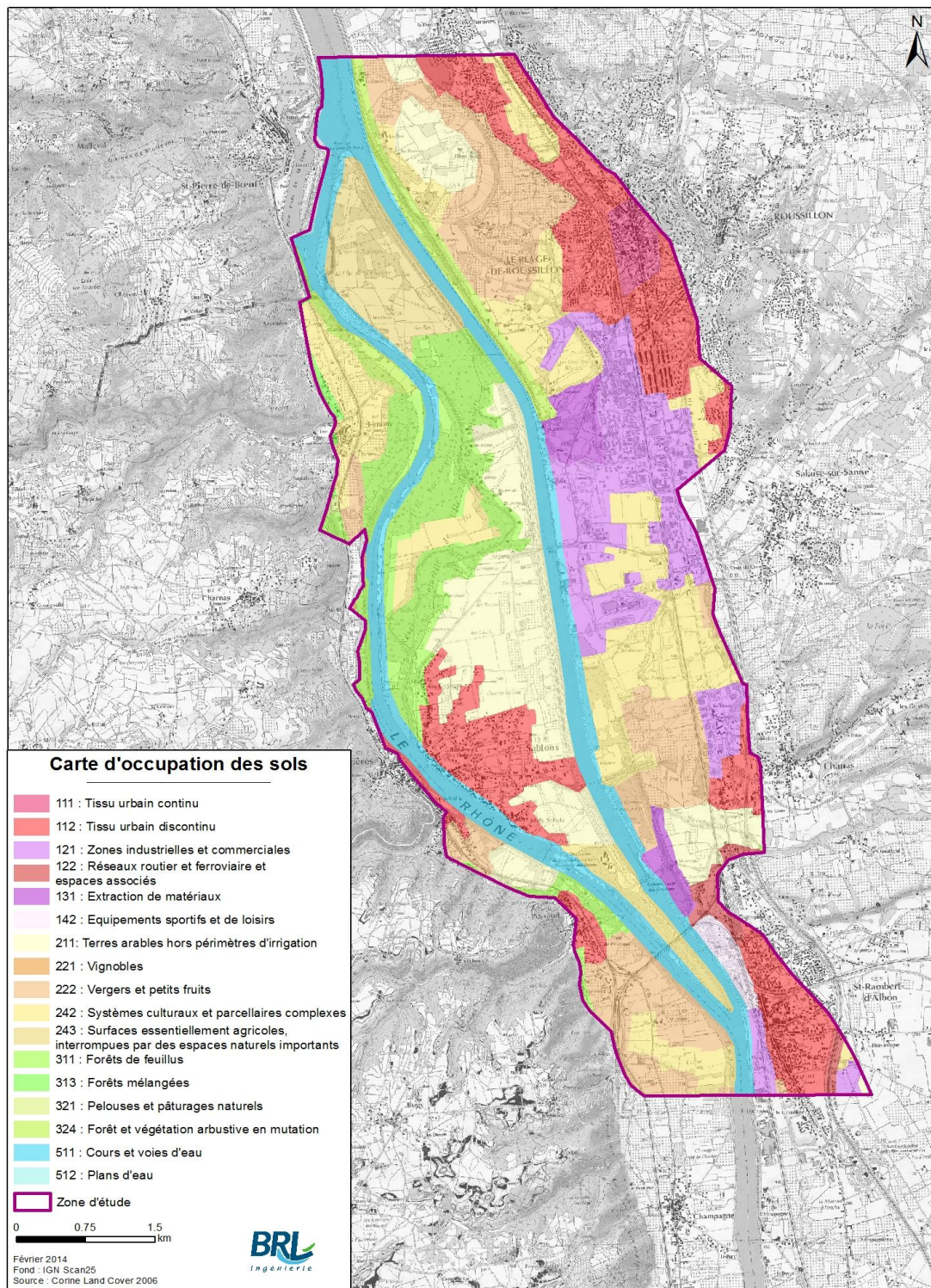


Figure 3: Localisation des habitats naturels (données AAP).

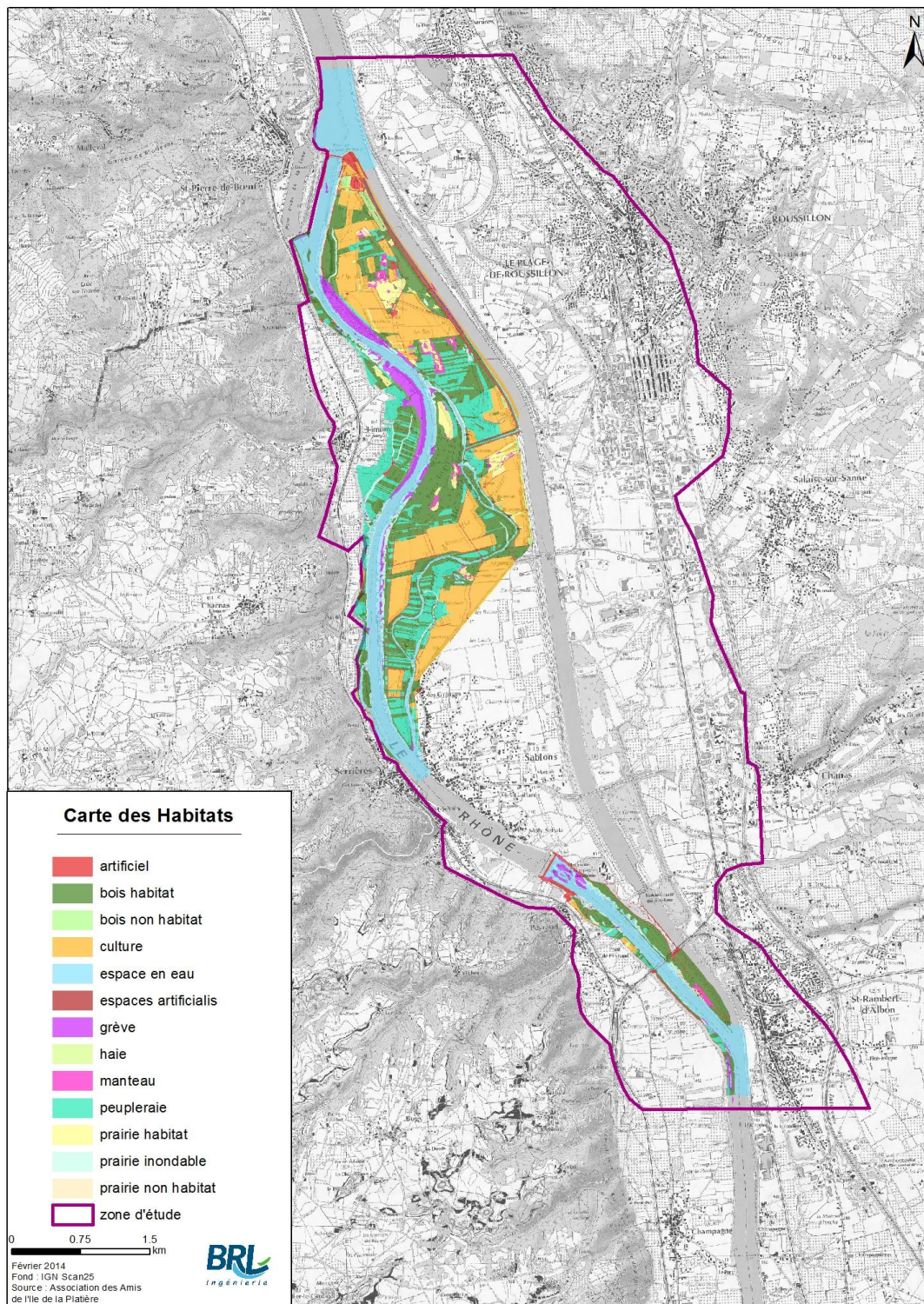


Figure 4: Localisation des paléochenaux (données AAP).

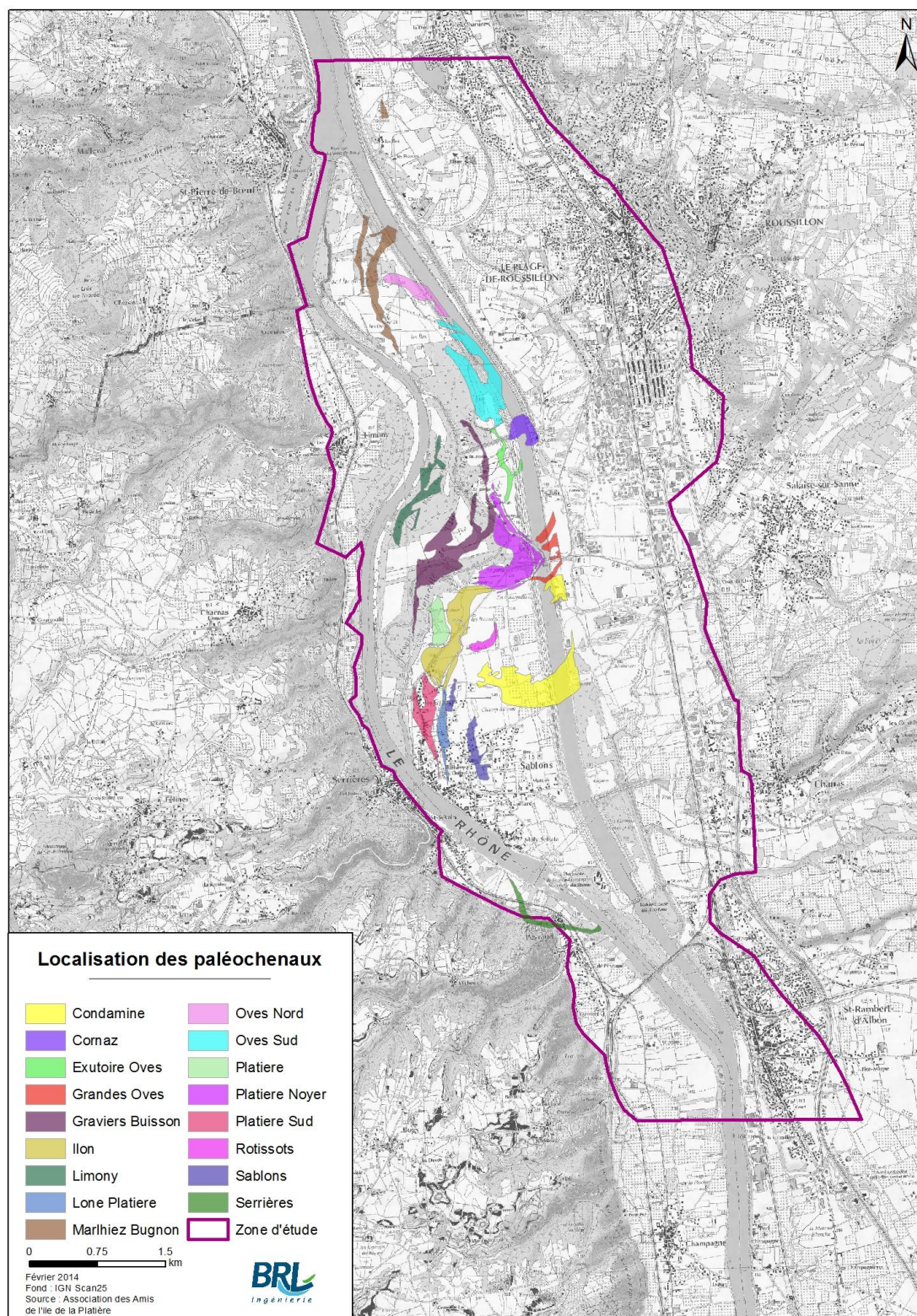
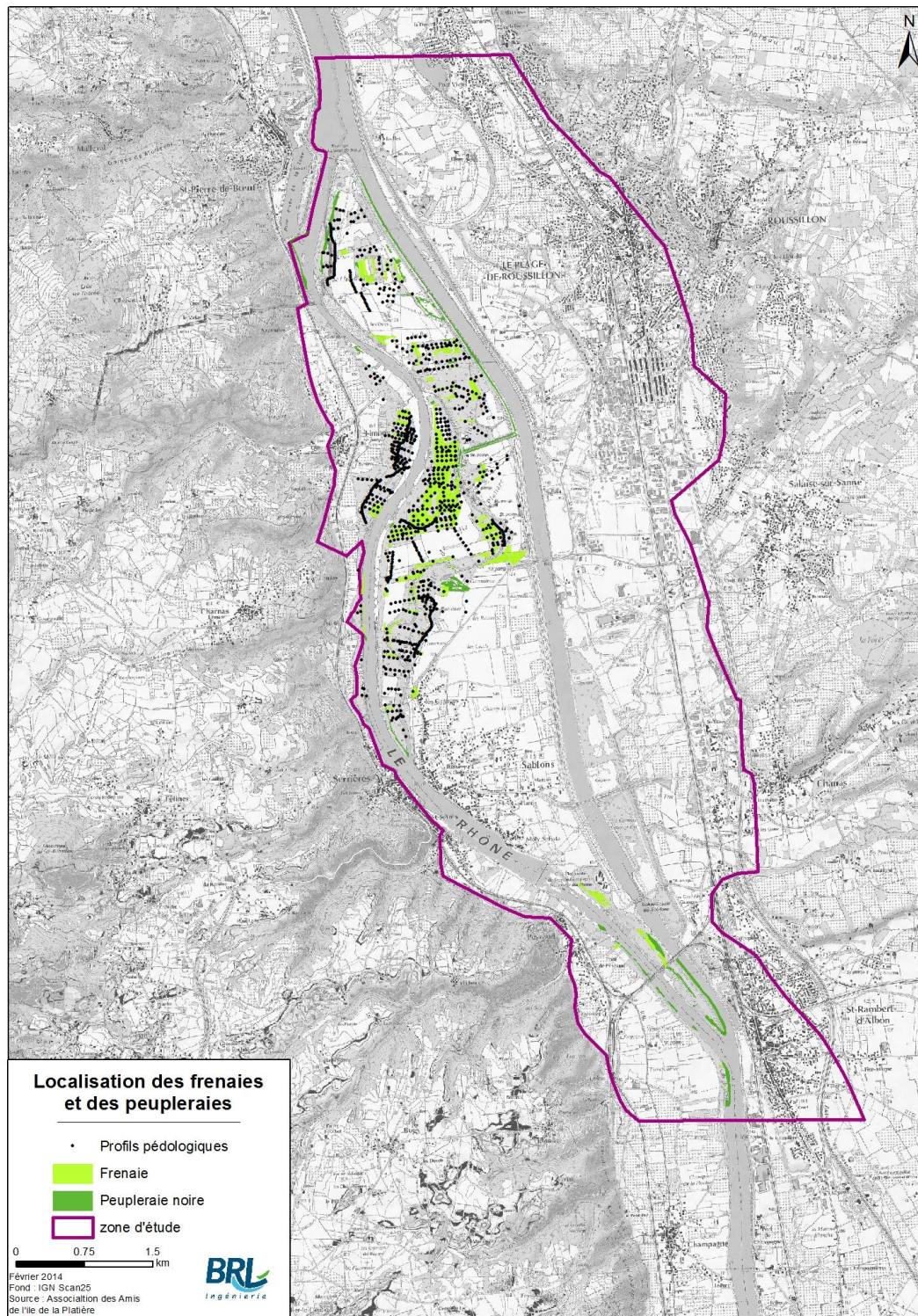


Figure 5: Localisation des profils pédologiques par rapport aux peuplements de frênes et de peupliers noirs (données AAP).



2.1.1.2 Précisions d'ordre méthodologique

Un des objectifs de l'étude sera de faire un lien entre des niveaux de nappes et la qualité des peuplements alluviaux dans le cadre du corridor fluvial du RCC de Péage de Roussillon. Il s'agit de déterminer, en fonction de différents niveaux piézométriques, les réponses potentielles des peuplements alluviaux forestiers, principalement les individus matures, afin d'optimiser les niveaux de nappes pour conserver les peuplements en l'état, les améliorer ou en minimiser les altérations.

Nous proposons de retenir deux espèces indicatrices dans la mesure où elles sont bien présentes sur la zone concernée et que l'on dispose pour celles-ci de connaissances sur le Rhône. Il s'agit du frêne et du peuplier noir. On sait en effet que ces deux taxons sont capables de réagir positivement en termes de croissance à une modification des niveaux d'eau.

Le travail de thèse de S. Dufour (2005) a ainsi montré que les frênes avaient une croissance radiale qui était en lien avec les conditions hygrométriques stationnelles. Sur les niveaux secs de Péage de Roussillon, la croissance moyenne est voisine de 0,25 cm/an contre plus de 0,4 cm/an sur le secteur du Méant très connecté à la nappe et localisé le long du Rhône à l'amont immédiat de Lyon.

Figure 6: Croissance moyenne des frênes en fonction du degré d'hydrophilie du site. Les lettres indiquent les groupes homogènes (ANOVA, $p < 0,05$).

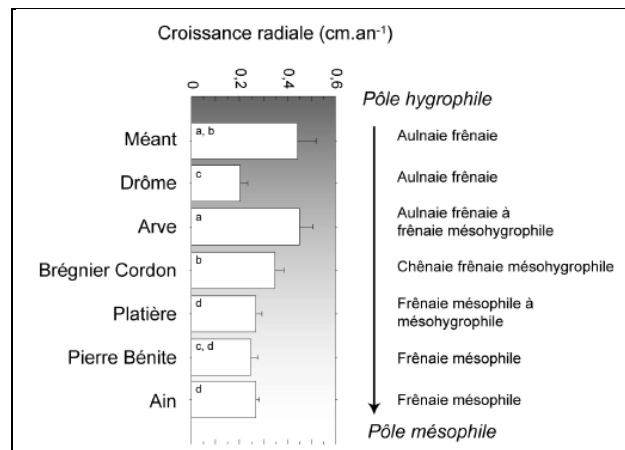
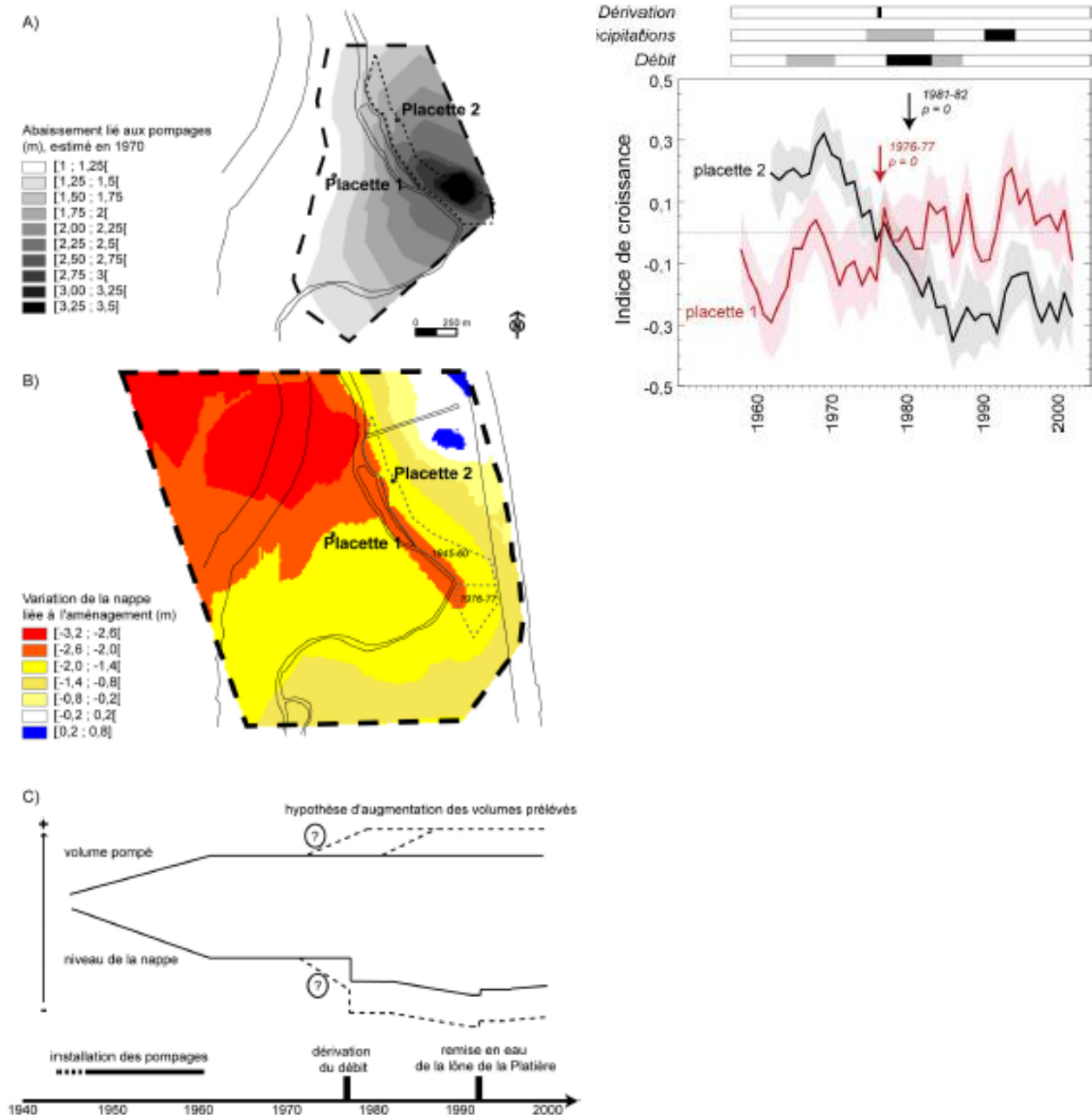


Figure 7: Comparaison inter-tronçons des croissances individuelles du frêne (Dufour, 2005)

Tronçon	Croissance radiale moyenne (cm/an)	Coefficient de variation	Ecart à la moyenne (%)	Age moyen Min/Max	n
	Min / Max				
Ain	0,270 0,121 / 0,583	0,303	-5	37 13/61	170
Arve	0,348 0,148 / 0,831	0,397	23	25 8/59	54
Brégnier-Cordon	0,451 0,258 / 0,837	0,259	59	37 28/54	19
Méant	0,441 0,398 / 0,540	0,143	55	22 20/29	5
Pierre-Bénite	0,247 0,142 / 0,371	0,225	-13	41 30/47	14
Platière	0,270 0,159 / 0,484	0,257	-5	44 35/52	36
Drôme	0,202 0,065 / 0,459	0,531	-29	27 12/48	50
Total	0,284 0,065 / 0,831	0,399	X	35 8/61	348

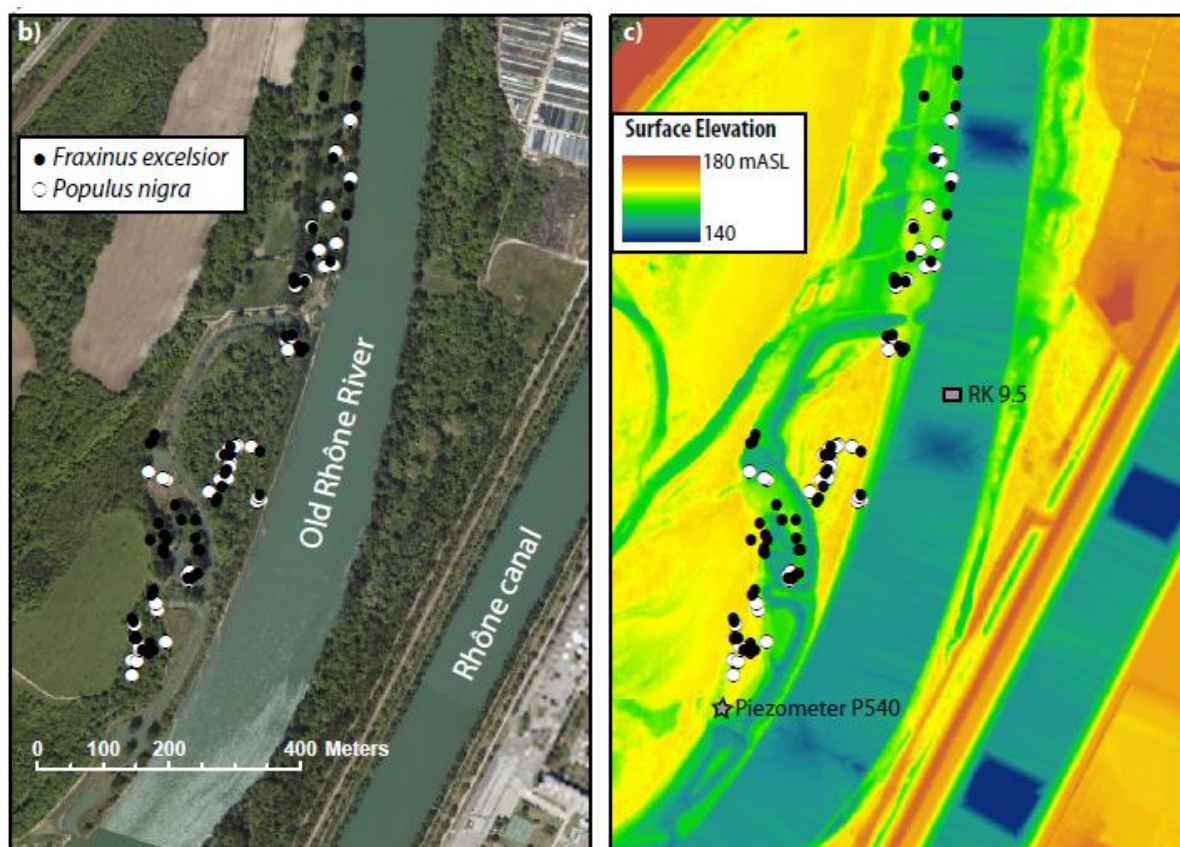
Le travail réalisé sur deux placettes localisées sur le secteur de la Platière a montré que les frênes de la placette affectée par un effondrement de la nappe à la suite des pompages ont décroché en termes de croissance.

Figure 8: Evolution altitudinale de la position de la nappe (A) entre les années 1940 et 2005, (B) du fait des pompages en 1968, (C) synthèse chronologique des évolutions de la nappe, (D) chronique de la croissance du frêne sur les 2 placettes



Les données permettant d'apprécier la réponse du peuplier noir à une modification des niveaux de nappe ont été plus récemment acquises sur le secteur de Pierre-Bénite (cf. ci-dessous). Il a été possible d'étudier la réponse des peupliers au relèvement de la nappe à la suite de la modification du débit réservé en août 2000, celui passant de 10-20 m³/s à 100 m³/s et induisant un relèvement de la nappe de 50 cm. Un lien a ainsi été établi entre la différence du delta isotopique de l'oxygène calculé dans les tissus ligneux de peupliers ($\delta_{18}O$) avant et après relèvement du débit réservé et l'altitude relative du toit du galet au-dessus de la ligne d'eau de 100 m³/s (en m). Ce constat a permis d'établir un modèle logistique permettant de calculer la probabilité de réaction du peuplier noir à un relèvement du niveau de l'eau.

Figure 9: Localisation des individus étudiés sur le site de Pierre Bénite dans le secteur de la lône restaurée de Ciselande.



Dans la mesure où il n'est pas possible d'avoir une idée exacte de la position des systèmes racinaires dans la masse alluvionnaire - permettant de lier précisément cette position à une position de nappe -, nous devons utiliser des données indirectes pour apprécier cette situation et les réponses potentielles des individus ligneux à une modification de la disponibilité en eau.

Dans le cas du frêne, nous savons que son système racinaire ne se développe pas dans les alluvions grossières mais peut prospector profondément les horizons sablo-limoneux. Une réaction positive de sa part à une plus grande disponibilité en eau ne peut donc être observée que si la nappe fluctue dans les alluvions fines sans qu'elle ne sature complètement cet horizon au risque d'asphyxier les individus. Cette position de nappe sera d'autant plus intéressante qu'elle sera observée pendant la période végétative et notamment pendant le printemps. La thèse de S. Dufour a bien montré que sur le haut Rhône, des nappes hautes au printemps assurent une ambiance plus "humide" et une bien meilleure croissance.

Dans le cas du peuplier, le contexte est un peu plus complexe et incertain car le système racinaire de cette espèce peut se développer dans les alluvions grossières. Il semble néanmoins que ce milieu soit plus contraignant que les horizons supérieurs sablo-limoneux puisque la réponse

isotopique du peuplier à un relèvement de la nappe est liée à la position relative de ce toit de galets par rapport au niveau de nappe. Lorsque le niveau de nappe est relevé au-dessus du niveau du toit de galet, voire dans les 2 m supérieurs de l'horizon graveleux, les individus sont susceptibles de réagir positivement.

Afin d'évaluer la réponse potentielle des individus matures des espèces cibles à un relèvement de la nappe sur le site de Péage, il est ainsi important de disposer d'informations cartographiques qui seront combinées afin de localiser les secteurs où les peuplements sont susceptibles de réagir. Pour cela il est nécessaire de disposer des couches géographiques suivantes :

- peuplements concernés,
- Altitude du toit des galets et de la surface,
- Épaisseurs des sédiments fins,
- Position de la nappe pour différents scénarios.

Le scénario le plus pertinent reposera sur le meilleur compromis entre l'intensité de la réponse potentielle des peuplements que peut traduire la superficie ou le nombre d'individus concernés (s'il est possible de l'estimer à partir de la cartographie des peuplements) et l'effort à concéder pour relever les niveaux de nappe.

2.1.1.3 Conclusions

À ce stade de l'étude, on peut considérer que les données récoltées sont globalement suffisantes pour avancer dans cette approche :

- Les données de peuplements permettront de localiser et d'identifier la superficie des peuplements étudiés;

Les données issues des profils pédologiques permettront :

- d'établir une carte de l'altitude du toit des galets qui recoupera en grande partie les peuplements étudiés. Il serait néanmoins idéal que des profils pédologiques supplémentaires soient réalisés pour couvrir l'ensemble des peuplements étudiés. En effet, la partie sud du périmètre d'étude ne comporte aucun profil à l'heure actuelle.
- De définir l'épaisseur des sédiments fins au droit des peuplements étudiés.
- Le travail qui sera réalisé en phase 2 permettra de situer le niveau de la nappe par rapport au toit des galets et aux sédiments fins.

2.1.2 Historique des tensions sur la ressource

2.1.2.1 Du point de vue de l'administration : la nappe du Rhône échappe aux mesures de restriction en cas de sécheresse

Rappels

L'arrêté cadre est un outil de gestion structurelle (il prévoit ce que l'on fera en cas de sécheresse).

- Il délimite les zones hydrographiques dans lesquelles s'appliqueront des mesures de vigilance, restriction ou interdiction provisoire des prélèvements ;
- Fixe pour chacune des zones hydrographiques, les stations de références de mesure de débits, les piézomètres de référence, et dans certains départements, les stations météorologiques de références ;
- Fixe les valeurs guides ou seuils de débits ou hauteur d'eau qui serviront de base, avec les prévisions météorologiques, au déclenchement des mesures ;
- Détermine des mesures de restriction ou d'interdiction par type d'usages.

L'arrêté sécheresse est un outil de gestion de crise en temps réel. Il prescrit la limitation de certains usages pour une période donnée.

Méthode

Nous avons récolté ces arrêtés auprès des DDT des quatre départements concernés par la zone d'étude (Isère, Ardèche, Drome et Loire) puis lu et déchiffré ces documents à l'aide d'entretiens téléphoniques avec le personnel concerné.

Résultat

Du point de vue de l'administration, la nappe du Rhône échappe aux mesures de restriction en cas de sécheresse.

Le Rhône et sa nappe sont soit en dehors du champ d'application de l'arrêté ou font l'objet d'un régime dérogatoire. En effet, aucun de ces documents ne prévoit ni surveillance du fleuve et sa nappe (absents de la liste des bassins de gestion), ni n'envisage de mesures de restriction des prélèvements sur cette zone.

On note également que :

- La différenciation entre eaux superficielles et eaux souterraines pour l'application des arrêtés n'est pas systématique ;
- Les arrêtés cadre de la zone d'étude sont relativement récents.

Le personnel des DDT et DREAL interrogé confirme n'avoir jamais expérimenté de mesures de restrictions des prélèvements sur la nappe du Rhône.

Le tableau ci-dessous présente les arrêtés cadre en vigueur et leur dans la zone d'étude :

Département	Numéro de l'arrêté	Année de mise en œuvre	Distinction Eaux superficielles / nappes	Eléments concernant le Rhône et sa nappe	Arrêtés préfectoraux
Ardèche	2010 - 169 - 9	2010	Non	"Pour le fleuve Rhône et sa nappe d'accompagnement, les modalités de gestion des usages de l'eau sont déterminées en cohérence avec les consignes coordonnées mises en place par le préfet coordonnateur du bassin Rhône-Méditerranée."	"Pour les usages utilisant exclusivement les ressources spécifiques identifiées (Rhône et sa nappe d'accompagnement), il conviendra de se référer aux modalités de gestion spécifiquement établies."
Drome	2012192-0023	2012	Oui	Le Rhône, sa nappe d'accompagnement et les contre-canaux du Rhône sont hors champ d'application de l'arrêté.	"Zone de gestion Rhône: Pas de mesures"
Isère	2010-03807	2010	Oui	"A l'intérieur des bassins de gestion ..., certains cours d'eau et leur nappe d'accompagnement, en particulier le Rhône, ..., peuvent faire l'objet de mesures spécifiques."	"(...) limiter provisoirement les prélèvements (...) à l'exception de ceux opérés à partir du fleuve Rhône et de sa nappe d'accompagnement"
Loire	DT-10-488	2010	Non	Le Rhône est hors champ d'application de l'arrêté.	"Prélèvement en nappe, dans un cours d'eau ou sa nappe d'accompagnement hors le fleuve Rhône (...)."

2.1.2.2 Du point de vue des usages préleveurs

METHODE

La question de l'existence de cas de limitation physique de prélèvement dû à un niveau trop bas de la nappe a été posée au cours des entretiens menés avec les principaux préleveurs et les chambres d'agriculture.

RESULTAT

Aucun cas de limitation de prélèvement dû à un niveau insuffisant de la nappe n'a été recensé sur la zone d'étude. De plus, les préleveurs interrogés témoignent n'avoir jamais été soumis à des restrictions dans le cadre d'arrêtés sécheresse.

2.1.2.3 Du point de vue des milieux naturels

Les écosystèmes protégés notamment par la Réserve naturelle nationale de l'Île de la Platière sont des forêts alluviales, avec trois exigences écologiques majeures sur lesquelles des évolutions sont effectivement constatées :

- Sol constitué d'alluvions : caractéristique stable ;
- Inondations régulière : caractéristique ayant diminué mais encore présente ;
- Relation très fréquente des systèmes racinaires avec la nappe : caractéristique en forte régression.

Ce dernier critère signifie qu'il existe des tensions sur la réponse aux besoins des milieux naturels vis-à-vis de la ressource souterraine en eau. Celles-ci se traduisent par exemple sur le Peuplier noir, avec deux cas de figure :

- Dépérissement anticipé, lorsqu'il s'est installé dans un contexte initial hygromorphe, par rapport au cycle sylvigénétique naturel qui veut qu'il soit remplacé à terme par des espèces à bois dur comme le Frêne l'Orme et le Chêne ;
- Tendance à végéter lorsqu'il s'est installé sur des terrains ayant déjà perdu leur connexion fréquente avec la nappe, qui correspond à une capacité d'adaptation connue de cette essence pionnière en mesure de coloniser des secteurs éloignés de la nappe mais sans faire de grands arbres.

Les deux tendances sont largement observées sur la Réserve naturelle. Elle sont notamment mise en évidence sur les placettes permanentes de suivi, qui fournissent des données sur la mortalité et les évolutions de diamètres depuis 1994 : La mortalité du peuplier noir est importante et leur accroissement en diamètre est inférieure à 0,5 cm/an (PONT comm pers;). Par comparaison, des peupliers noirs ayant colonisés les casiers girardon mis hors d'eau par la dérivation de 1977 et ayant poussé depuis en connection quasi permanente avec la nappe, atteignent aujourd'hui pour les plus gros un mètre de diamètre.

Ces constats posés aujourd'hui sur les peupliers noirs sont un indicateur de l'ensemble des peuplements alluviaux du secteur d'étude. Cet indicateur a même tendance à minimiser les problèmes de connection avec la nappe car cet arbre est le seul à pénétrer dans la couche de graviers, sous les alluvions fins. Sa capacité à trouver l'eau est donc supérieure à celle des autres essences. Ces constats traduisent donc globalement des déficits de connection avec la nappe, dus à son abaissement.

En somme, par rapport à la situation de référence que peut constituer l'année 1968, pour laquelle une carte piezométrique existe, les conditions stationnelles ont évolué, même si cela ne se traduit pas encore ou toujours très clairement au niveau des espèces ligneuses présentes. En effet, il existe un décalage temporel de la réponse des milieux à ce type de modifications, lié à la résilience particulière des grands arbres et à la durée du cycle sylvigénétique. La qualité de la croissance des arbres est un bon indicateur, mais leur survie ne l'est pas. Ce sont les conditions de croissance d'arbres comme le peuplier noir et l'accélération du cycle sylvigénétique qui indiquent l'existence de tensions récurrentes ou même permanentes sur la satisfaction des besoins de connection des essences alluviales avec la nappe.

La phase 3 de l'étude permettra d'analyser la meilleure manière possible de réduire ces tensions en optimisant la probabilité de réponse des peuplements alluviaux à des modifications des prélèvements.

2.1.3 Contexte hydrogéologique

2.1.3.1 Approche régionale

Les alluvions du Rhône ont fait l'objet de multiples descriptions (notices des cartes géologiques au 1 : 50 000, synthèses départementales et régionales). Nous proposons ici une vision intégrée de ces descriptions.

Sur son tracé depuis Condrieu jusqu'à Andancette, le Rhône présente une configuration particulière avec en rive droite les roches de socle du Massif Central et en rive gauche un contact très étendu avec les séries fluvio-glaciaires du Bas Dauphiné.

La vallée du Rhône est tapissée par des alluvions modernes sablo-caillouteuses et polygéniques. Leur surface est irrégulière, elle porte la trace des anciens bras du fleuve. Un limon de débordement argilo-sableux, plus ou moins micacé, forme une couverture superficielle discontinue. L'épaisseur des alluvions rhodaniennes est d'environ une vingtaine de mètres. Il est possible que la partie la plus profonde des alluvions corresponde à un matériel glaciaire simplement remanié par les eaux courantes. Le substratum est le Pliocène ou le socle cristallophyllien.

Les principales ressources aquifères sont celles des formations quaternaires du couloir rhodanien et de la Bièvre-Valloire.

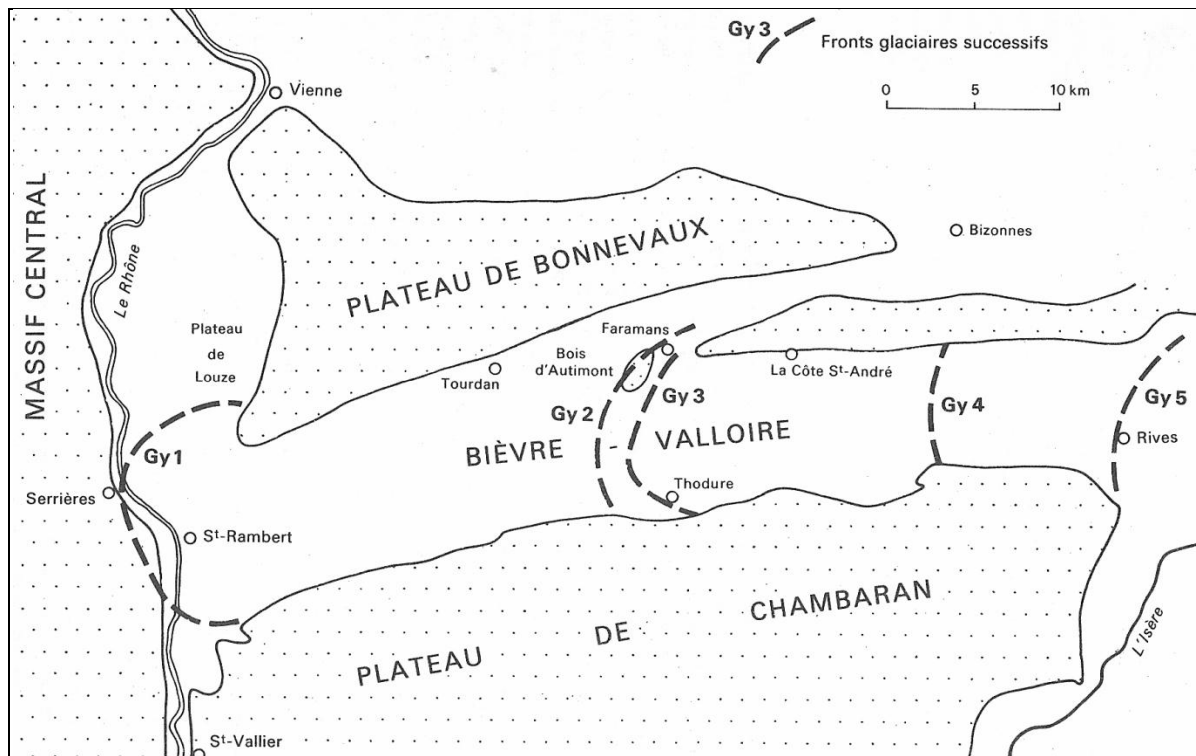
Les alluvions fluviales modernes et Wurmiennes constituent, de part et d'autre du fleuve, les formations aquifères les mieux connues et les plus exploitées. Leur épaisseur est de l'ordre de 20 à 30 m, pouvant atteindre 40 à 50 m, à la verticale des terrasses Wurmiennes. Les alluvions reposent sur les argiles pliocènes ou localement sur le socle granitique (rive droite du Rhône) ; leur perméabilité moyenne est de 10^{-3} m/s. La nappe est alimentée par le Rhône et par les versants, selon les secteurs et les périodes de crue ou d'étiage considérés. Ainsi, en rive gauche, du Péage-de-Roussillon à Sablons, l'action des pompages industriels (débit 6000 m³/h) créent un puissant cône de dépression du toit de la nappe, dont l'alimentation est assurée à la fois par le Rhône (surtout) et par les terrasses fluvio-glaciaires.

Entre Chanas et Saint-Rambert-d'Albon, l'apport de la nappe de la Bièvre-Valloire oriente le courant de la nappe vers le fleuve, tant en étiage qu'en crue. En rive droite du Rhône, de Limony à Peyraud, la nappe est alimentée en toute période, simultanément par le fleuve et le versant, puis par le Rhône jusqu'à Andance. Au Sud d'Andance et d'Andancette, l'alimentation de la nappe se fait en étiage par les petits cônes torrentiels de la rive droite ou par les terrasses, rive gauche. En période de hautes eaux, le Rhône recharge la nappe : son influence efface celle des versants.

La Bièvre-Valloire, large vallée d'origine glaciaire, possède un réseau hydrographique sous-dimensionné par rapport à la superficie de son bassin versant. Il en résulte une prédominance des écoulements souterrains sur ceux de surface, due à l'importance des infiltrations. En étiage, les rivières sont alimentées par des émergences de la nappe, telles l'Oron, la Veuze, l'Argentelle et le Dolon. Ces rivières se réinfiltrent rapidement ; seules les fortes crues traversent la basse Valloire par les exutoires du Dolon, des Collières et de l'Argentelle.

Les alluvions fluvio-glaciaires de cette vallée sont disposées en terrasses d'épaisseur comprise entre 30 et 50 m pour les formations FGy4 et FGy2 et de 15 à 30 m pour celles de FGys passant à 30-50 m à l'Ouest de Coinaud. La perméabilité de l'aquifère est en moyenne de 10^{-3} m/s pouvant atteindre localement 10^{-2} m/s. La nappe s'écoule vers l'Ouest en direction du Rhône qui en constitue son niveau de base, soit directement, soit par la nappe des alluvions modernes. Elle est subaffleurante dans le secteur de Manthes ; elle s'approfondit régulièrement vers l'Ouest pour atteindre 15 m au droit d'Anneyron, et 30 à 35 m au Sud de Saint-Rambert.

Figure 10 : Fronts glaciaires en Bièvre-Valloire (Chenevoy et al., 1976)



Les infiltrations des eaux de surface déterminent des variations du niveau piézométrique de 3 à 5 m, pouvant atteindre 10 m entre Manthes et Anneyron. Ces fluctuations s'atténuent près des zones d'émergences et du Rhône. Les sources issues de cet aquifère ont des débits élevés = sources de Manthes : 300 l/s ; du moulin de Golley à Chanas : 100 l/s et de l'Argentelle à Anneyron : 20 l/s (débits d'étiage).

Une récente étude piézométrique de l'aquifère démontre que les couloirs fluvio-glaciaires insérés dans le Miocène drainent la nappe de la molasse. Les sources issues de cette formation sont souvent de faible débit, mais pérennes.

De Pierre-Bénite jusqu'à Serrières, le système alluvial du Rhône est posé sur des roches de socle, en rive droite comme en rive gauche. Dans le secteur de Roussillon, le socle est masqué par des dépôts morainiques d'une vingtaine de mètres d'épaisseur, sur le plateau de Louze qui présente des altitudes supérieures d'environ 100 mètres par rapport à la plaine alluviale.

La vallée du Rhône est tapissée par des alluvions modernes sablo-caillouteuses et polygéniques. La surface est irrégulière, elle porte la trace des anciens bras du fleuve. Un limon de débordement argilo-sableux, plus ou moins micacé, forme une couverture superficielle, discontinue. L'épaisseur des alluvions rhodaniennes est d'environ une vingtaine de mètres. L'épaisseur des alluvions rhodaniennes est de 21 m à Saint-Fons pour atteindre graduellement 35 m vers Givors. Il est possible qu'une partie des alluvions, la plus profonde, corresponde à un matériel glaciaire simplement remanié par les eaux courantes.

Le substratum des alluvions est le Pliocène ou le socle cristallophyllien. Celui-ci peut même affleurer dans le lit du fleuve (Saint-Alban).

2.1.3.2 Approche des relations nappe rivière

Graillot et al. (2008, 2010) ont réalisé une étude globale sur les relations entre le Rhône et sa nappe alluviale. On y trouve les informations suivantes d'ordre général :

- Les alluvions modernes de la vallée du Rhône sont constituées d'un mélange hétérogène de sables, graviers et galets (incluant des niveaux argileux parfois tourbeux) d'une épaisseur allant de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, notamment à l'amont des étroits rocheux et au niveau des paléo chenaux. Tirat & al. (2006) considèrent des épaisseurs de 5 à 10 m comme faibles, de 10 à 20 m moyennes, de 20 à 30 m comme fortes et de plus de 30 m comme très fortes dans le contexte rhodanien. L'épaisseur des alluvions modernes diminue du Nord vers le Sud et de la rive gauche du Rhône vers la rive droite.
- La perméabilité horizontale de ses formations varie de 10^{-3} à 10^{-2} m/s. Elle peut atteindre 10^{-1} m/s (île du Grand Gravier, vallée du Garon ou vallée du Dolon) ou des valeurs plus faibles (10^{-4} m/s en Camargue, en rive droite à Saint-Vallier ou Tain-l'Hermitage).
- La perméabilité verticale, quant à elle, est 10 fois inférieure du fait de la structure stratifiée de l'aquifère. La transmissivité est comprise entre 10^{-1} et 10^{-2} m²/s et le coefficient d'emménagement entre 10 à 15% (5% sur certains secteurs).
- La couverture des limons est constituée de sables fins, silts et argiles d'une épaisseur de 2 à 8 m formant une couche protectrice (à la pollution par exemple) du fait de leur très faible perméabilité allant de 10^{-5} m/s à la base dans des horizons sableux à 10^{-7} à 10^{-9} m/s au sommet dans des horizons limoneux.
- La fluctuation de la nappe est de l'ordre de 3 à 4 m et peut être transmise sur de grandes superficies, même si le temps de réaction et l'amplitude diminuent quand on s'éloigne du fleuve.

Trois secteurs ont été particulièrement étudiés par Graillot et al. (2008, 2010) : le secteur de Brégnier-Cordon, le secteur de Péage-Roussillon, le secteur de Donzère Mondragon. Pour Péage de Roussillon, on y trouve les informations suivantes :

- Les alluvions sont de deux types : terrasses fluvioglaciales (grossières) et fluviales (sables, galets, localement limons qui les recouvrent sur au maximum 2 à 6 m) dont l'épaisseur varie de 20 à 30 m. La perméabilité moyenne est de 10^{-3} m/s. Des essais de pompage donnent de valeurs approchantes : essais de pompage OSIRIS (6.10^{-3} à 14.10^{-3} m/s) et essais de pompage à Limony (5.10^{-3} à $6,1.10^{-3}$ m/s).

Ces études permettent aussi d'appréhender la complexité et la variété des situations hydrogéologiques au droit des aménagements de la CNR.

- Ainsi, à Donzère Mondragon, le canal d'amenée entaille les alluvions sur toute leur épaisseur ; il est en position d'alimentation de la nappe sur sa rive droite mais il est lui même alimenté par la nappe sur sa rive gauche (effet barrage aux écoulements naturels). ce n'est pas le cas à Péage de Roussillon avec un canal de dérivation "posé" sur les alluvions, qui est ainsi en position d'alimenter la nappe sur ses deux rives.
- Bien que construites à partir de matériaux locaux, les matériaux des digues sont beaucoup moins perméables que les alluvions dont ils proviennent (Jacob, 1955). Selon Miche (1955), les berges du canal de dérivation (dignes) ont une perméabilité deux à quatre fois plus faible que la perméabilité moyenne des alluvions (2.10^{-3} m/s) car les matériaux ont été remaniés. La perméabilité varie selon le type de digues : digues perméables en alluvions remaniées : $K=10^{-3}$ m/s ; digues semi-perméables en tout-venant : $K=10^{-4}$ m/s ; digues imperméable en limon : $K=10^{-6}$ m/s. De plus, il y a un colmatage rapide par dépôts des limons du Rhône. Ainsi, quelques mois après la mise en service les fuites des digues du canal de dérivation sont estimées à $1\text{m}^3/\text{s}/\text{km}$. Le fond du canal quant à lui est considéré imperméable du fait de la disposition horizontale des bancs d'alluvions et du colmatage par les limons du Rhône.

2.1.3.3 **Éléments de connaissance sur la géométrie locale du réservoir**

La géométrie locale du réservoir alluvial peut être déduite du croisement de plusieurs sources :

- La carte des isohypses des alluvions.
- Les données de forage de la BSS.
- Les cartes géologiques au 1 : 50 000.

La carte des isohypses du mur des alluvions (données BRGM) permet de bien délimiter la géométrie du corps alluvial et de donc de bien identifier les formations en contact latéralement avec les alluvions.

La consultation des cartes géologiques permet de confirmer les éléments suivants :

- Les formations rive droite sont des roches plutoniques massives de type anatexites ou leptynites granitoïdes.
- Les formations en rive gauche, qui forment les collines (220 à 206 m NGF) du plateau de Louze qui surplombent la plaine alluviale (autour de 140 m NGF), sont constituées en subsurface de sédiments morainiques assez épais (30 à 50 m, à faciès glacio-lacustre) qui recouvrent localement les argiles bleues, lagunaires, du Pliocène inférieur : les rares forages sur les formations glaciaires au NO de Roussillon recoupent sous ces dépôts sablo-graveleux des marnes ou argiles pliocènes (jusqu'à 200 m NGF environ) ; les molasses sous-jacentes ne sont pas recoupées. On voit aussi poindre sous ces argiles ou sous les moraines (au Nord de Péage-de-Roussillon) de la molasse miocène mais le faciès dominant n'est pas précisé. Cette disposition géométrique laisse à penser qu'au Nord de Péage-de-Roussillon, les alluvions quaternaires sont en contact avec la molasse miocène. À partir de Péage-de Roussillon, on voit clairement affleurer (entre 170 et 220 m NGF) le Pliocène argileux jusqu'au lieu-dit les Bergers, plus au Sud. On observe de nouveau la molasse miocène sous le faciès dominant de sables fluviatiles, à l'affleurement (entre 150 et 170 m NGF) au Nord de Chanas. A partir de Chanas et jusqu'à St Ramber d'Albon, les alluvions du Rhône sont en contact avec les alluvions fluvio-glaciaires du sillon de Bièvre-Valloire.

Ajoutons que le corps alluvial est composé en rive droite et dans le lit mineur de graves et sables modernes ; en rive gauche, on observe la présence en continuité avec les alluvions modernes, d'une terrasse fluvatile datée du Würm, composé d'environ 20 m de petits galets enrobés dans une matrice sableuse. C'est un point important : il est probable que ces alluvions soient moins perméables (d'un facteur 10 ?) et elles ne sont pas recouvertes par des limons comme dans la plaine d'inondation.

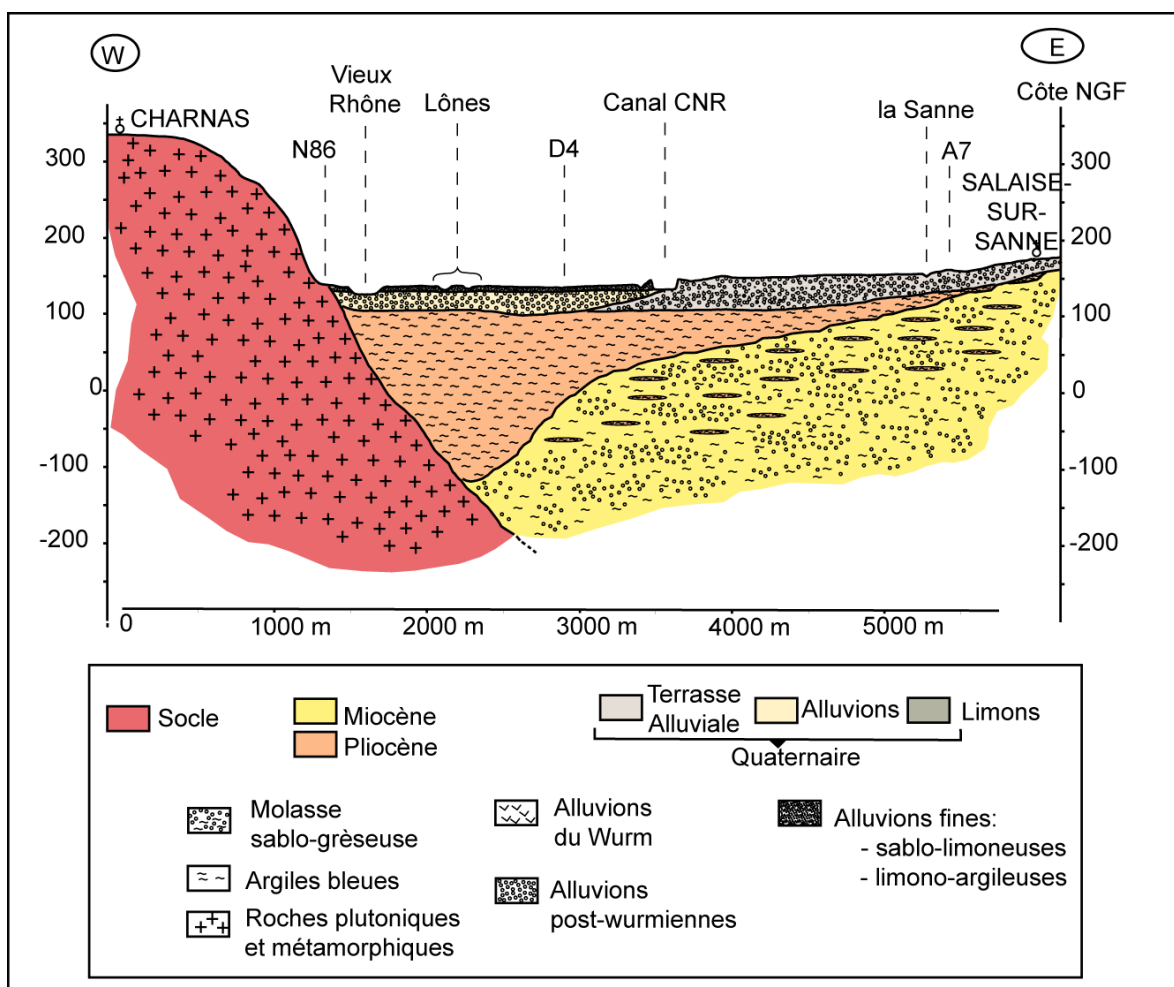
La consultation de la BSS du BRGM indique bien, sur une dizaine de forages profonds renseignés et validés pour toute la plaine alluviale, un substratum constitué par les argiles bleues du Pliocène, avec un contact relativement plat (cf. figure ci-dessous).

La coupe ci-dessous permet d'illustrer la géométrie en 3D du système étudié. On insistera sur les points suivants :

- Continuité hydraulique entre alluvions du Würm et alluvions modernes.
- absence de dépôts limoneux significatifs sur les terrasses anciennes.
- Epaisseur importante des argiles bleues qui ont été recoupées par un forage profond sur plus de 150 m au niveau de St Rambert d'Albon.
- Incertitudes sur les limites latérales, avec soit un contact franc avec la molasse miocène, soit un contact masqué par les argiles bleues.
- Continuité des alluvions modernes sous le Rhône libre (incision morphologique de 3 à 5 m pour une épaisseur de réservoir de 20 à 30 m).

La géométrie des dépôts d'alluvions modernes (lônes, épaisseur des limons, etc...) devra être précisée en phase 2 et 3 de l'étude.

Figure 12 : Coupe géologique schématisée du système hydrogéologique.



L'approche structurale du réservoir montre ainsi que l'on a quatre types de formations en contact avec la nappe, susceptibles de contribuer à son alimentation :

- Les argiles bleues du Pliocène réputées imperméables.
- Les formations de socle réputées peu perméables, en ordre de grandeur, mille fois moins perméables que les alluvions modernes.
- Les sables molassiques réputés perméables (en ordre de grandeur, cent fois moins perméables que les alluvions modernes).
- Les sédiments fluvioglaciers (en ordre de grandeur, au moins aussi perméables que les alluvions modernes du Rhône).

Figure 13 : Perméabilités des séries aquifères de l'Est Lyonnais (Collin et al., 1973)

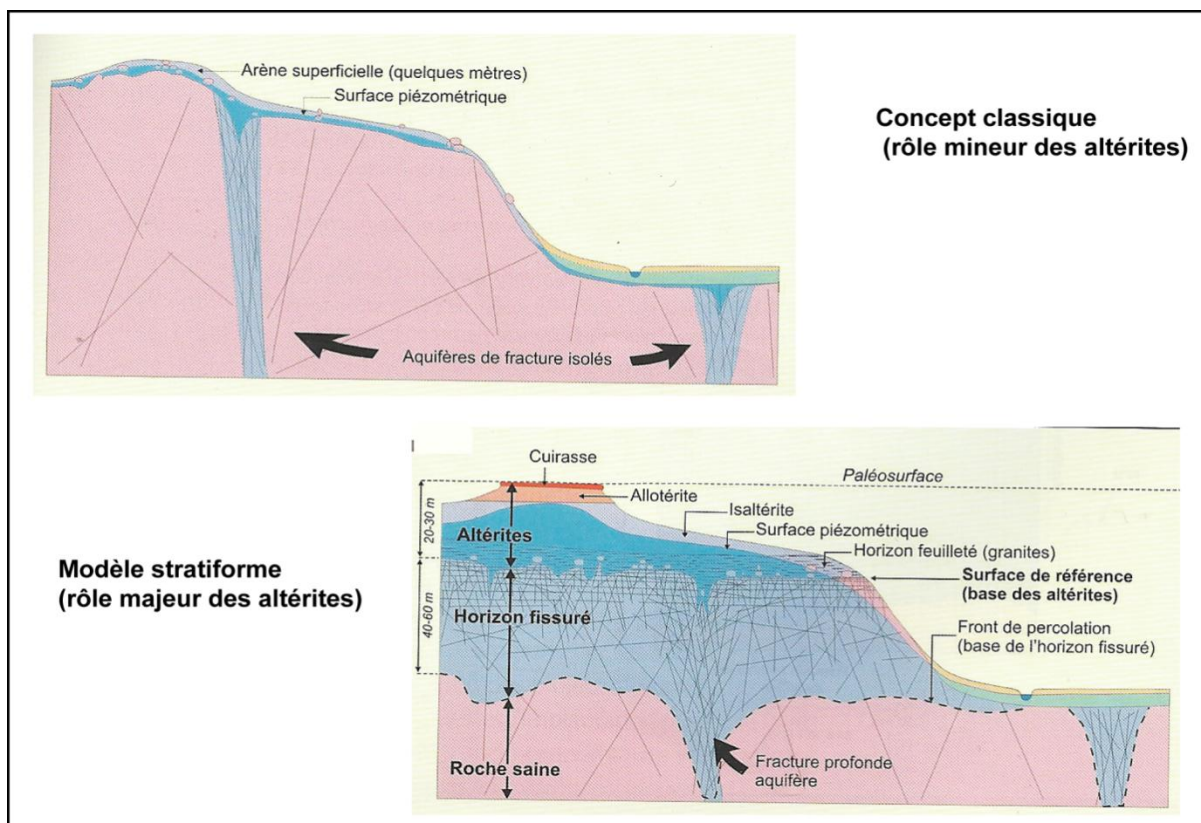
Formation	Fourchette	valeur moyenne
Molasse	$1 \cdot 10^{-4}$ à $2 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Glaciaire	10^{-5} à 10^{-3}	
Fluvioglacière	$2 \cdot 10^{-3}$ à $2 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$
Alluv. modernes	$2 \cdot 10^{-3}$ à $1 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-3}$

Les sables molassiques et les alluvions fluvioglaciers présentent des comportements hydrogéologiques de milieux poreux. Il est donc possible en première approximation d'estimer les apports de ces formations à la nappe alluviale, avec la formule de Darcy, sous réserve de connaître la surface d'échange, le gradient hydraulique et les perméabilités de ces formations.

Des ordres de grandeur des caractéristiques géométriques et hydrogéologiques des formations molassiques peuvent être trouvés dans des travaux de recherche ou d'étude récents (Roudier P., 1987 ; Bel F., 1998 ; Lalbat F., 2006 ; Salquebre D., Valencia G., Cadilhac L., 2008 ; De La Vaissière, 2006 ; Cave, 2011). Idem pour les caractéristiques géométriques et hydrogéologiques des formations fluvioglaciers (Burgeap ; 2009 ; BURGEAP, 2010 ; SAFEGE, 2011 ; SOGREAH et al., 201 ; SOGEAH, 2012).

Les apports des formations fissurés sont plus difficiles à caractériser. Les aquifères de socle sont caractérisés par une perméabilité de fissures et de fractures. Ils sont considérés comme des aquifères discontinus et hétérogènes. Des recherches récentes dans la région du Massif central (Lachassagne et Wyns, 2005) mais aussi sur le craton africain (CEFRIGE , 1990) ont permis de faire émerger des modèles conceptuels, plus élaborés, sur ce type d'aquifère. Les figures ci-dessous illustrent ces modèles ; on peut y voir l'importance ou non du développement des altérites.

Figure 14 : Modèles conceptuels des aquifères de socle (d'après Lachassagne et Wyns, 2005).



Dans le cas du secteur de l'Île de la Platière, il paraît raisonnable de poser l'hypothèse d'une alimentation latérale des alluvions modernes par les roches fissurées en rive gauche. Précisons qu'il est très difficile en raison du caractère hétérogène de ce type de réservoir de quantifier ces apports.

2.1.3.4 *Éléments de connaissance proposés dans la synthèse HORIZONS (1994)*

Une synthèse hydrogéologique locale est proposée en 1994 par HORIZONS.

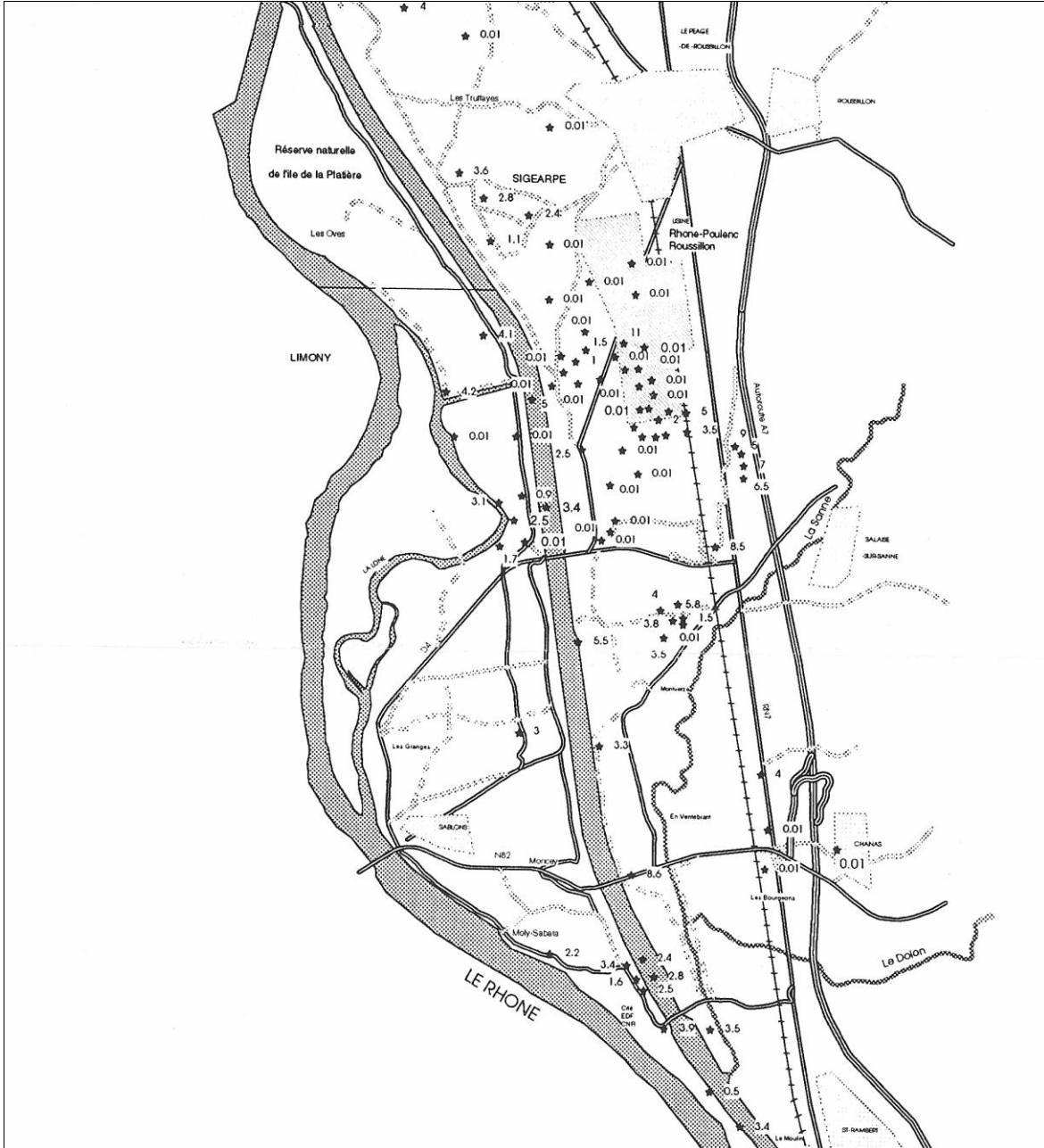
Le secteur étudié s'étend de Condrieu à St Rambert d'Albon. Cette synthèse repose sur l'exploitation des données existantes (dont les données de forage de la BSS, de la CNR, ... pour plus de 500 points renseignés), la réalisation de 120 sondages électriques et une première modélisation hydrodynamique en régime permanent.

On y trouve les informations suivantes, utiles à notre étude :

- Confirmation de la présence quasi systématique des argiles bleues comme substratum aux alluvions.
- Carte du mur des alluvions.
- Carte des perméabilités.
- Carte d'épaisseur de recouvrement argileux. On y observe bien une différence forte entre terrasses anciennes, caractérisées par un faible recouvrement argileux, et les alluvions modernes, dans le lit majeur, avec des recouvrements qui varient de 1 à 3 m d'épaisseur.

Les données géologiques exposées dans cette synthèse sont cohérentes avec celles proposées dans le chapitre relatif à la géométrie du réservoir.

Figure 15 : Carte des épaisseurs de recouvrement argileux - points renseignés (d'après HORIZONS, 1994).



Concernant les relations nappe-rivière, il est proposé les hypothèses suivantes :

- Le canal de dérivation serait colmaté significativement et les apports à la nappe seraient négligeables.
- La retenue amont est étanche.
- Les apports des affluents et de leur appareil alluvial doivent être considérés comme inconnus.
- Le canal de fuite est peu colmaté et draine la nappe alluviale.

Dans l'approche de modélisation, les apports des coteaux sont représentés de la façon suivante :

- Bordure Est, apports indifférenciés de 10 l/s/km.
- Bordure, apports des alluvions de la Biève, de la Sanne et de la Varèze de l'ordre de 1000 l/s/km.
- Les cours d'eau des affluents sont considérés comme partiellement colmatés (coefficient d'échange de l'ordre de 10^{-6} m²/s) ; le canal de dérivation est supposé colmaté (coefficient d'échange de l'ordre de 10^{-8} m²/s). Avec ces hypothèses, on observe des anomalies piézométriques sous les affluents mais pas sous le canal de dérivation. Pourtant le bilan obtenu après simulation montre une alimentation par le canal colmaté, de première importance ; ceci s'explique par des surfaces d'échange très étendues.

Figure 16 : Bilan de la nappe en régime permanent (d'après HORIZONS, 1994).

Flux entrant		Flux sortant	
Pluie	800 m ³ /h	Pompages	-8 900 m ³ /h
Apports de versant	1 800 m ³ /h		
Sanne	400 m ³ /h		
Dolon	180 m ³ /h		
Varèze	450 m ³ /h		
Nappes Varèze et Sanne	400 m ³ /h		
Canal de dérivation	5 300 m ³ /h		
Lône Platière amont	1 400 m ³ /h		
Lône Platière aval	290 m ³ /h		
Vieux Rhône	2 200 m ³ /h	Vieux Rhône	-4 600 m ³ /h
Contre canaux	1 000 m ³ /h	Contre-canaux + lône	-2 700 m ³ /h
Bièvre (hors canal)	2 000 m ³ /h		

On notera l'apport négligeable lié à l'infiltration des eaux de pluie (environ 5 % des alimentations).

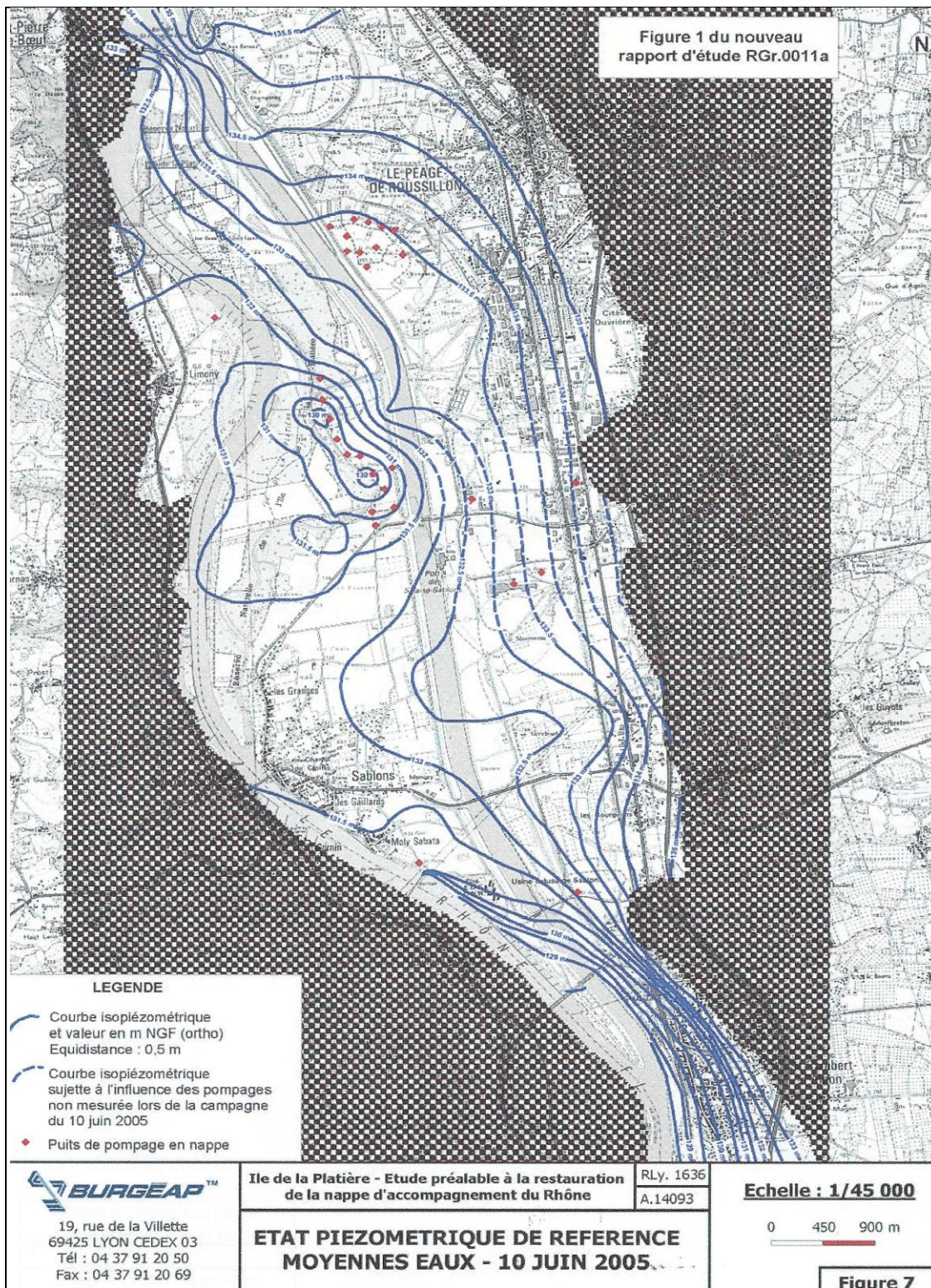
2.1.3.5 *Éléments de connaissance proposés dans les approches BURGEAP (2007)*

En amont du travail de modélisation en régime permanent et transitoire, BURGEAP propose une synthèse du contexte hydrogéologique du secteur d'étude. En complément aux éléments déjà exposés sur la géométrie du réservoir alluvial et sur les relations avec les encaissements, on y trouve un nombre important d'éléments d'information utiles à notre étude :

- Description précise des aménagements CNR.
- Description des lônes.
- Description des affluents. Les données montrent que la Sanne, le Dolon et le ruisseau des Collières sont perchés par rapport à la nappe.

De plus, dans le cadre de cette étude, il a été réalisé une carte piézométrique à partir des données récoltées sur 60 piézomètres et sur 13 échelles limnimétriques, les 9 et 10 juin 2005. Notons une densité élevée de points de mesure entre le canal d'amenée et le Vieux Rhône ; la partie orientale de la plaine alluviale est moins instrumentée.

Figure 17 : Carte piézométrique de référence, juin 2005 (BURGEAP, 2007a).



2.1.3.6 Éléments de connaissance apportés par les études GEO INVESTIGATIONS (1997)

Ce BE a mis en place une série d'investigations de détail dans la plaine de Limony. On y trouve une série d'informations très utiles pour comprendre les relations entre les affluents et la nappe alluviale du Rhône :

- Les terrains de couverture présentent toujours des faciès à dominante sablo-argileuse (K mesurée de 10^{-5} à 10^{-6} m/s).
- Les alluvions du Limony sont plutôt sableuses avec des perméabilités de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-5} m/s. De ce fait, le niveau de la nappe se situe environ 6 m au dessous du fil d'eau du Limony.
- Perméabilités mesurées sur les alluvions sablo-graveleuses : de 3 à $8 \cdot 10^{-3}$ m/s. Porosité cinématique de 6 à 8%.

À noter qu'il est fait mention de variations de plus 60 cm de la ligne d'eau du Rhône, lors d'une même journée (pendant l'essai par pompage sur un nouveau puits), à cause de la gestion de la chaîne hydro électrique. L'essai longue durée réparti sur 5 jours, montre des variations journalières de la ligne d'eau de +/- 10 cm.

2.1.4 Données de piézométrie

Durant cette phase, nous avons fait la collecte et l'analyse des données piézométriques disponibles sur le secteur d'étude.

2.1.4.1 Origine des données

Les données récoltées proviennent de quatre sources différentes :

- Association des Amis de l'Île de la Platière.
- Compagnie Nationale du Rhône.
- GIE OSIRIS.
- École des Mines de St Etienne.

École des Mines de St Etienne :

Dans le cadre de son travail de thèse, E. Lalot a équipé six piézomètres d'enregistreur en continu. Les données ont été récoltées au pas de temps horaire de mars 2012 à juin 2013.

Association des Amis de l'Île la Platière :

Cette association assure le suivi environnemental de la Réserve Naturelle depuis la fin des années 1980. Elle dispose de nombreuses mesures de piézométrie manuelle, en général mensuelles, depuis cette époque. Ces mesures sont réalisées sur l'ancien réseau CNR, implanté avant l'aménagement hydroélectrique.

Dans les années 1990, les piézomètres suivis étaient principalement localisés dans la Réserve. À partir de 2000, le réseau a été étendu à la plaine de Sablons. Depuis 2005, les relevés ont été restreints à la période allant d'avril à septembre (période de forte sensibilité de la végétation).

À noter qu'un piézomètre est équipé d'un capteur de mesures depuis 1994.

GIE OSIRIS :

Dans le cadre de sa politique de surveillance environnementale, le GIE OSIRIS assure de façon mutualisé pour toutes les installations industrielles, les mesures de piézométrie sur et autour de la plateforme industrielle.

Près de 60 point de surveillance sont ainsi relevés aujourd'hui avec une fréquence trimestrielle.

Compagnie Nationale du Rhône :

À ce stade de l'étude, la CNR ne nous pas encore transmises ses données de piézométrie. La description proposée ici est donc reproduite du travail de thèse de Lalot (2014).

La CNR mesure ponctuellement, avec une fréquence trimestrielle, les niveaux de nappe sur tous ses piézomètres. Ces campagnes de mesures ont pour but principal de surveiller les niveaux piézométriques au sein des digues afin de repérer les fuites éventuelles. D'une manière générale, la CNR surveille les modifications du niveau de la nappe en lien avec les aménagements hydrauliques du Rhône. Elle dispose également d'une quinzaine d'enregistreurs en continu sur la zone (ce nombre a fortement varié dans le temps). La fréquence de mesure de ces enregistreurs est comprise entre quelques minutes et 6 heures.

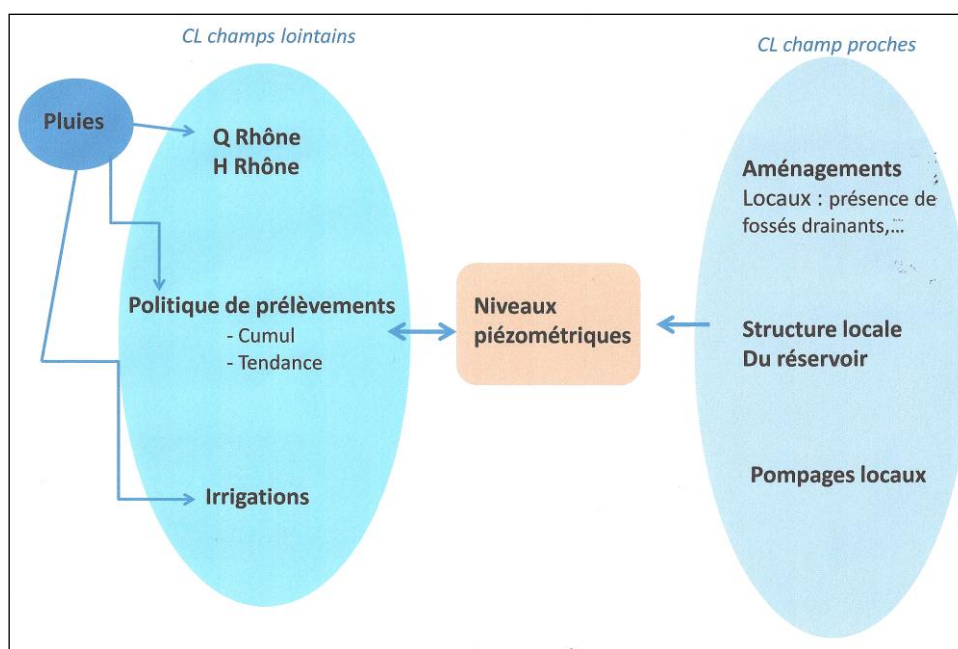
2.1.4.2 Contextualisation des données

Il est prévu qu'une première analyse des comportements hydrogéologiques observés sur ces chroniques soit proposée :

- Les étiages peuvent ainsi être sommairement décomposés en des périodes et des minima d'étiage, pour chacune de ces chroniques.
- De plus, il nous semble important de replacer les piézomètres dans le contexte des aménagements et des aires d'influence des pompages. Ce sont en effet deux facteurs qui sont susceptibles de contraindre et/ou d'influencer les variations piézométriques.

Il s'agit ainsi de contextualiser les données en mettant en évidence les phénomènes susceptibles d'expliquer les variations piézométriques enregistrées.

Figure 18 : Paramètres explicatifs potentiels des variations piézométriques.



Idealement, il s'agit donc principalement de replacer les piézomètres dans la sectorisation retenue dans l'étude ; or, cette sectorisation doit faire l'objet d'une validation en fin de phase 1. De plus, nous ne disposons toujours pas des données de la CNR à ce jour.

Pour ces raisons, nous proposons de décaler la mise en forme des données piézométriques sous la forme d'un atlas piézométrique en fin de phase 2. Rappelons que l'ensemble des données utiles sera alors consigné dans un rapport spécifique (atlas des données piézométriques). On pourra y trouver les informations suivantes pour chaque piézomètre :

- Situation géographique.
- Propriétaire, facilité d'accès (selon position sur carte IGN au 1 : 25 000 : il est entendu qu'au vu des délais de l'étude, nous ne ferons pas une reconnaissance systématique de chaque piézomètre), ..
- État et qualité des équipements.
- Courbes caractéristiques
- Caractérisation des étiages.

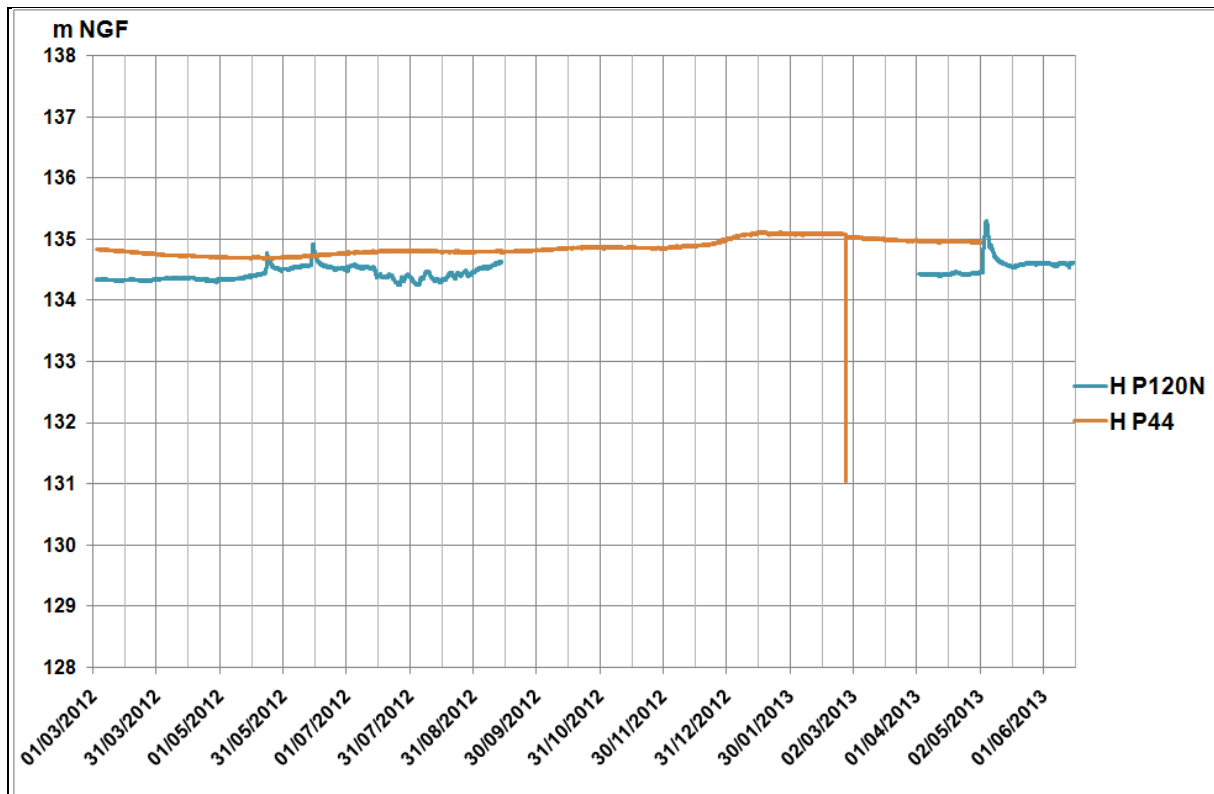
2.1.4.3 Présentation des données récoltées

Données de l'École des Mines de St Etienne :

La figure ci-dessous permet de localiser les piézomètres équipés de capteurs par l'EMSE.

Deux d'entre sont situés en rive gauche du canal de dérivation. On observe de très faibles fluctuations piézométriques.

Figure 19 : Chroniques piézométriques en rive gauche du canal de dérivation (suivi par l'EMSE).



Les quatre autres sont localisés sur l'Île de la Platière. Notons qu'un des capteurs posés a fourni des données jugées inexploitable par E. Lalot en charge du suivi ; elles ne sont donc pas présentées ici.

Les variations sont là beaucoup plus marquées car directement influencées par la ligne d'eau dans le Rhône libre.

Figure 20 : Localisation des piézomètres suivis par l'EMSE.

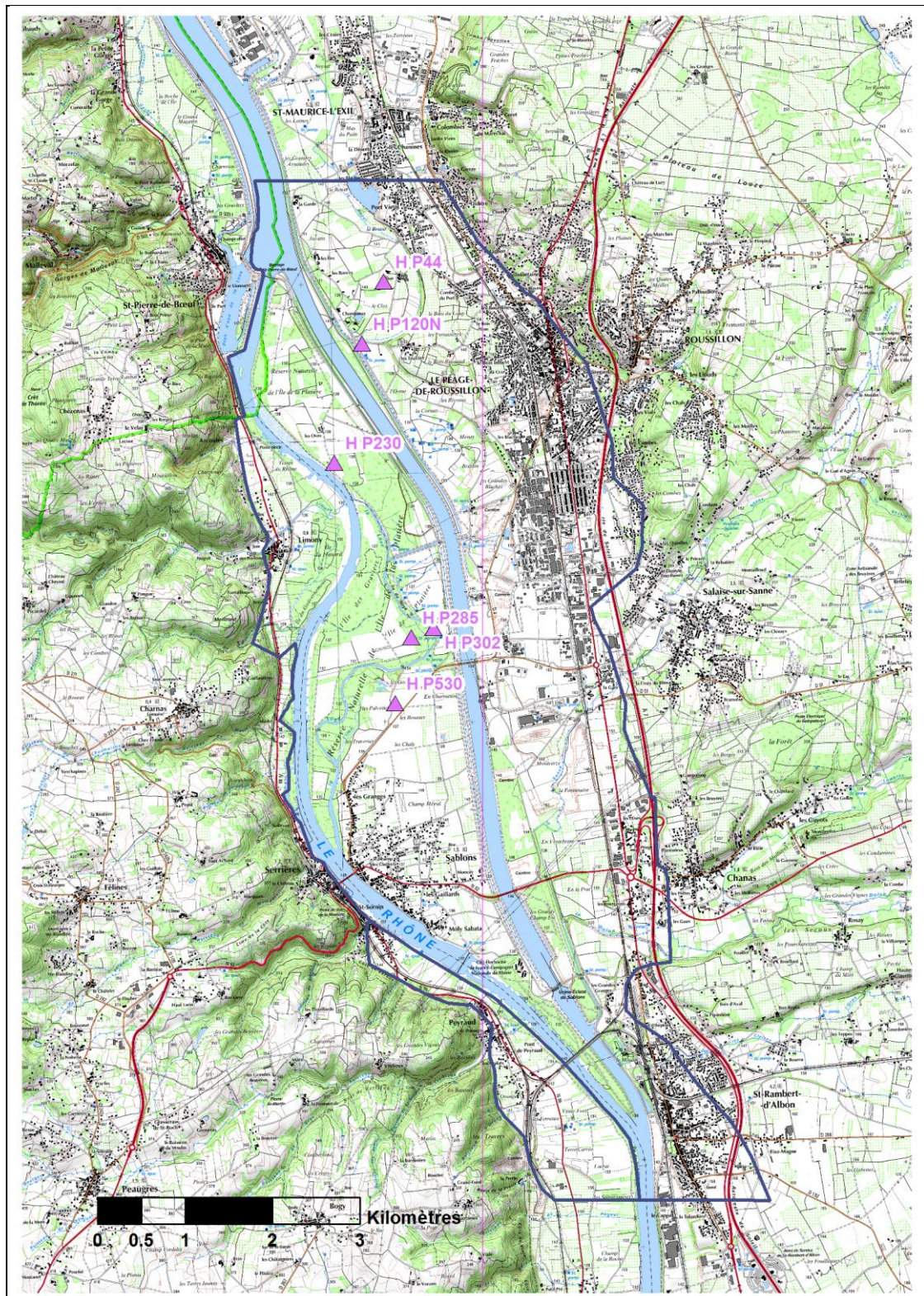
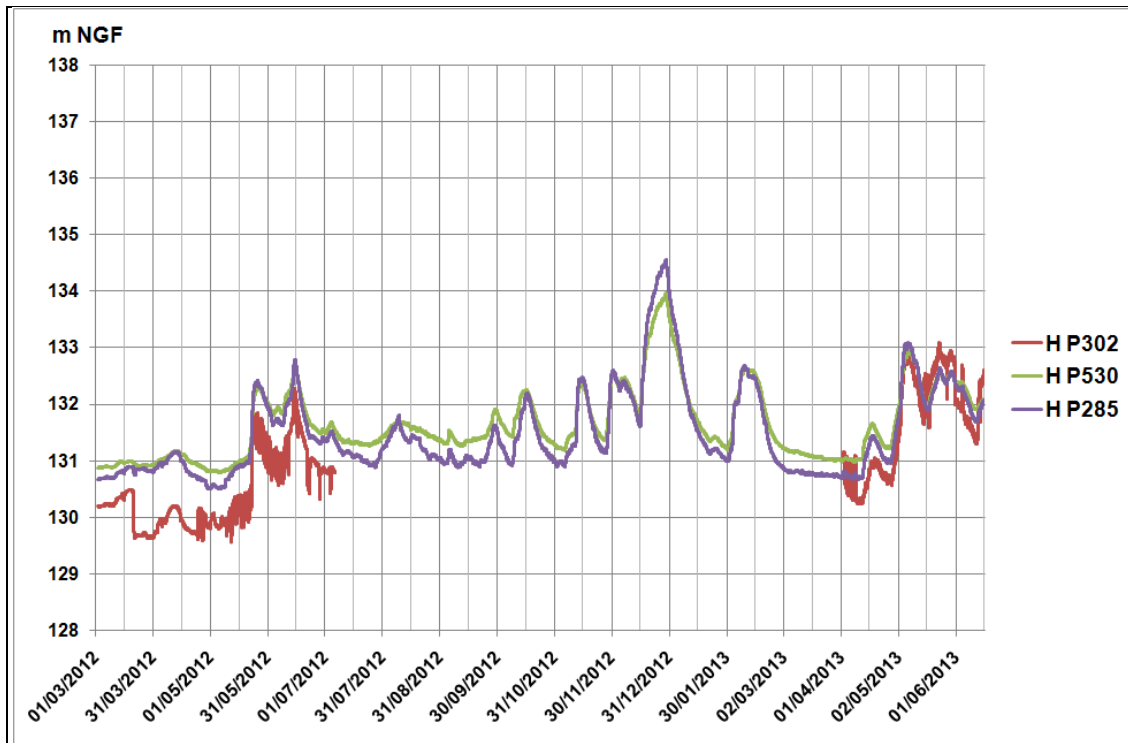


Figure 21 : Chroniques piézométriques sur l'Île de la Platière (suivi par EMSE).



Données de l'Association des Amis de la Platière :

La figure ci-dessous permet de localiser les piézomètres suivis depuis 1980. Ce suivi couvre de nombreux secteurs :

- Partie Nord de l'Île de la Platière.
- Partie centrale de l'Île de la Platière.
- Partie Sud de l'Île de la Platière (plaine de Sablons).
- Secteur de Limony.

Rappelons que les chroniques sont rarement complètes depuis 1980 ; de plus, les relevés se font sur certaines périodes récentes uniquement pendant le printemps et l'été. Pour permettre une bonne vision de la complétude des données, les courbes sont représentées par des points. De plus, elles sont ici présentées sur la période utile à l'EVP (de 2005 à 2013).

Dans une première analyse, on peut faire les observations suivantes :

- Bien que relativement hétérogène (forte densité de piézomètres dans la partie centrale de l'Île), les données récoltées par l'AAP permettent une bonne couverture de tous les secteurs situés en rive droite du canal de dérivation.
- À ce pas de temps, il est difficile de qualifier les variations piézométriques de court terme qui sont liées aux variations de la ligne d'eau dans le Rhône.
- On observe une tendance depuis plusieurs années à une augmentation des niveaux piézométriques dans la partie centrale et Sud de l'Île. A contrario, les niveaux piézométriques de basses eaux mesurés dans la partie Nord et sur le secteur de Limony sont relativement constants.

Figure 22 : Localisation des piézomètres suivis par l'AAP.

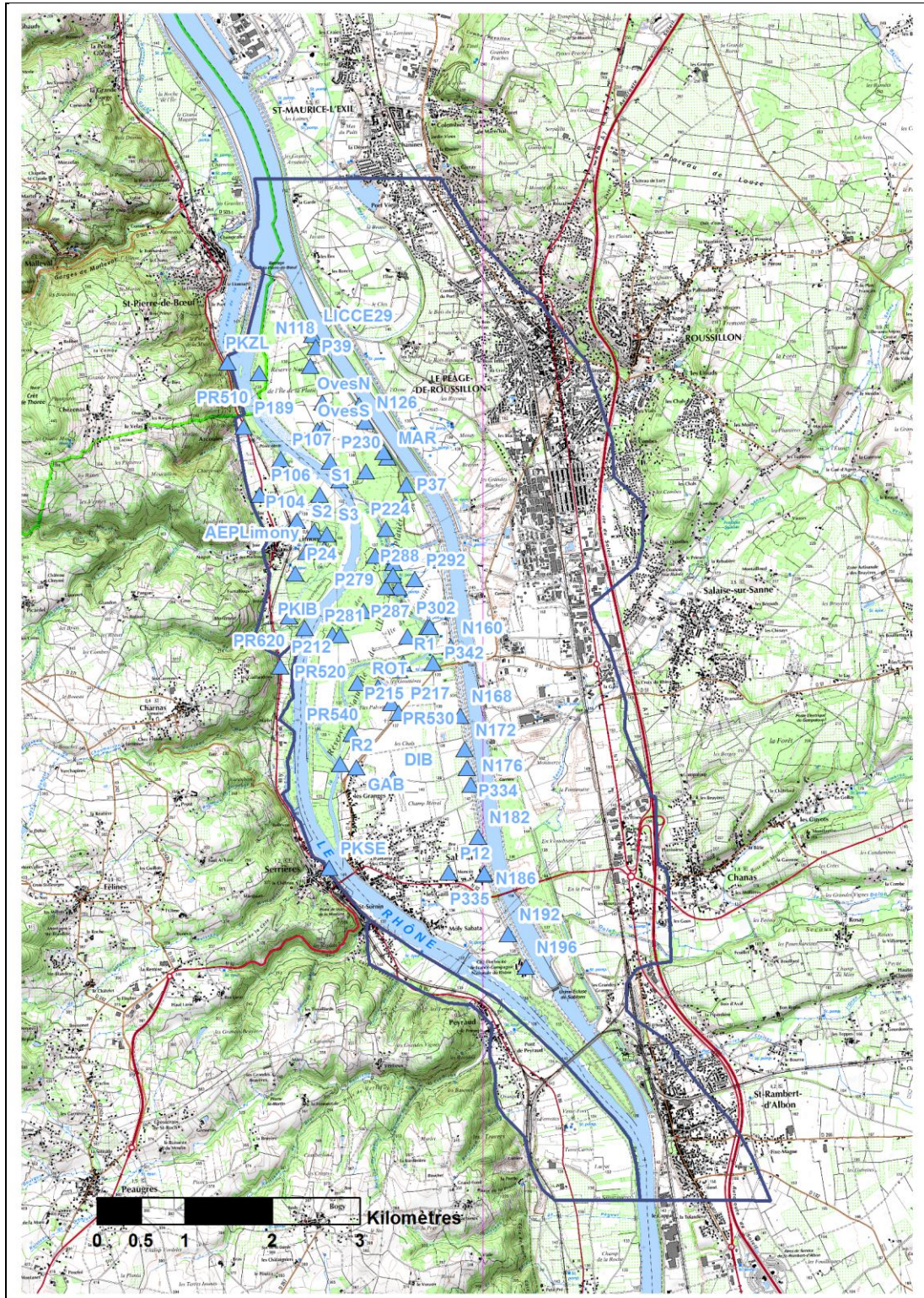


Figure 23 : Chroniques piézométriques sur la partie Nord de l'Île de la Platière (suivi par AAP).

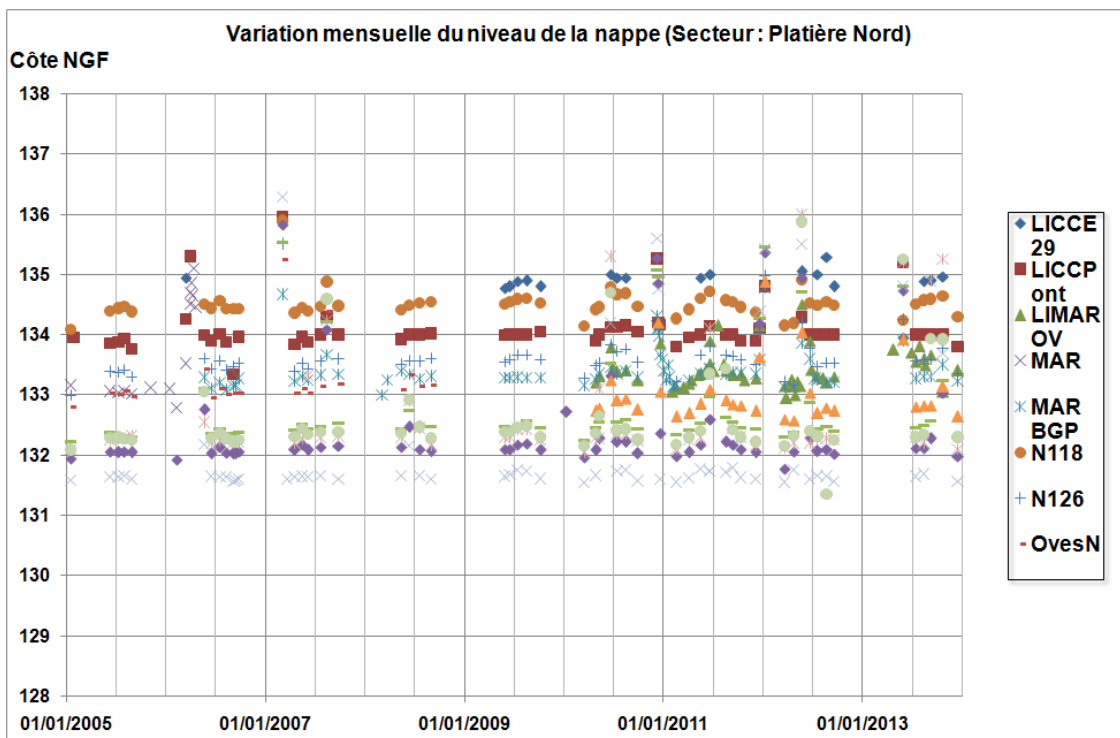


Figure 24 : Chroniques piézométriques sur la partie centrale de l'Île de la Platière (suivi par AAP).

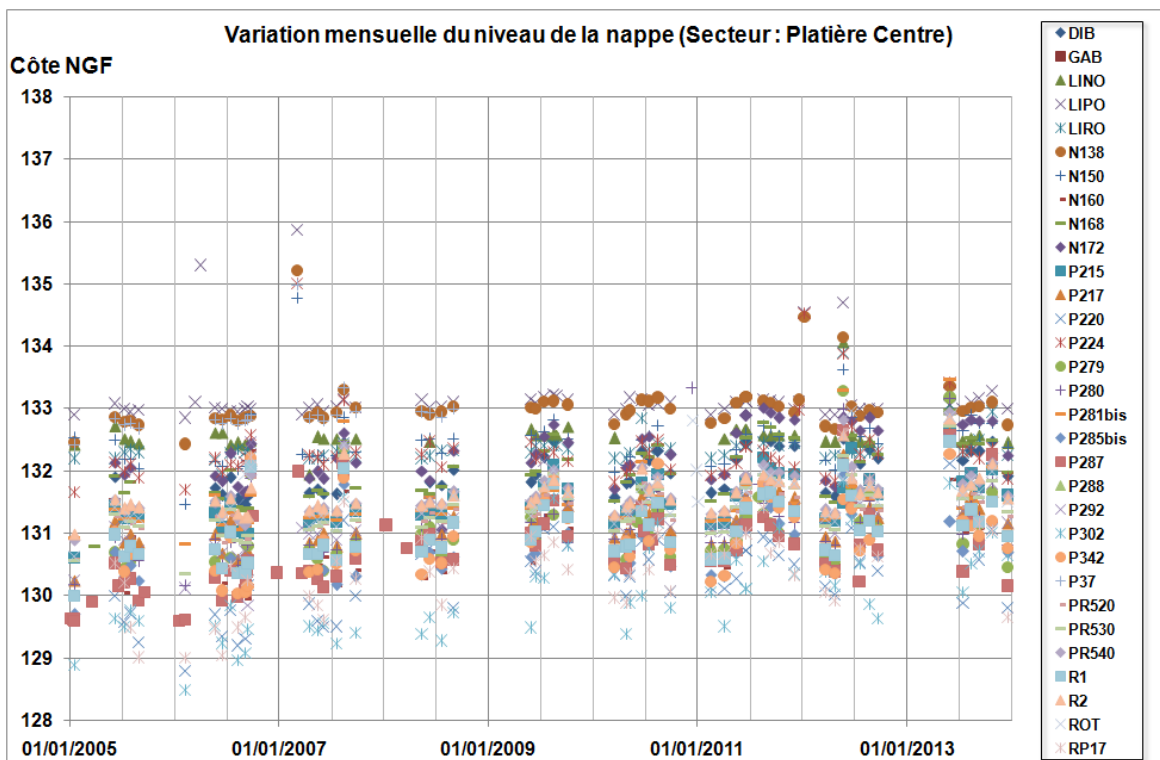


Figure 25 : Chroniques piézométriques sur la partie Sud de l'Île de la Platière (suivi par AAP).

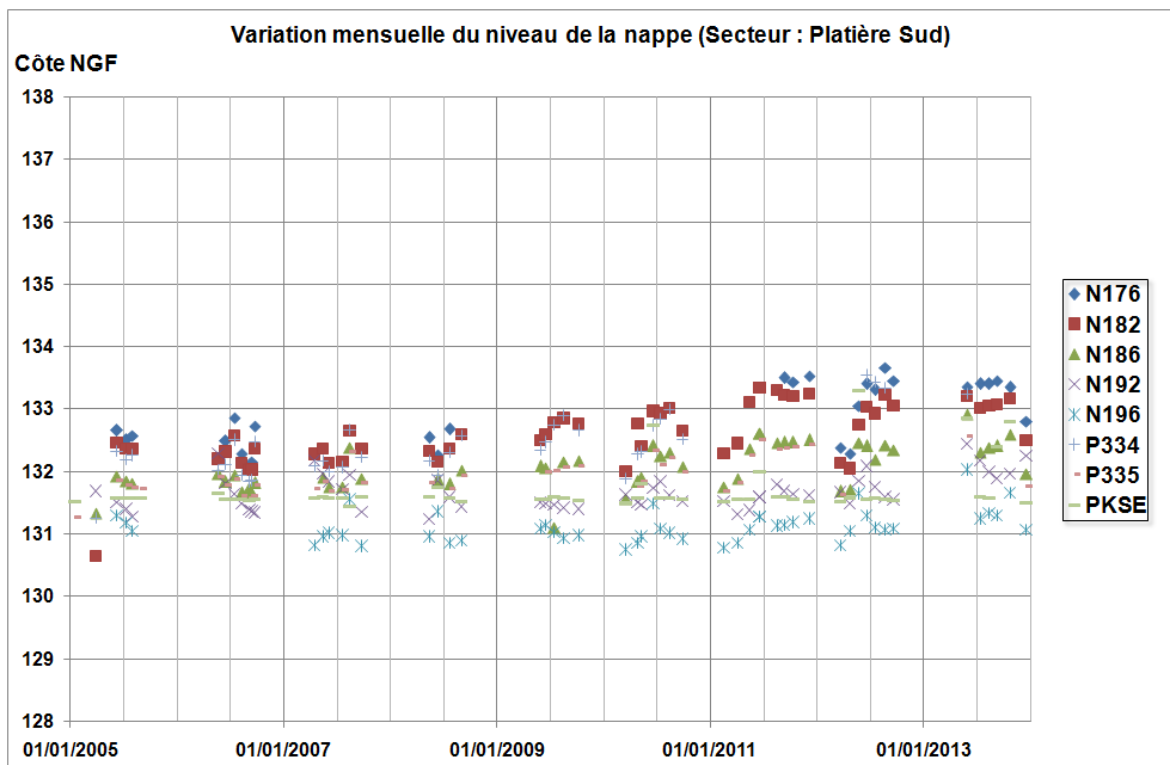
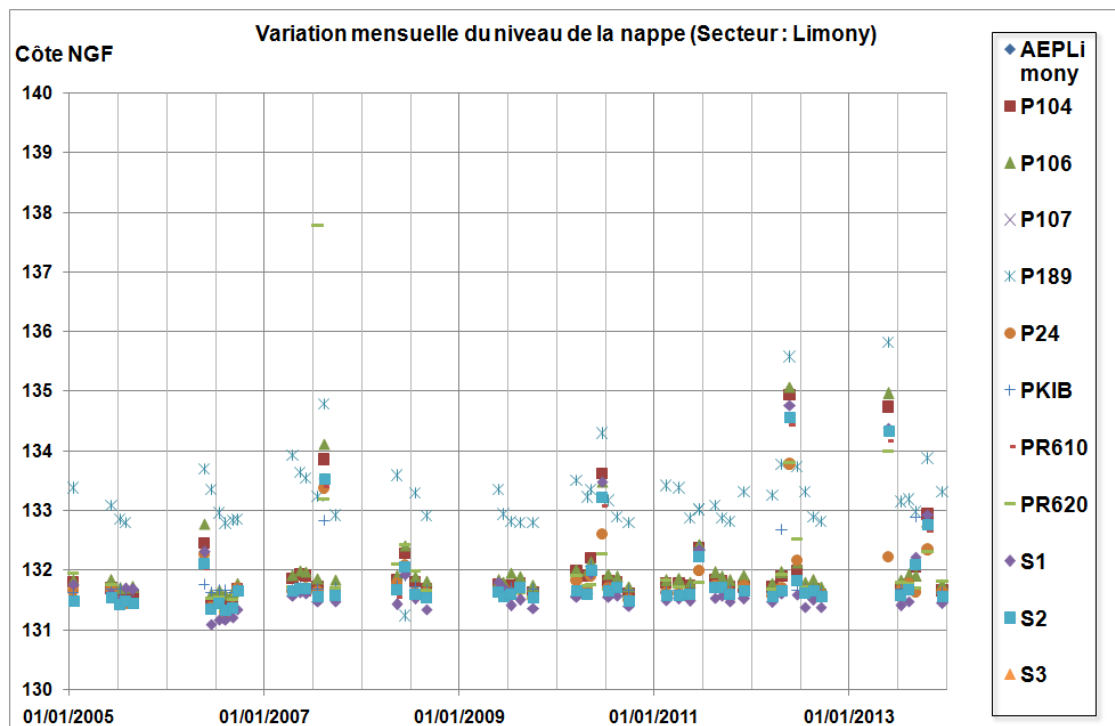


Figure 26 : Chroniques piézométriques sur le secteur de Limony (suivi par AAP).



Données du GIE OSIRIS :

La figure ci-dessous permet de localiser les piézomètres suivis par le GIE depuis le début des années 2000. Ce suivi couvre principalement trois secteurs :

- Partie Nord de la plaine alluviale en rive droite du canal de dérivation, sous influence des champs captants du SIGEARPE et d'OSIRIS Nord.
- Partie centrale de la plaine alluviale en rive droite du canal de dérivation (plateforme OSIRIS).
- Partie centrale de l'Île de la Platière (bordure du champ captant).

Notons que pour ces données relevées manuellement tous les trimestres, la profondeur des données disponibles est très variable :

- Pour le suivi en rive gauche du canal de dérivation, on observe une montée en puissance du dispositif de suivi depuis le début des années 2000.
- Pour le suivi sur l'Île de la Platière, on observe un abandon du suivi qui s'étale de 2005 à fin 2008.

Notons aussi que dans le secteur Nord, sous influence forte des champs captant, on observe bien de fortes variations piézométriques, probablement liées aux variations dans les débits prélevés. Mais on note aussi une légère tendance à l'augmentation des niveaux piézométriques moyens ; cette tendance est aussi observée sur les piézomètres situés en partie centrale de la plaine alluviale.

Pour ces piézomètres, on observe aussi des variations courtes, probablement liées aux opérations de pompage ou d'injections, mises en œuvre dans le cadre des plans de dépollution des sols ou de la nappe, engagés depuis 2005 par le GIE OSIRIS en partenariat avec la DREAL.

Figure 27 : Chroniques piézométriques sur la partie centrale de l'Île de la Platière (suivi par GIE OSIRIS).

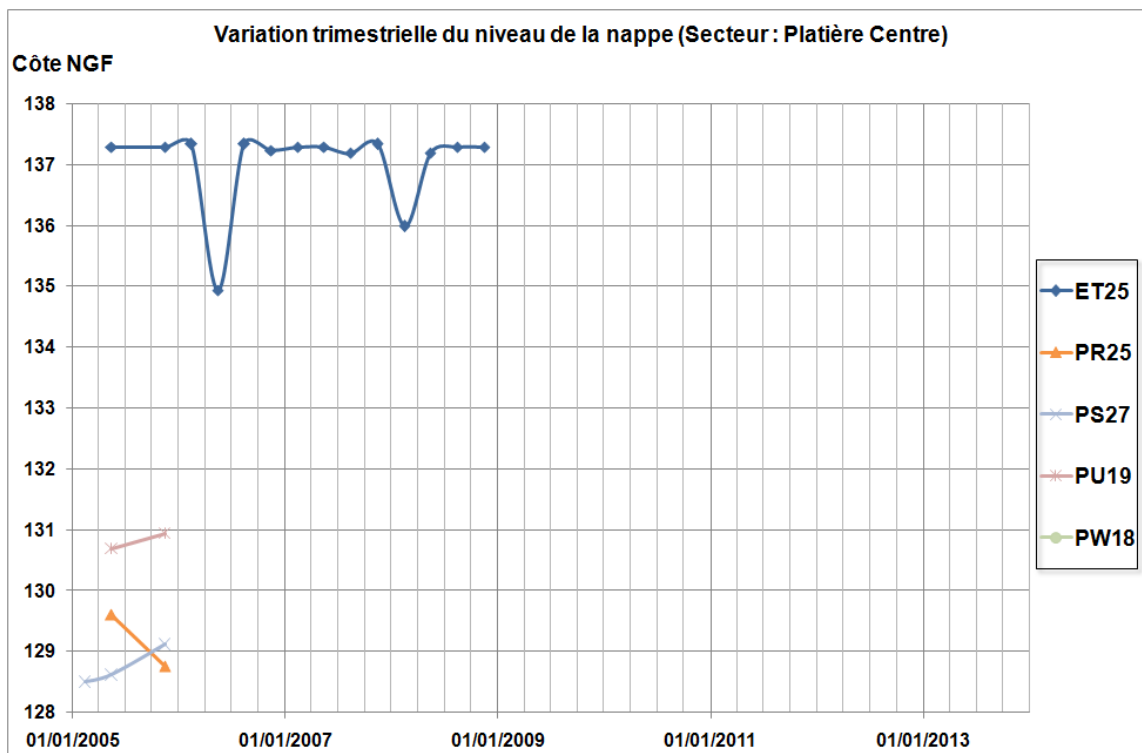


Figure 28 : Localisation des piézomètres suivis par le GIE OSIRIS.

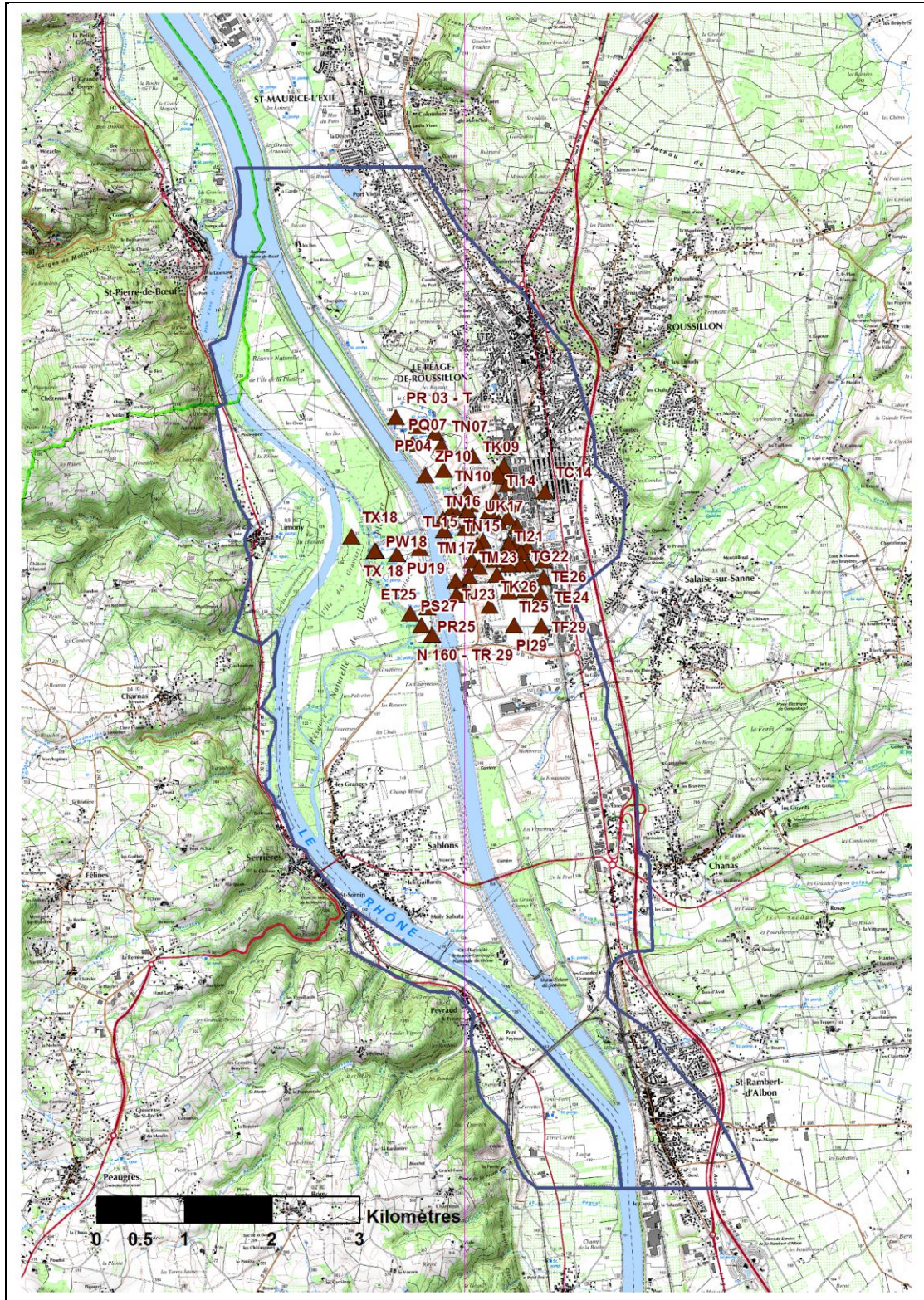


Figure 29 : Chroniques piézométriques sur la partie nord de la plaine alluviale (suivi par GIE OSIRIS).

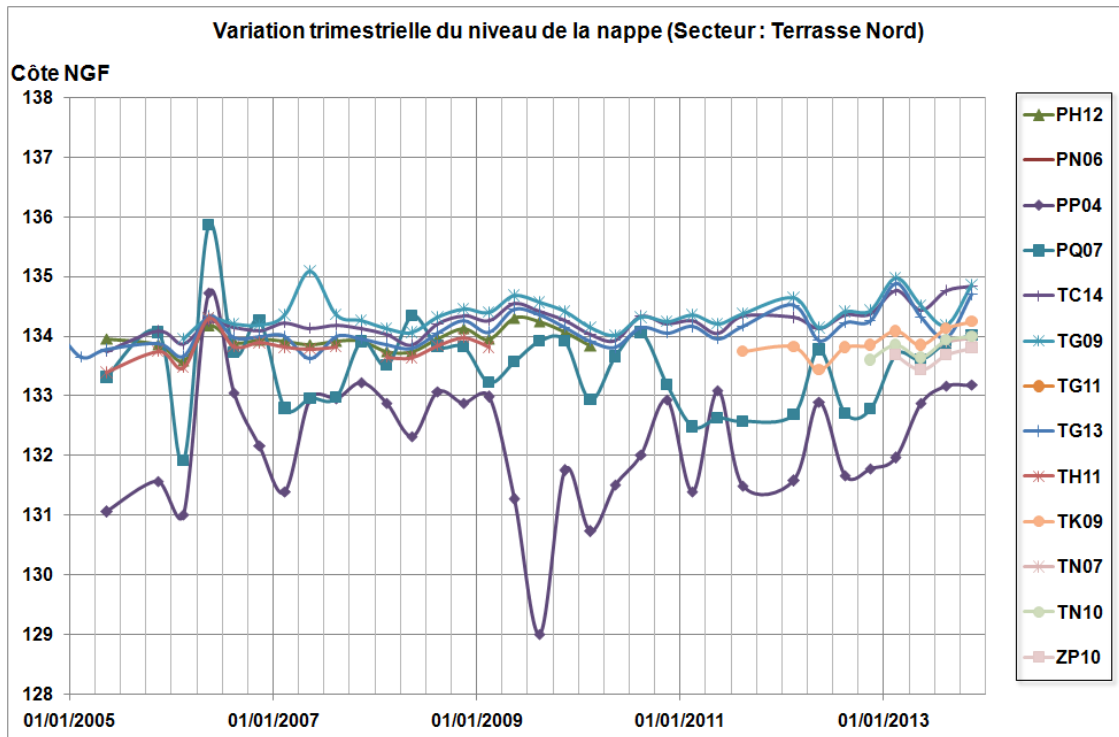
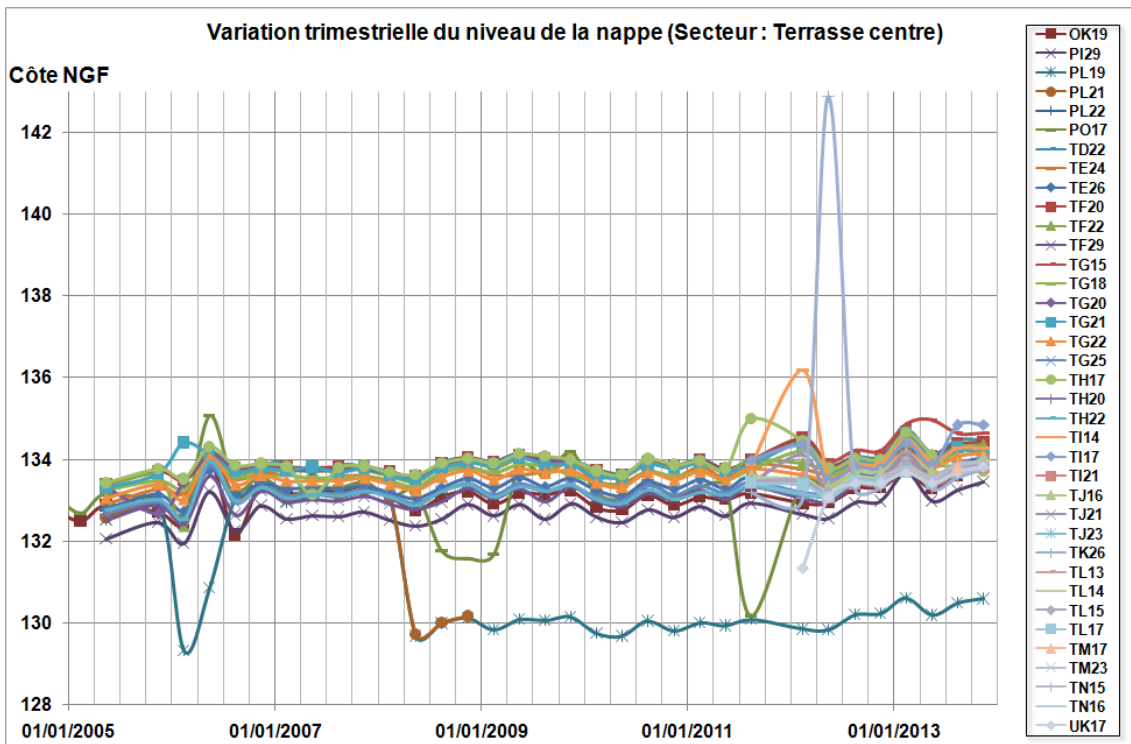


Figure 30 : Chroniques piézométriques sur la partie centrale de la plaine alluviale (suivi par GIE OSIRIS).



2.1.5 Données de topographie

2.1.5.1 Origine des données

Les données topographiques qui seront utilisées dans cette étude sont les données du Modèle Numérique de Terrain (MNT) mis au point pour le compte de l'Agence de l'Eau dans le cadre du Plan Rhône.

Par arrêté du 21 janvier 2004, le Premier ministre avait chargé M. le Préfet de la région Rhône Alpes, Préfet du Rhône, Préfet coordonnateur du bassin Rhône Méditerranée, de l'élaboration et de la mise en œuvre d'une stratégie globale de prévention des inondations du Rhône et de ses affluents. Dans le cadre de cette mission, l'Agence de l'eau RMC s'était vue confiée la maîtrise d'ouvrage d'une Base de Données Topographiques (BDT) sur cours français du Rhône. La réalisation de cette base de données a été réalisée dans le cadre d'un partenariat entre différentes entités.

Les études préalables menées par l'Agence de l'Eau avaient souligné l'importance des données (topographiques et bathymétriques) possédées par la CNR. La CNR a ainsi souhaité s'associer à l'Agence de l'Eau RM&C dans le cadre d'un partenariat au titre de sa participation au Plan Rhône. Suite aux contacts établis entre Agence de l'eau RM&C, CNR et IGN, et à l'étude de définition menée par l'agence de l'eau, l'IGN s'est proposé d'assurer la maîtrise d'ouvrage de cette base de données topographiques sur le cours français du Rhône, répondant aux besoins exprimés par les partenaires du Plan Rhône, et réalisée au titre d'opération pilote pour l'élaboration d'un référentiel adapté aux zones à risque inondation.

L'accès à ces données dans le cadre de l'étude est rendu possible par une convention liant l'Agence de l'Eau et HYDROFIS, qui précise que l'usage de ces données devra être restreint à l'étude en cours.

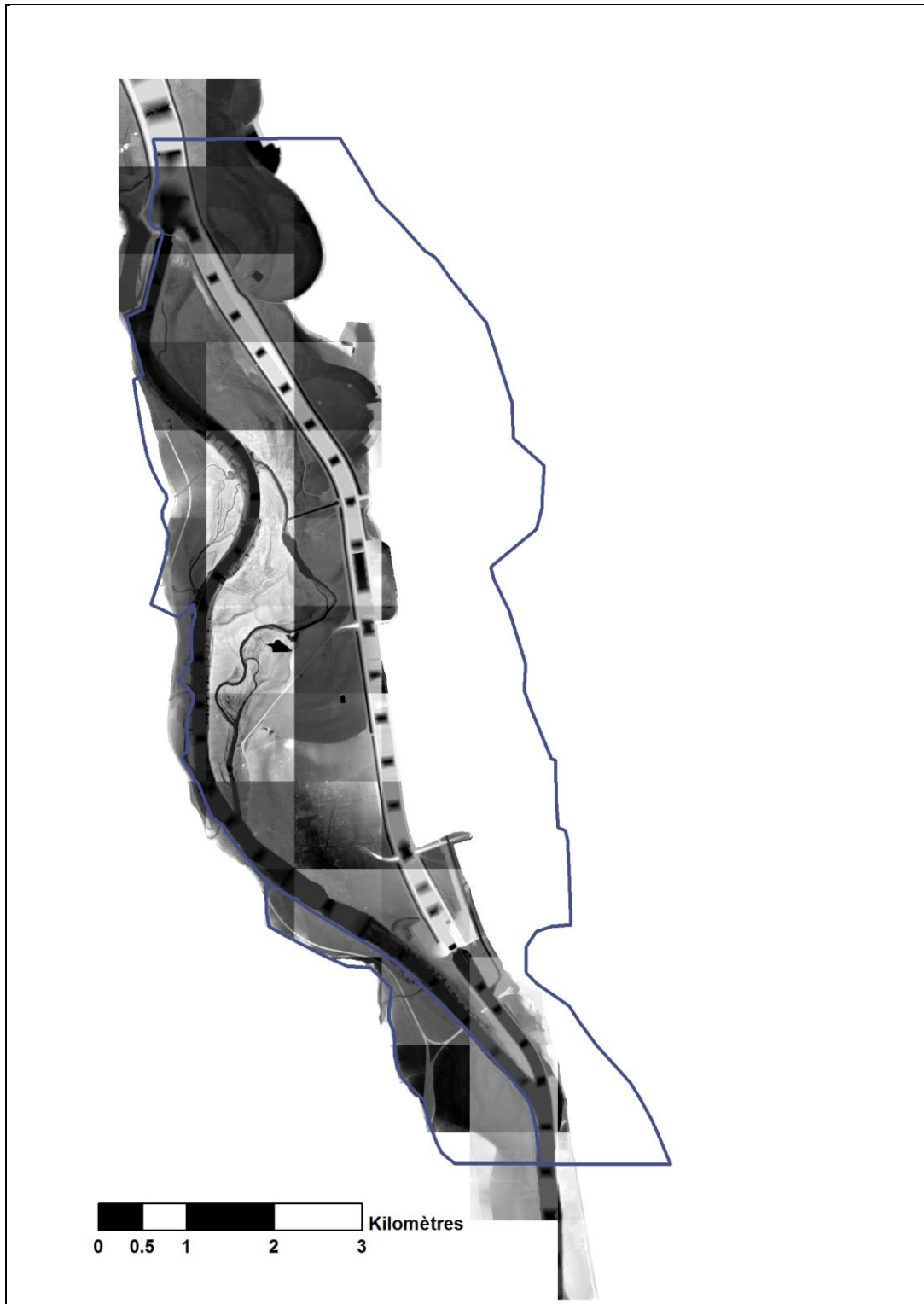
2.1.5.2 Description des données

La BDT s'étend sur tout le cours Français du Rhône. Cette zone inclut le lit majeur du fleuve et couvre une surface de 2950 km². La figure ci-dessous montre l'emprise du MNT dans la plaine alluviale ; on notera qu'il ne couvre pas les terrasses alluviales.

Le MNT présente les caractéristiques suivantes :

- L'unité est le mètre.
- Les coordonnées X et Y sont fournies avec deux chiffres après la virgule (information centimétrique).
- Toutes les informations concernant la géométrie des objets font référence au système de coordonnées suivant : RGF93 - Lambert 93.
- Les coordonnées altimétriques, quand elles existent, sont exprimées dans le système de Nivellement Général de la France "réseau IGN 69".
- Pour toutes les données produites par méthode aéroportée (Prise de vue aérienne et LIDAR), les données produites sont dans la classe de précision de 20 cm en altimétrie.
- Le pas est de 2m pour le MNT produit par l'IGN.

Figure 31 : Aperçu du modèle numérique de terrain (données AERMC/IGN-Plan Rhône).



2.1.6 Données hydro géochimiques

Dans le cadre de l'étude, il était envisagé de proposer un inventaire des données existantes sur les paramètres physico-chimiques pouvant servir à caractériser les flux au sein de la nappe.

Nous avons donc fait une première analyse des données disponibles dans la base de données ADES qui regroupe toutes les données qualitatives issues du programme de surveillance des masses d'eau souterraine au titre de la DCE mais aussi les données récoltées au titre du contrôle sanitaire.

Il apparaît que si un nombre important d'analyses ont été par le passé réalisées sur le secteur d'étude, la majorité d'entre elles, relève de démarches de caractérisation ou de suivi de pollutions ayant affectées la nappe. Pour ce type de qualitomètre, les périodes de suivi sont faibles (quelques années seulement en général).

Les seuls points qui présentent une profondeur d'analyse sont les captages AEP avec des mesures récurrentes et régulières. Mais ils sont peu nombreux à l'échelle du secteur d'étude.

De la même façon, on observe une distribution spatiale des qualitomètres très irrégulière, avec une forte concentration de points de suivi sous la plateforme OSIRIS et des zones sans aucun point de suivi.

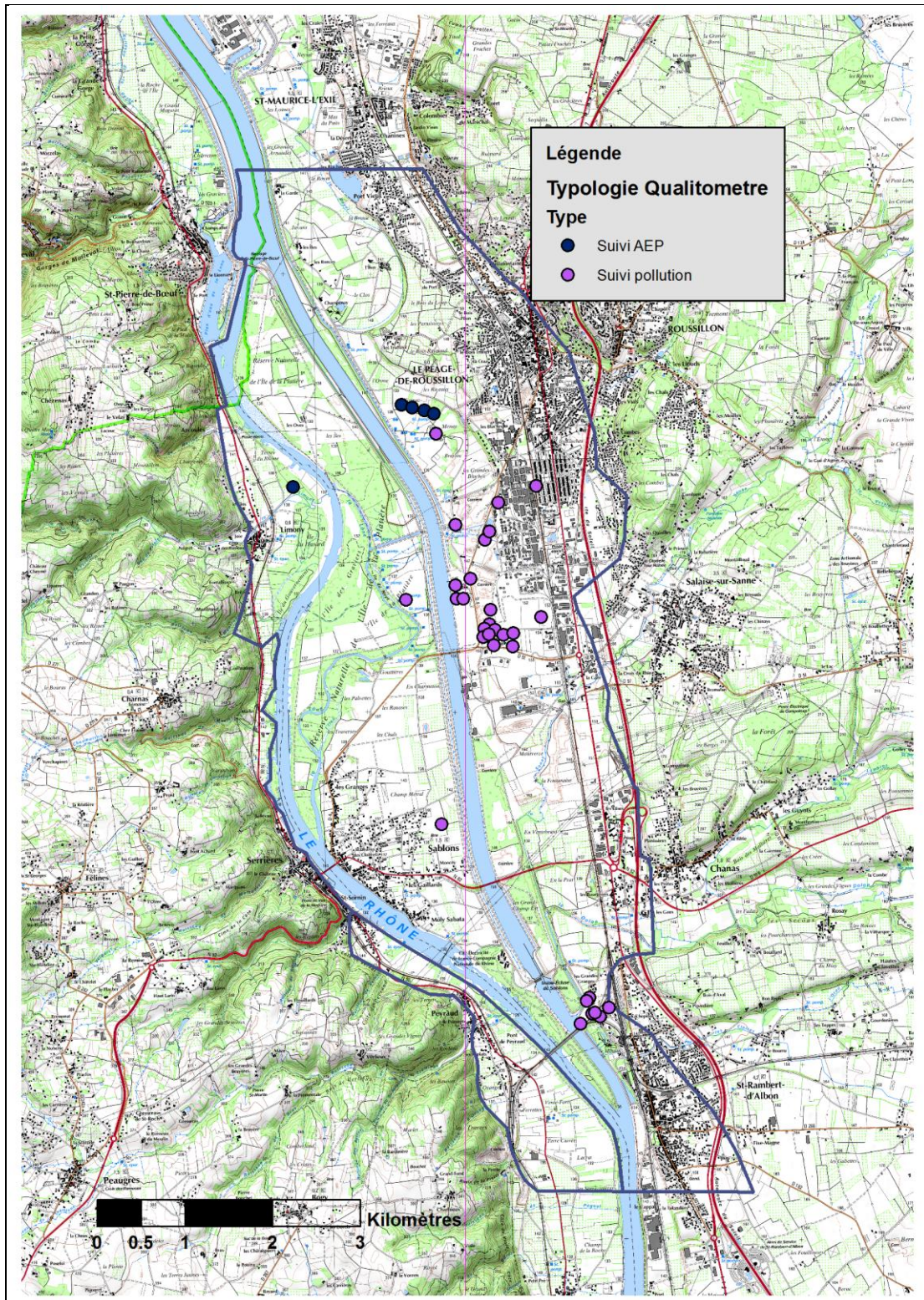
Pour toutes ces raisons, on peut considérer que le dispositif de suivi actuel de la qualité de la nappe alluviale n'est absolument pas dimensionné pour une caractérisation des flux au sein de la nappe. Pour obtenir des éléments d'information sur ces flux, d'une qualité supérieure à ceux que l'on peut déduire des données piézométriques et de la modélisation numérique, il faudrait concevoir et installer un dispositif de suivi extensif et donc coûteux.

L'intérêt du suivi de tout ou partie des paramètres physico chimiques des eaux souterraines, au regard des enjeux de gestion quantitative, ou à visée d'un suivi sur le long terme de la qualité de la nappe, paraît donc faible.

Figure 32 : Caractérisation des qualitomètres recensés dans la BD ADES.

CODE_BSS	Commune	Type	Nb_analyses	Date_debut	Date_fin	Duree
07466X0050/P	PEAGE-DE-ROUSSILLON(LE)	AEP	1049	1996	2011	15
07466X0061/P	PEAGE-DE-ROUSSILLON(LE)	AEP	26493	1996	2013	17
07466X0062/P	PEAGE-DE-ROUSSILLON(LE)	AEP	973	1996	2011	15
07466X0063/P	PEAGE-DE-ROUSSILLON(LE)	AEP	252	1996	2012	16
07466X0075/PN06	SALAISE-SUR-SANNE	POL	92	2001	2001	1
07701X0022/P_LIMO	LIMONY	AEP	3559	2001	2011	10
07702X0087/S	SABLONS	POL	29	1999	2006	7
07702X0185/P	SABLONS	POL	18	1999	2003	4
07702X0186/PVA	SABLONS	POL	33	1990	2006	16
07702X0187/PSIRA	SABLONS	POL	22	1996	2004	8
07702X0188/PZ1	SALAISE-SUR-SANNE	POL	160	1995	2005	10
07702X0189/PNSA1	SALAISE-SUR-SANNE	POL	142	2001	2004	3
07702X0190/PZFSA1	SALAISE-SUR-SANNE	POL	140	2001	2004	3
07702X0191/PZSSA1	SALAISE-SUR-SANNE	POL	137	2001	2004	3
07702X0192/PNSA2	SALAISE-SUR-SANNE	POL	115	2001	2004	3
07702X0193/PZSSA2	SALAISE-SUR-SANNE	POL	114	2001	2004	3
07702X0194/PSA3	SALAISE-SUR-SANNE	POL	116	2001	2004	3
07702X0195/PZG	SALAISE-SUR-SANNE	POL	67	2004	2004	1
07702X0196/PZH	SALAISE-SUR-SANNE	POL	67	2004	2004	1
07702X0198/PZ2	SALAISE-SUR-SANNE	POL	160	1995	2005	10
07702X0199/PZ3	SALAISE-SUR-SANNE	POL	160	1995	2005	10
07702X0200/OK19	SALAISE-SUR-SANNE	POL	32	2001	2001	1
07702X0201/PU24	SALAISE-SUR-SANNE	POL	23	2001	2001	1
07702X0202/TC14	SALAISE-SUR-SANNE	POL	44	2001	2001	1
07702X0203/TF29	SALAISE-SUR-SANNE	POL	1	2001	2001	1
07702X0204/TI14	SALAISE-SUR-SANNE	POL	72	1996	2001	5
07702X0205/TK26	SALAISE-SUR-SANNE	POL	32	2001	2001	1
07702X0206/TM23	SALAISE-SUR-SANNE	POL	31	2001	2001	1
07702X0207/TN16	SALAISE-SUR-SANNE	POL	50	1996	2001	5
07702X0208/PZ1	SABLONS	POL	4	2006	2006	1
07702X0209/PZ2	SABLONS	POL	5	2003	2006	3
07702X0210/PZ3	SABLONS	POL	3	2006	2006	1
07702X0239/S2	SALAISE-SUR-SANNE	POL	14406	2008	2013	5
07702X0240/TQ07	SALAISE-SUR-SANNE	POL	13598	2008	2013	5
07702X0241/P	SABLONS	POL	8100	2008	2013	5

Figure 33 : Localisation des qualitomètres recensés dans la BD ADES.



2.1.7 Bilan et analyses des prélèvements

Nous explicitons ci-dessous la méthode employée et les données de prélèvements disponibles avant de présenter un premier ordre de grandeur des prélèvements effectués sur le périmètre d'étude.

Enfin, nous détaillons ces prélèvements par type d'usage et donnons des indications sur leurs évolutions futures.

2.1.7.1 Démarche et éléments de méthodologie

Rappel:

Les prélèvements superficiels effectués sur le tronçon du Rhône concerné par l'étude ne sont pas étudiés conformément au cahier des charges.

Inventaire des prélèvements

Dans la perspective de réaliser un bilan actualisé des connaissances sur les usages de la nappe, nous avons premièrement cherché à inventorier les prélèvements existants. Afin de dresser une liste exhaustive de ces prélèvements, nous avons récolté, analysé puis confronté plusieurs bases de données:

- Base de données "redevance" de l'Agence de l'eau RMC;
Dans le cadre du calcul de la redevance sur les prélèvements, l'agence de l'eau collecte, tout usages confondus, les **volumes bruts annuels prélevés** par ouvrage. Le seuil de déclaration s'élevant à 10 000 m³/an (hors Zone de Répartition des Eaux), les prélèvements inférieurs à ce seuil échappent au recensement (il existe cependant des cas minoritaires de déclaration volontaire).
- Base de données "prélèvements" de la DREAL / des DDTs;
Sur l'axe Rhône, c'est l'Unité Territoriale Rhône-Saone 69 de la DREAL qui assure la police de l'eau. Ce service est en train de constituer une base de données prélèvements à l'aide des bases de données existantes de l'agence de l'eau, des DDT, de la BSS, etc.
Sur la zone d'étude, les DDTs ont gardé la compétence agricole et possèdent (à l'exception de la Loire qui n'en a pas encore et de l'Ardèche qui transféré la compétence à l'UT DREAL 69) une base de données recensant les prélèvements agricoles. Ces informations sont récoltées en collaboration avec les chambres d'agriculture référentes. Cette base de données contient les volumes autorisés ainsi que les volumes prélevés.
Hors Zone de Répartition des eaux (c'est le cas sur le périmètre d'étude), les prélèvements dans un cours d'eau ou dans sa nappe d'accompagnement sont soumis à une procédure de déclaration si sa capacité totale maximale est comprise entre 400 et 1 000 m³/h ou entre 2 et 5% du débit du cours d'eau et à une procédure d'autorisation si sa capacité est supérieure à 1 000 m³/h ou à 5% du débit du cours d'eau.
- Base de données "SISE-Eaux" du Ministère de la santé, utilisée par les ARS;
SISE: Système d'Information en Santé Environnement. Au niveau local, elle sert à organiser et suivre le contrôle sanitaire réglementaire des eaux et à stocker différents résultats d'analyse. Cette base recense les ouvrages AEP et donne uniquement accès aux débits autorisés.
Pour les eaux captées en vue d'être utilisées pour la consommation humaine (article L. 1321-7 du Code de la santé publique), une autorisation préfectorale est obligatoire, que le réseau de distribution soit public ou privé, quelque soit le volume prélevé (l'ensemble des prélèvements correspondants devrait donc être pris en compte dans cette base de données).

NB : si l'eau est captée pour un usage unifamilial (pas de distribution au public, ce qui représente a priori des volumes assez faibles), alors une déclaration en mairie suffit (les prélèvements correspondants ne sont alors pas pris en compte dans cette base de données).

Pour les eaux captées par des entreprises du secteur alimentaire, une autorisation est obligatoire quelque soit le volume prélevé (l'ensemble des prélèvements correspondants devrait donc être pris en compte dans cette base de données).

- Base de données BSS

La base de données sous-sol (BSS) recense les forages et ouvrages souterrains sur le territoire. Elle contient des informations brutes à caractère administratif ou géologique mais ne procure pas d'information sur les volumes prélevés ou autorisés.

- Base de données "IREP"

Cette base donne une estimation des prélèvements bruts et des rejets des industriels sur la zone d'étude, sur la base de déclarations. Ces déclarations sont obligatoires pour les installations classées soumises à autorisation préfectorale. Les entreprises qui déclarent des volumes de prélèvement (total) inférieurs à 50 000 m³, le font sur la base du volontariat. Cette base de données n'est donc pas exhaustive.

Reconstitution des chroniques de prélèvements:

Les bases de données présentées précédemment permettent de déterminer qui prélève, où, pour quel usage, mais ne donnent accès qu'à des volumes annuels, et ce sur une période généralement limitée.

Les phases 2 et 3 suivantes de la présente étude requièrent davantage de précision. En effet, les données de prélèvements sont des données d'entrée du modèle hydrodynamique. Ceci implique la reconstitution de chroniques de prélèvement au pas de temps le plus fin possible sur une période la plus étendue possible. Dans la mesure du possible, nous avons cherché à obtenir des données journalières de prélèvements qui pourront être utilisées pour la modélisation. Les données mensuelles sont parfois présentées ci-dessous plutôt que les données journalières afin de faciliter la présentation des résultats.

Dans cette optique, les principaux préleveurs ont été contactés afin de récolter les informations nécessaires à la reconstitution de ces chroniques.

Huit maîtres d'ouvrages représentent à eux seuls 99% du volume total annuel prélevé dans la nappe. (Le 8ème préleveur ne prélève que 0,5% volume total annuel, les 13 autres prélèvent moins de 0,2 % du volume annuel total). Nos enquêtes se sont donc limitées à ces 8 entités.

Synthèse des données disponibles:

Le tableau ci-dessous résume le travail d'enquête réalisé dans le cadre du bilan des prélèvements et synthétise les données disponibles pour la présente étude.

Figure 34: Synthèse des données de prélèvements disponibles.

NOM	DONNEES	PAS DE TEMPS	RECOUVREMENT	TOTAL / PAR PUIT	FOURNISSEUR	COLLECTE
<i>Tout usage</i>						
extraction BDD redevance	volumes prélevés	annuel	max : 1987-2012	total	Agence de l'eau RMC	OK
extraction BSS	emplacement ouvrages				BRGM	OK
<i>Industries</i>						
extraction BDD IREP	volumes prélevés	annuel	2009-2011	total	Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie	OK
historique Aguettant	volumes prélevés	hebdomadaire	2003-2014	total	Aguettant	OK
historique Tredi	volumes prélevés	journalier	5ans (2009?)-2014	par puits (3)	Tredi	OK
historique Osiris rive gauche + rive droite	débits	journalier	2012-2013	par entrées usine (11)	Osiris	OK
	volumes prélevés	mensuel	2005-2013			OK
historique Osiris dépollution	volumes prélevés	hebdomadaire	2012-2013	par piézomètres (6)		OK
<i>AEP</i>						
extraction BDD ARS 07	débits autorisés	horaire		total	ARS 07	OK
		journalier				
historique Limony	volumes prélevés	horaire	2005-2014	total	SIE Annonay Serrière	OK
		journalier	2005-2014	total		OK
historique pompage des îles	volumes prélevés	journalier	2003-2013		SIGEARPE	OK
		mensuel	1985-2014			
<i>Agricole</i>						
extraction BDD DDT 38	débits autorisés et volumes prélevés	annuel	2008-2013	total	CA 38 pour DDT 38	OK
ASA Salaise Agnin Chanas	volumes prélevés	mensuel	2001-2013	total	ASA Salaise	OK
ASA Péage de Roussillon	volumes prélevés	journalier				Délais inconnu

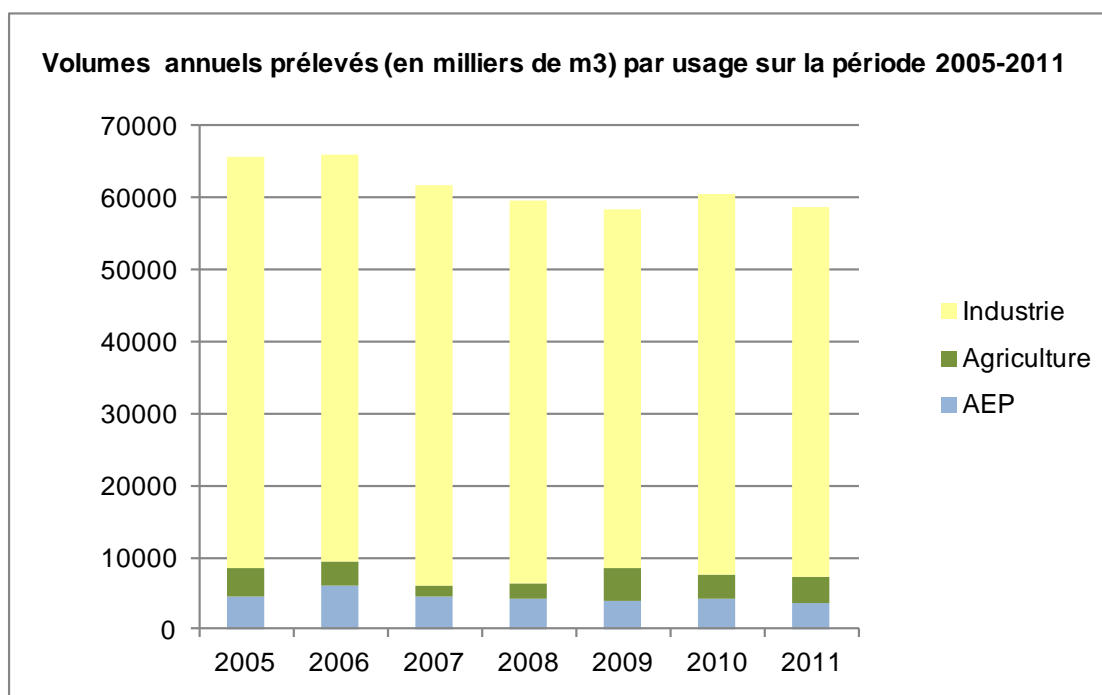
2.1.7.2 Prélèvements bruts: 1ers ordres de grandeurs

NB: Les volumes annuels de prélèvements sont disponibles pour l'ensemble des maîtres d'ouvrage à partir de 2005. De plus, à partir de cette même date, la répartition des ouvrages en fonctionnement par maître d'ouvrage correspond à la répartition actuelle. La période 2005-2011 a donc été retenue pour étudier en détail les prélèvements.

L'analyse des bases de données citées précédemment permet d'identifier **35 ouvrages** de prélèvements actifs sur la zone d'étude. Ces ouvrages appartiennent à **21 maîtres d'ouvrage** (préleveurs) différents.

La totalité des prélèvements représente actuellement **un volume annuel moyen d'environ 60 millions de m³** (63 millions de m³ sur la période 2005-2008, 59 sur 2009-2011). **L'usage industriel domine largement et représente en moyenne 88 % du volume total annuel prélevé.** Les usages AEP et agricoles représentent respectivement 7% et 5% du volume total annuel prélevé. La répartition des volumes prélevés par usage sur la période 2005-2011 est présentée dans la figure ci-dessous.

Figure 35: Volumes prélevés par usage (milliers de m3) de 2005 à 2011.

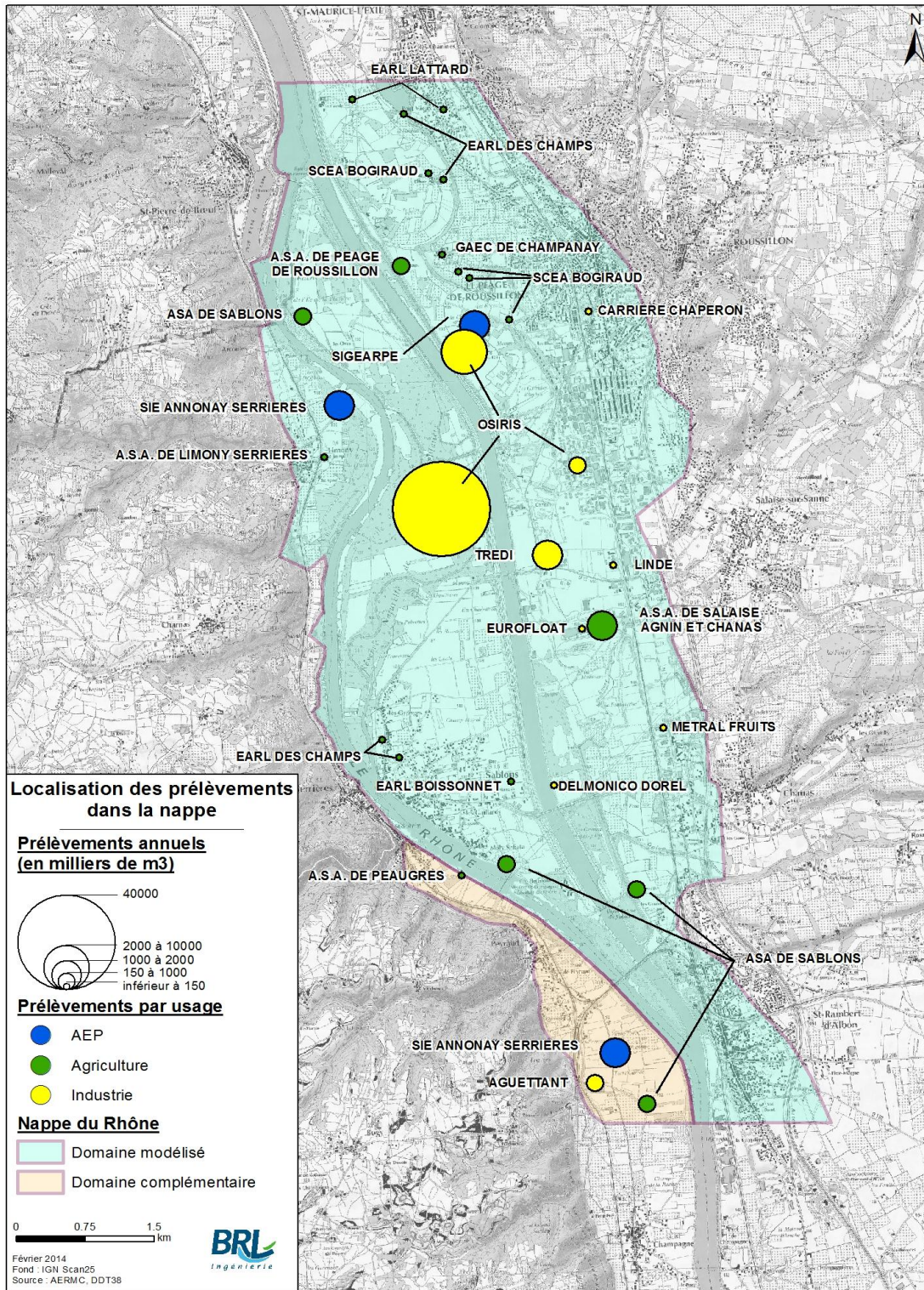


8 maîtres d'ouvrages sur 21 prélèvent à eux seuls **99 %** du volume total annuel. Osiris prélève à lui seul 83,6% du volume total annuel.

Figure 36: Classement des maîtres d'ouvrages par volumes prélevés en 2011.

Nom Maître d'ouvrage	Classement	Part / volume total prélevé	% cumulé
OSIRIS	1	83,6%	83,6%
SYNDICAT INTERCOMMUNAL EAU ANNONAY SERRIERES	2	3,9%	87,5%
ASSOCIATION SYNDICAT DE SABLONS	3	2,9%	90,4%
SI GESTION EAUX ET ASSAINISS ROUSSILLON SIGEARPE	4	2,5%	92,9%
TREDI TREDI SALAISE	5	2,3%	95,2%
A.S.A. IRRIGATION DE SALAISE AGNIN ET CHANAS	6	2,2%	97,4%
LABORATOIRE AGUETTANT	7	1,0%	98,4%
A.S.A. IRRIGATION PEAGE DE ROUSSILLON	8	0,5%	98,9%
LINDE FRANCE AGA MEDICAL LINDE HEALTHCARE	9	0,2%	99,1%
A.S.A. DE PEAGRES	10	0,2%	99,4%
EUROFLOAT	11	0,2%	99,6%
EARL LATTARD	12	0,1%	99,7%
METRAL FRUITS	13	0,1%	99,8%
DELMONICO DOREL	14	0,1%	99,8%
SOCIETE CARRIERE CHAPERON	15	0,1%	99,9%
SCEA BOGIRAUD	16	0,0%	100,0%
A.S.A. IRRIGATION DE LIMONY SERRIERES	17	0,0%	100,0%
EARL DES CHAMPS	18	0,0%	100,0%
GAEC DE CHAMPANAY	19	0,0%	100,0%
EARL BOISSONNET CLOT	20	0,0%	100,0%
RIVOIRE CHRISTIAN	21	0,0%	100,0%

Figure 37: Localisation et importance des prélèvements sur le périmètre d'étude.



2.1.7.3 Analyse détaillée par usage

USAGE INDUSTRIEL, PRINCIPAL PRELEVEUR SUR LA NAPPE

Volumes prélevés

On rappelle que les prélèvements industriels représentent **88%** du volume total annuel prélevé sur la nappe, soit plus de 50 Mm³/an (54 Mm³ en moyenne sur les années 2005 à 2011).

L'eau est utilisée pour:

- Les process industriels ;
- Le refroidissement;
- Sa transformation en vapeur et sa revente sous cette forme auprès d'autres industriels de la zone (minoritaire).

Sur un total de 8 préleveurs industriels, les 3 maîtres d'ouvrage interrogés prélèvent à eux seuls 99% du volume d'eau prélevé pour l'industrie.

Figure 38 : Répartition des volumes annuels prélevés pour l'industrie en 2011, en fonction du maître d'ouvrage.

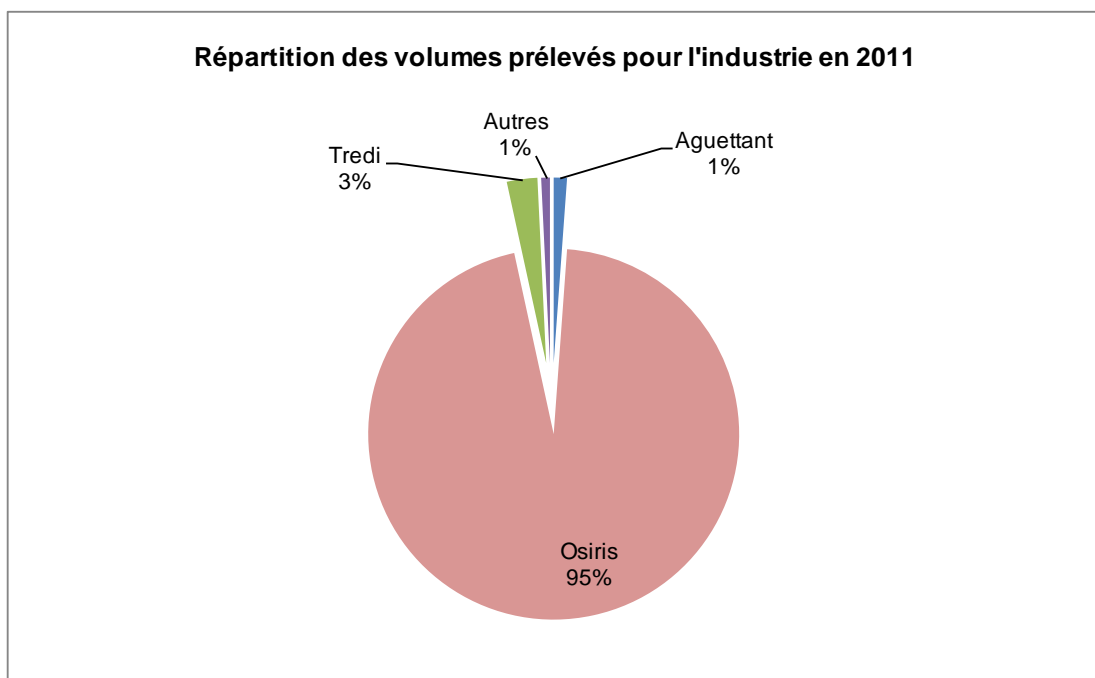
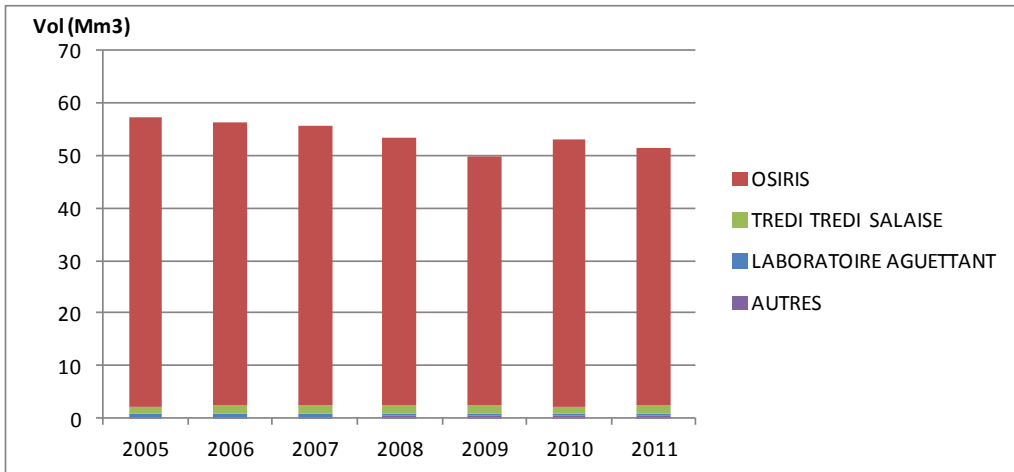
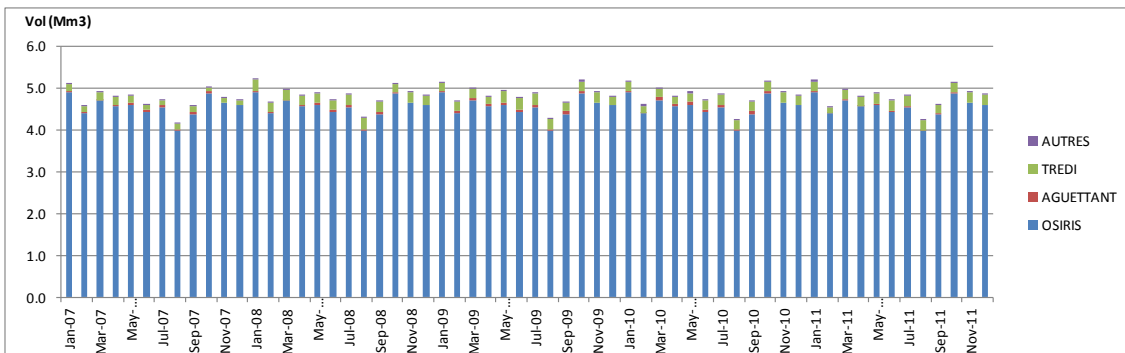


Figure 39 : Volumes annuels prélevés pour l'industrie de 2005 à 2011.



Le graphique ci-dessous présente l'évolution mensuelle des prélèvements industriels de 2007 à 2011 (période de recouvrement des données mensuelles disponibles pour les différents industriels) pour les prélèvements "autres" on suppose que le prélèvement annuel est réparti de façon égale sur l'année.

Figure 40 : Prélèvements industriels mensuels de 2007 à 2011

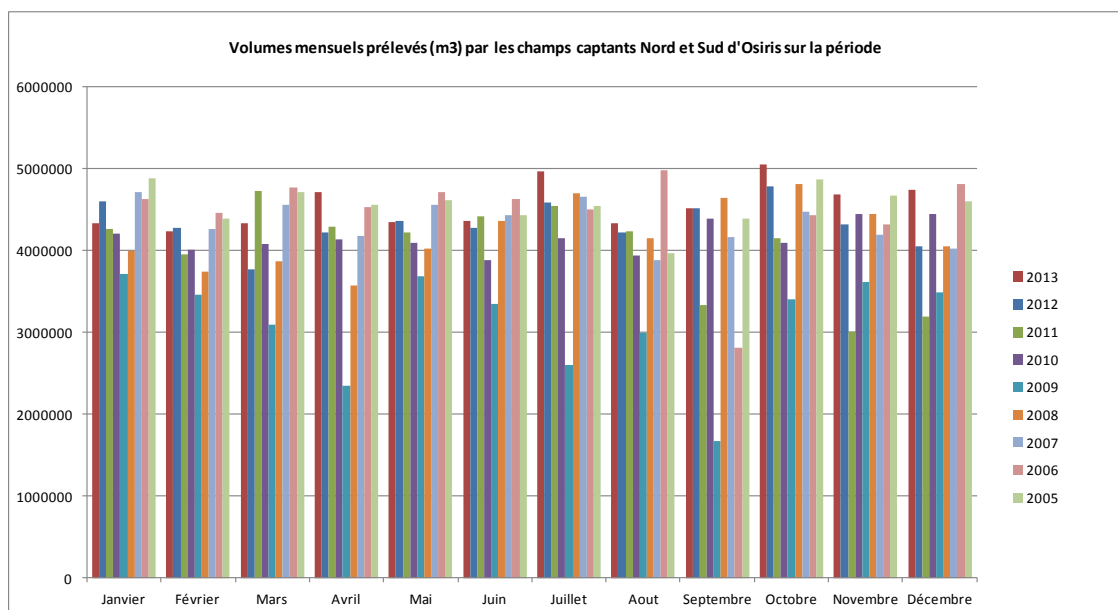


Répartition du prélèvement au cours de l'année

PLATEFORME OSIRIS

Osiris possède des données mensuelles par usine pour les champs captants Nord et Sud sur la période 2005-2013. Les volumes mensuels totaux sont présentés dans la Figure 41 ci-dessous.

Figure 41 : Volumes mensuels prélevés au niveau des champs captant Nord et Sud d'Osiris sur la période 2005-2013.



On n'observe pas de tendances particulières selon le mois de l'année.

Nous avons également récolté les données de prélèvements journaliers pour chacun des puits de ces deux champs captants pour les années 2012-2013 (seules années disponibles). L'analyse de ces données montre que la répartition des prélèvements est relativement stable au cours de l'année, avec une moyenne journalière d'environ 136 000 m³. On note cependant une légère baisse aux mois d'août et décembre, pouvant atteindre respectivement 85 000 m³/j et 110 000 m³/j.

Ces observations étant contradictoires avec les données mensuelles présentées ci-dessus, nous attendons des précisions sur les données journalières de la part du maître d'ouvrage pour conclure quant à l'utilisation de ces données pour la reconstitution de chroniques journalières sur une période plus étendue.

Concernant le 3^{ème} champ captant d'Osiris, dont les prélèvements ont pour vocation la dépollution, nous avons récolté les données de prélèvements hebdomadaires pour l'ensemble du champ captant sur la période 2008-2013. On en retire que les prélèvements hebdomadaires s'élèvent en moyenne à 8400 m³ mais varient dans une fourchette comprise entre 6000 et 1200 m³.

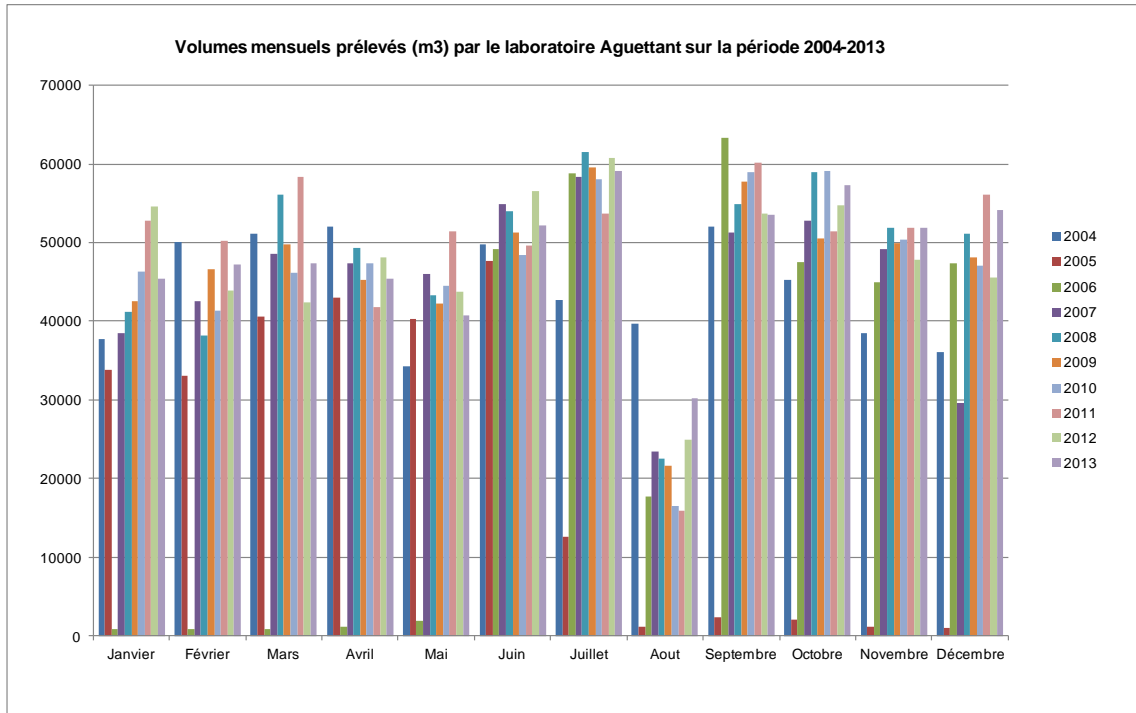
Nous proposons de diviser ces données hebdomadaires par 7 pour obtenir des données journalières sur la période 2008-2013. Pour obtenir des données journalières sur les années antérieures à 2008, nous proposons d'effectuer des moyennes mensuelles à partir des données hebdomadaires sur la période 2008-2013 et de diviser ensuite ces valeurs par le nombre de jour du mois considéré.

LABORATOIRE AGUETTANT

Le laboratoire Aguetant possède uniquement des données hebdomadaires sur la période 2004-2013. La mensualisation de ces données est présentée dans la figure ci-dessous. Les valeurs anormalement faibles observées pour l'année 2005 résultent d'un problème de compteur qui a été résolu début 2006. On observe que la consommation baisse fortement au mois d'Aout, ce qui correspond à la fermeture de l'usine pendant 2 à 3 semaines.

Le préleveur a été contacté et indique que la journalisation des prélèvements pourra être effectuée sur la période 2004-2013 (excepté pour l'année 2005) en divisant données hebdomadaires par 7.

Figure 42: Volumes mensuels prélevés (m3) par le Laboratoire Aguetant sur la période 2004-2013.

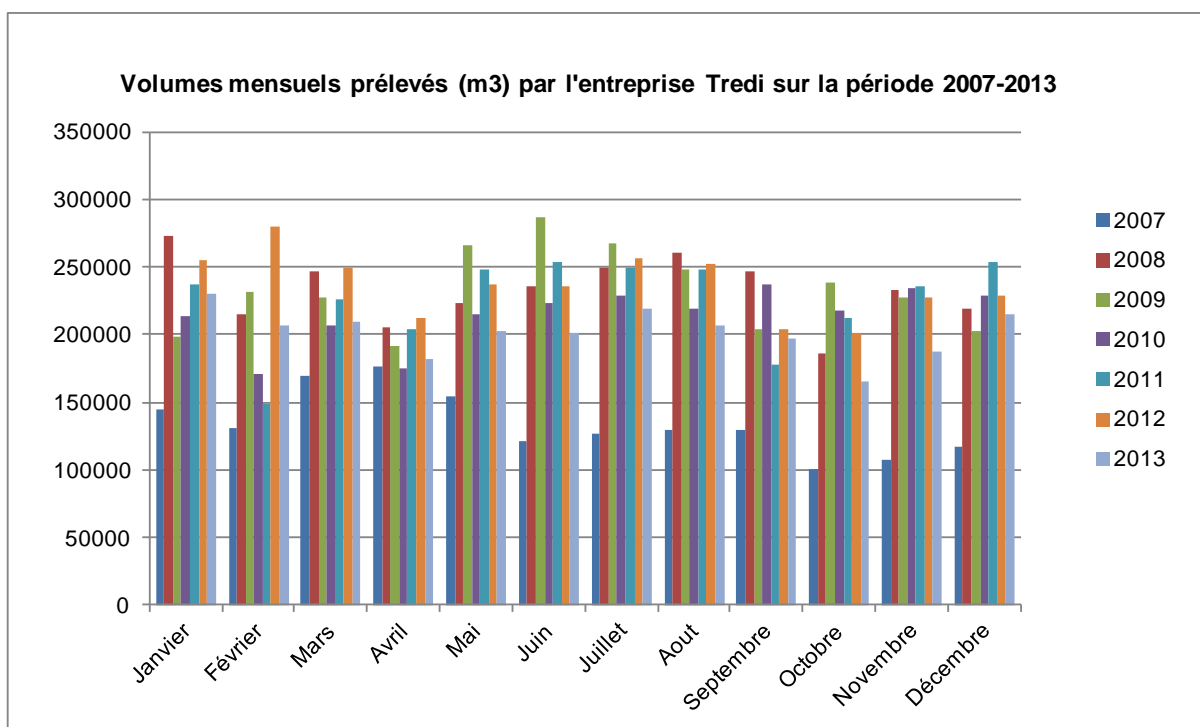


ENTREPRISE TREDI

L'entreprise Tredi possède déjà des données de prélèvements journaliers sur la période 2007-2013 dont nous présentons la mensualisation ci-dessous.

L'analyse des chroniques journalières sur la période 2007-2013 ne permet pas de dégager de tendance particulière.

Figure 43: Volumes mensuels prélevés (m3) par l'entreprise Tredi sur la période 2007-2013



AUTRES PRÉLÈVEMENTS INDUSTRIELS

Pour les 5 autres préleveurs industriels, nous proposons de diviser par 365,25 les données de prélèvements annuels faute de données plus précises.

Evolution possible des prélèvements industriels

PRÉLÈVEMENTS EXISTANTS:

Concernant la plateforme Osiris, deux ateliers dont la consommation journalière commune s'élève à 10 000 m³ devraient être abandonnés d'ici fin 2014. A moyen terme, une meilleure gestion des puits, à travers la réhabilitation du puit 13 par exemple, permettrait d'alléger les prélèvements du champ captant de la Platière à hauteur de 13 000 m³/j si l'expertise sur les milieux naturels en souligne la nécessité. A plus long terme (10 ans), la mise en place de circuits fermés pourrait permettre de réaliser des économies d'eau conséquentes (de l'ordre d'un facteur 10).

La nature de l'activité de l'entreprise Tredi n'étant pas liée à la production, mais au traitement de déchets dangereux, les prélèvements en eau peuvent varier substantiellement d'une année à l'autre, il est donc difficile d'estimer les besoins futurs. Le projet de ZIP (voir ci-dessous) inclue une extension de l'usine dont l'entreprise ne nous a pas parlé. Il est difficile d'estimer à ce jour les besoins supplémentaires que ce projet pourrait entraîner.

Concernant le Laboratoire Aguetant, l'arrêt d'un groupe froid et la mise en fonctionnement d'une nouvelle ligne de production auront pour conséquence l'augmentation des prélèvements à la hauteur de la nouvelle autorisation : 2600 m³/j par rapport à une consommation actuelle d'environ 2000 m³/j. Les besoins en eau devraient ensuite se stabiliser.

NOUVEAUX PRÉLÈVEMENTS:

Le périmètre d'étude est concerné par la création d'une zone industrialo-portuaire dont la surface totale s'élève à 340 ha, dont 100 ha situés sur le domaine public fluvial de l'Etat. Ce projet a pour objectif d'accueillir de nouvelles activités pour densifier le tissu économique existant. Le groupe GIE 38 est chargé de l'aménagement de la zone pour le compte du syndicat mixte de la ZIP de Salaise Sablons. Les aménagements prévus concernent:

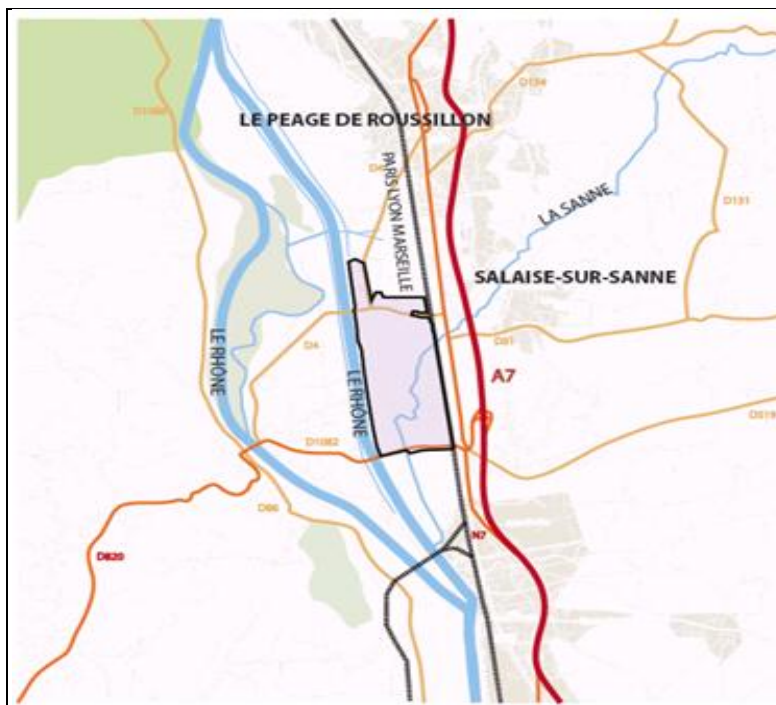
- des grands projets industriels (11 ha);
- des entreprises multimodales (28 ha);
- des entreprises de transformation (30 ha);
- des réserves foncières privées pour permettre aux entreprises déjà implantées sur le site de (Tredi, Eurofloat, Linde, ...) de développer davantage leur activité (30 ha).

Ces aménagements, en particulier les grands projets industriels et les entreprises de transformation vont générer de nouveaux besoins en eau.

Sur la base d'un ratio de consommation d'eau à l'hectare des entreprises existantes, **ces nouveaux besoins ont été estimés à environ 80 000 m³/j par le GIE GROUPE38**. L'extension potentielle des industries existantes (Tredi, Linde, Eurofloat) pourrait également générer de nouveaux besoins qui correspondent à la marge de manoeuvre entre les volumes actuellement prélevés et les volumes autorisés. On notera également que ce projet va entraîner la suppression de 60 ha de parcelles agricoles sur le périmètre de l'ASA de Sablons. Cette suppression sera néanmoins compensée par la construction d'un nouveau captage d'une capacité de 500 m³/h en rive droite.

A ce jour, les ressources potentielles identifiées sont la nappe alluviale (qui apparaît comme la solution la plus simple); le canal de dérivation du Rhône et la nappe profonde.

Figure 44: Localisation du projet de zone industrialo-portuaire de Salaise Sablons



USAGE AEP

Volumes prélevés

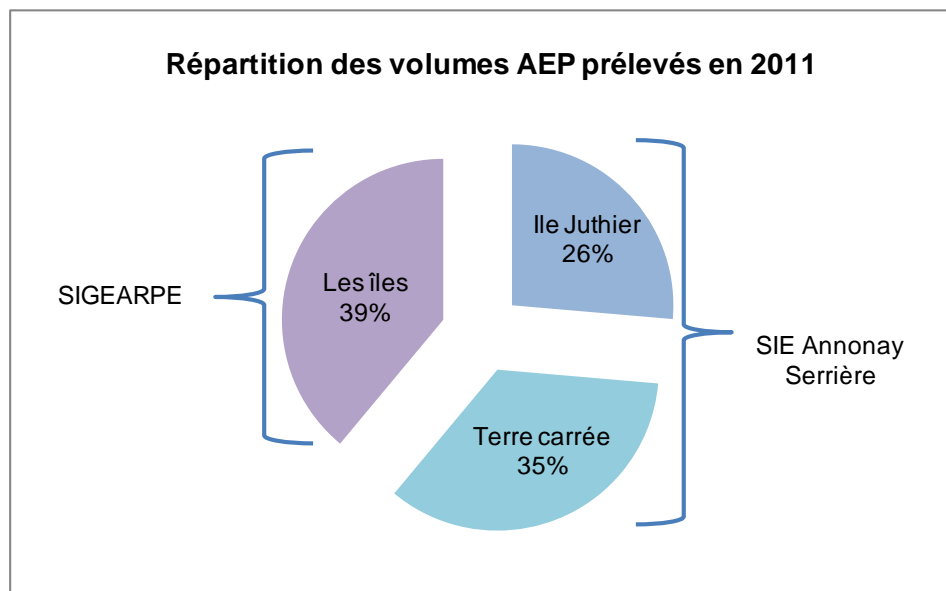
On rappelle que les prélèvements AEP ne représentent que **7%** du volume total annuel prélevé sur la nappe.

Il existe trois captages AEP sur la zone d'étude.

- Les captages de Terre Carrée (Peyraud) et de l'île Juthier (Limony) sont gérés par le Syndicat des Eaux d'Annonay Serrière. Ils alimentent 24 communes, (dont Limony, Peyraud, Champagne et Serrière), soit environ 12 000 abonnés.
- Le captage des îles est géré par le Syndicat Intercommunal de Gestion de l'Eau de l'Assainissement de Roussillon, du Péage et de Ses Environs (SIGEARPE). Il alimente en continue les communes de Péage de Roussillon et Roussillon (dont c'est la ressource exclusive), soit environ 7000 abonnés et épisodiquement les communes de Chanas, Salaise et Sablons (soit environ 5000 abonnés) pour compléter les apports du captage des Castors (en dehors de la zone d'étude)

La répartition des volumes annuels prélevés entre ces 3 captages est présentée ci-dessous.

Figure 45: Répartition des volumes AEP prélevés en 2011 selon le captage et le maître d'ouvrage

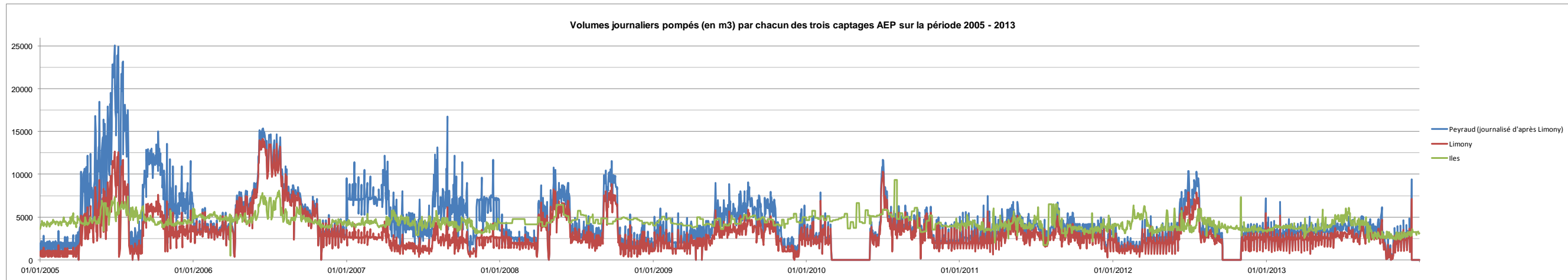


Répartition du prélèvement au cours de l'année

Nous avons récupéré les chroniques journalières de prélèvements des captages des Iles et de Limony sur la période 2005-2013. En revanche, il n'existe pas d'enregistrement inférieur au pas de temps annuel pour le captage de Peyraud. Le maître d'ouvrage concerné nous a assuré que ce captage suivait la même répartition intraannuelle que celui de Limony, à l'exception de rares cas (secours) pour lesquels l'extrapolation est moins évidente. Pour reconstituer la chronique journalière de ce captage, nous avons donc appliqué la règle de trois suivante: $\text{Volume journalier Peyraud} = (\text{Volume annuel Limony} / \text{Volume annuel Peyraud}) * \text{Volume journalier Limony}$.

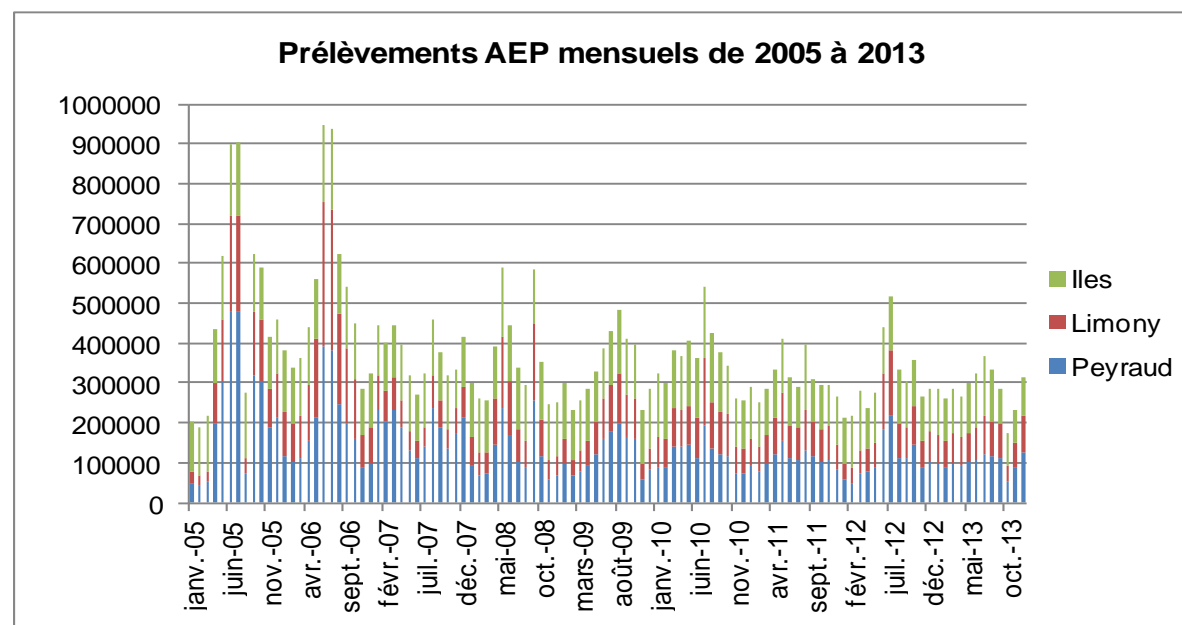
L'évolution de ces débits journaliers est présentée sur la figure ci-dessous

Figure 46 : Volumes journaliers pompés (en m3) par chacun des trois captages AEP sur la zone d'étude



Le graphique ci-dessous présente l'évolution mensuelle des prélèvements AEP de 2005 à 2013 (période de recouvrement des données journalières disponibles pour les différents maître d'ouvrage). Elle a été calculée à partir des données journalières présentées ci-dessus. Les valeurs nulles sur une période de plus de trois jours consécutifs (pannes d'enregistrement) ont été remplacées par la moyenne journalière du prélèvement sur 2005-2013.

Figure 47 : Prélèvements AEP mensuels de 2005 à 2013



Retours vers la nappe liés à l'AEP

On peut imaginer deux voies de retour d'eau vers la nappe en lien avec l'alimentation en eau potable :

- Retours liés aux fuites du réseau AEP : Les rendements des réseaux AEP sur le bassin sont entre 67 et 70%, étant donné que les 2/3 de ces volumes sont exportés vers des communes extérieures au bassin, les volumes en jeu sont relativement faibles et l'on considérera que les retours liés aux fuites du réseau sont négligeables.
- Retours liés à l'assainissement des eaux usées. On estime que les rejets liés à l'assainissement n'ont pas d'effet significatif sur la réalimentation de la nappe, en effet :
 - Les stations d'épuration qui collectent les eaux usées du bassin versant rejettent dans le réseau superficiel ¹, les volumes de rejets sont très faibles comparés aux débits des cours d'eau récepteurs, leur impact sur l'alimentation de la nappe du Rhône est donc négligeable.
 - Les habitations en assainissement autonome sont relativement rares sur la zone d'étude (le taux de raccordement au réseau d'assainissement collectif est de 98% pour Péage, 79% pour Chanas, 97% pour St Maurice, 92% pour Salaise, 97% pour Sablons et 97% pour Roussillon).

Evolution possible des prélèvements

Malgré une augmentation du nombre d'abonnés d'environ 1% depuis les années 2000, les volumes prélevés ont globalement diminué et se stabilisent. La diminution de la consommation individuelle ainsi que l'amélioration des réseaux du SIGEARPE (passage de 62 à 70% de 2002 à 2012) peuvent expliquer cette observation.

Selon les objectifs du SCOT des Rives du Rhône, les taux de croissance annuels prévus entre 2011 et 2040 sur le SIE Annonay Serrières et le SIGEARPE sont respectivement évalués à 0,98 et 1,07%. Ce même document met en avant les économies d'eau potentiellement réalisables sur le SIE Annonay Serrières dont la consommation individuelle est supérieure à 50 m³/hab/an. Il existe par ailleurs une certaine marge de manoeuvre pour améliorer le rendement des réseaux au sein des deux structures. La politique d'amélioration des rendements du SIE Annonay Serrières (s'élevant actuellement à 66,7 %) devrait notamment porter ses fruits dans les années à venir.

L'appréciation des besoins futurs est un exercice délicat. Compte tenu des éléments ci-dessus et des indications des deux maîtres d'ouvrages, nous retiendrons que les volumes prélevés sur la zone d'étude devraient rester globalement stables à l'avenir à condition que ces ressources ne soient pas mobilisées pour sécuriser d'autres territoires déficitaires du SCOT. Dans le cas où elles seraient effectivement mobilisées, on peut imaginer que, dans un 1er temps, les prélèvements s'élèveraient, au maximum, au débit autorisé par leur DUP. La plus grande marge de manoeuvre réside pour l'instant dans le captage de Peyraud: le volume journalier moyen est d'environ 4700 m³ alors que le volume maximal autorisé par la DUP s'élève à 25 000 m³/j.

¹ Le SIGEARPE assure le fonctionnement de la STEP de Péage de Roussillon (24 000 EqH) qui traite les eaux usées de Roussillon, Péage de Roussillon, Salaise sur Sanne, Chanas, Sablons, Anjou et Agnin et dont le rejet se fait dans le fleuve Rhône. Cette station est en cours d'extension à 68 000 EqH. Il assure également le fonctionnement de la STEP de St Maurice l'Exil, 8000 EqH, qui sera abandonnée prochainement.

Rejets autres (d'après BURGEAP 2007 – données EqH pour 2003): Limony (600 EqH) dans le lône de Limony, Serrière (1600) dans le vieux Rhône en amont du seuil de Peyraud, Peyraud (450) sur le Crémieux.

NB: Les trois captages de la zone d'étude ont été identifiés comme zone d'intérêt actuel et zone d'intérêt futur dans le cadre de l'étude suivante réalisée en 2010 pour l'Agence de l'eau RMC: Nappe alluviale du Rhône, Identification et protection des ressources en eau souterraine stratégique pour l'alimentation en eau potable.

USAGE AGRICOLE

Volumes prélevés

On rappelle que les prélèvements agricoles ne représentent que 5% du volume total annuel prélevé sur la nappe. Le prélèvement annuel est assez variable, en moyenne de 3.2 Mm³/an entre 2005 et 2011, il est monté jusqu'à plus de 4.5 Mm³ en 2009.

Les prélèvements agricoles sont répartis entre **12 préleveurs**, dont 5 ASA. Les ASA de Sablons, Salaise-Agnin-Chanas et Péage de Roussillon prélèvent à elles seules 73% du volume annuel total agricole.

Figure 48: Répartition des volumes annuels prélevés pour l'agriculture en 2011, selon le maître d'ouvrage.

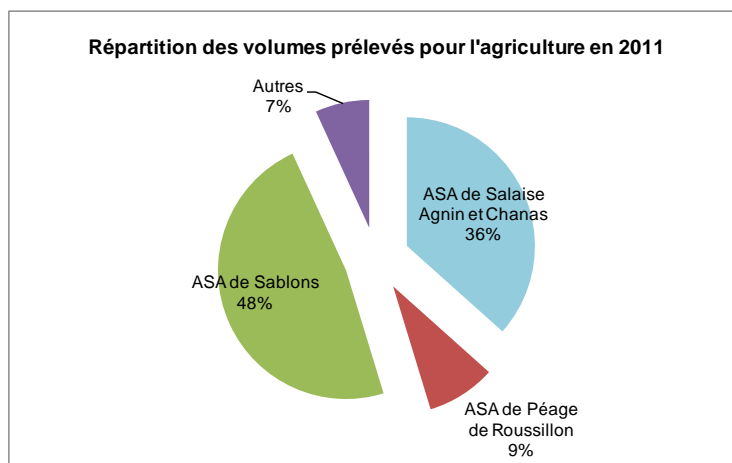
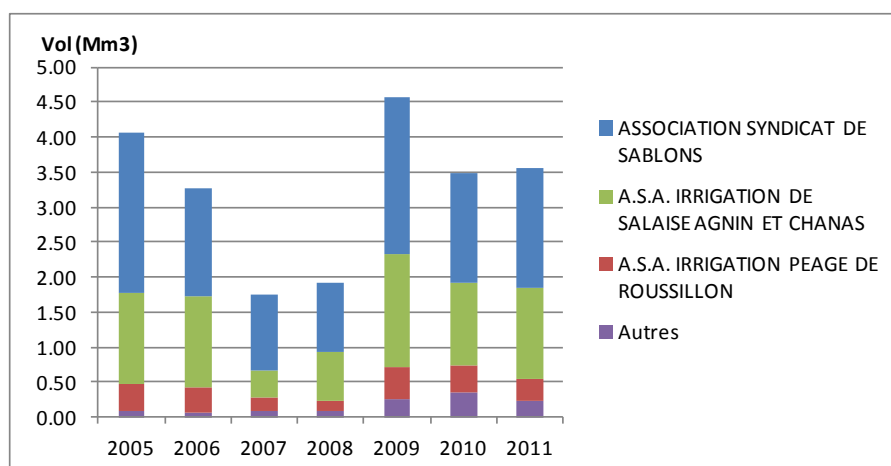


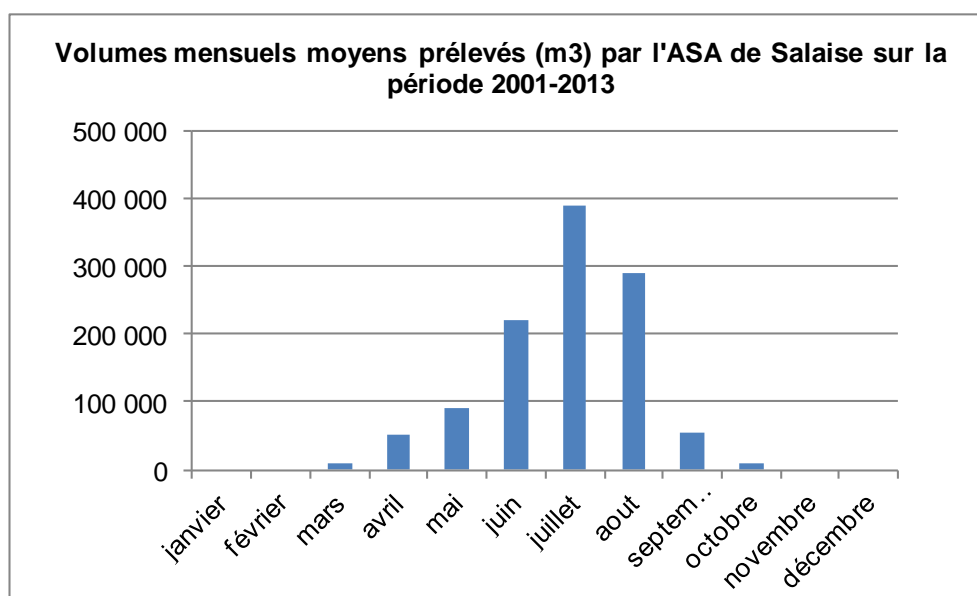
Figure 49: Evolution des volumes prélevés pour l'agriculture de 2005 à 2011, selon le maître d'ouvrage.



Répartition du prélèvement au cours de l'année

Ces trois maîtres d'ouvrage ont été contactés dans l'optique de recueillir des chroniques de prélèvement au pas de temps le plus fin possible. L'ASA de Sablons ne possède pas d'enregistrement de prélèvement inférieur au pas de temps annuel. En revanche, l'ASA de Salaise possède des chroniques mensuelles sur la période 2001-2013. Une synthèse de ces données est présentée dans la figure ci-dessous. L'ASA de Péage de Roussillon possède des chroniques journalières sur la période 2012-2013 qui n'ont pas été reçues à ce jour.

Figure 50: Volumes mensuels moyens (m3) prélevés par l'ASA de Salaise sur la période 2001-2013.



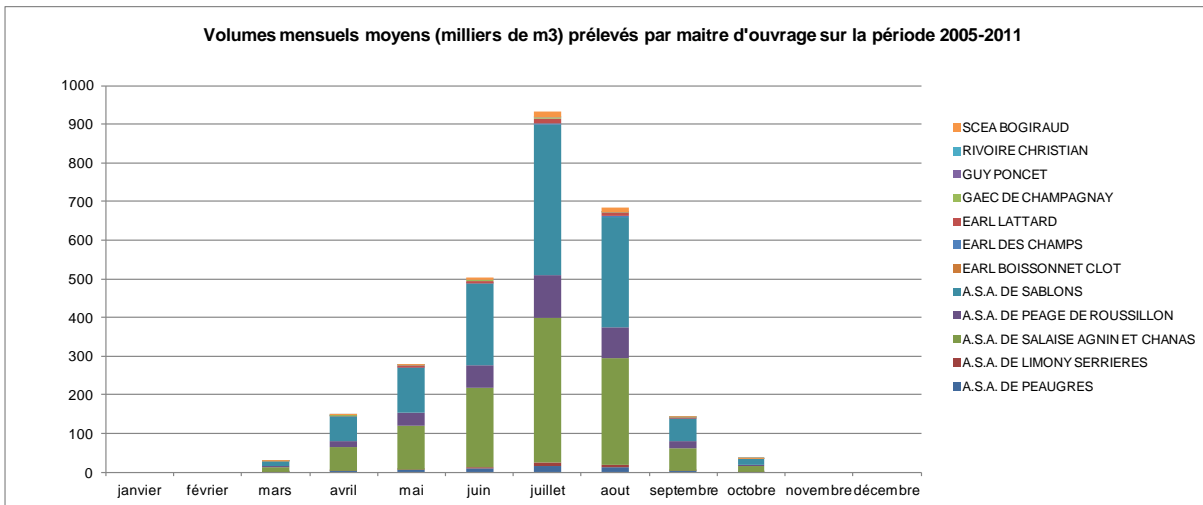
Les surfaces irriguées par maître d'ouvrage ne sont disponibles que sur le département de l'Isère (soit 8 préleveurs sur 12). Sur 99,6% de la surface irriguée (1214 ha), on ne sait pas quelle part correspond à de l'arboriculture et quelle part correspond à des céréales (voir figure ci-dessous). De plus, les données du RGA, même à l'échelle communale, ne serait pas assez précises compte tenu de la taille du périmètre d'étude et de l'absence d'information sur la localisation des parcelles irriguées. Dans ces conditions, il n'est pas envisageable de recourir à un modèle de besoin des plantes, d'autant plus que la valorisation des chroniques de prélèvements de l'ASA de Salaise est beaucoup plus fiable.

Figure 51: Type de cultures et surfaces irriguées pour les irrigants du département de l'Isère.

Type de cultures	Surfaces irriguées (ha)
Arboriculture	5
Maïs + Arboriculture	1214
Petits fruits	1

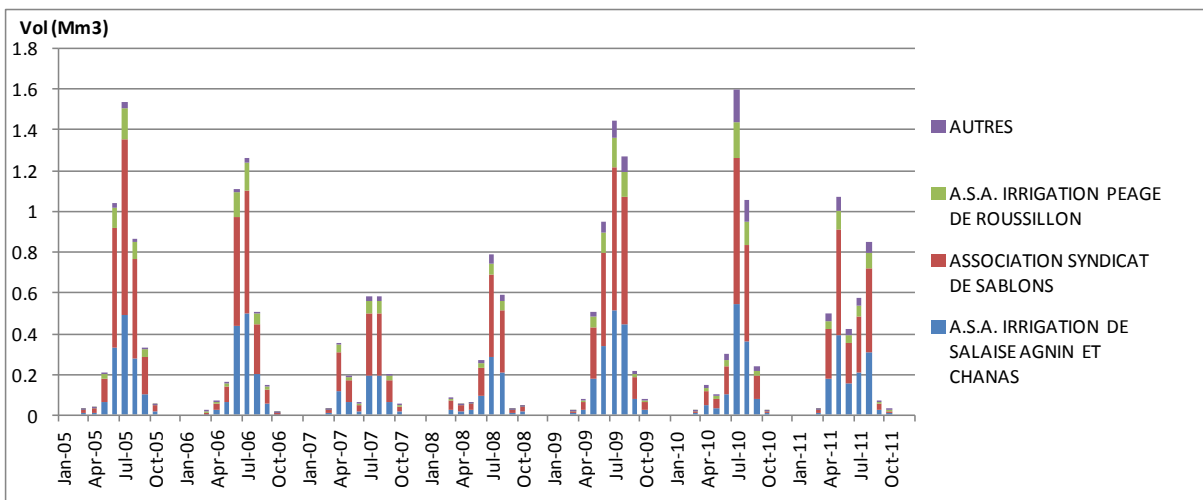
En revanche, nos enquêtes auprès des trois préleveurs principaux et de la chambre d'agriculture de l'Isère nous ont permis de constater que le type de culture, le mode d'irrigation (aspersion et goutte à goutte), ainsi que le pilotage de l'irrigation étaient très homogènes sur le périmètre de l'étude. C'est pourquoi nous proposons de mensualiser les prélèvements annuels à partir de la répartition mensuelle moyenne des prélèvements de l'ASA de Salaise sur la période 2005-2011.

Figure 52: Estimation par extrapolation des volumes prélevés mensuels moyens pour toutes les ASA.



En suposant que l'ensemble des prélèvements pour l'irrigation sont répartis dans l'année de la même façon que ceux de l'ASA de Salaise, on obtient la chronique mensuelle de prélèvement agricole présentée ci-dessous.

Figure 53 : Prélèvements agricoles mensuels de 2005 à 2011.



Les retours liés à l'irrigation

Irrigation en été

Compte tenu du mode d'irrigation pratiqué sur le périmètre d'étude (aspersion et goutte à goutte), nous estimons, en accord avec la chambre d'agriculture de l'Isère, que les retours éventuels à la nappe sont négligeables.

Antigel au printemps

En plus de l'irrigation estivale, les agriculteurs de la zone d'étude utilisent de l'eau pour protéger leurs cultures du gel. Généralement appliquées en arboriculture, notamment sur les fruits à noyaux, cette pratique consiste à appliquer de l'eau par aspersion sur les cultures pour susciter un dégagement de chaleur liée à la transformation de l'eau en glace. Cette pratique s'effectue aux mois de mars – avril, en fonction des conditions météorologiques (températures atteignant zéro degré et moins). L'eau aspersée n'étant pas consommée par la plante et l'ETP étant très faible pendant la nuit à cette période de l'année, on estime que 90% des volumes aspergés sur le périmètre d'étude retournent à la nappe.

Les enquêtes réalisées auprès des trois ASA citées plus haut permettent d'estimer les surfaces concernées par cette pratique à 100 ha, dont 20 ha se situent en dehors du périmètre d'étude (ASA de Salaise). La chambre d'agriculture de l'Isère estime que les autres exploitations arboricoles sont équipées sur 10% des surfaces irriguées en été, ajoutant ainsi 5 ha. Ainsi, au maximum, 85 ha sont concernés par la pratique de l'antigel sur la zone d'étude. D'après les informations recueillies auprès des ASAs et de la Chambre d'Agriculture, les besoins en eau pour une application sont de l'ordre de 350 à 400 m³/ha (35 à 40 m³/h/ha appliqués pendant 10h).

Le recours à l'antigel est extrêmement variable d'une année sur l'autre. D'après les entretiens effectués, les préleveurs n'ont pas eu recours à l'antigel ces 6 dernières années. Il existe néanmoins de rares cas pour lesquels les préleveurs ont recours à l'antigel plusieurs jours consécutifs. Dans l'hypothèse où les agriculteurs utilisent leurs dispositifs antigel pendant 7 jours répartis sur les mois de mars et avril on estime que le prélèvement total lié à l'antigel représente environ 200 000 m³ (voir tableau ci-dessous)

Surface Antigel retenue (ha)	Besoins en eau max (m ³ /ha/h)	Consommation (m ³) journalière estimée (10 heures par nuit)	Retours (m ³) journaliers estimés (10 heures par nuit)	Consommation (m ³) estimée pour 7 jours	Retours (m ³) estimés pour 7 jours
85	40	34000	30600	238000	214200

Evolution possible des prélèvements et retours liés à l'irrigation

L'évolution future des prélèvements agricoles est généralement très difficile à anticiper et dépend de nombreux facteurs que nous avons tenté de cerner ci-dessous.

- Des surfaces irriguées en potentielle augmentation malgré la suppression de 60 ha sur le périmètre de l'ASA de Sablons.

Compte tenu de l'occupation du sol actuelle sur le périmètre d'étude, il est très peu probable de voir la surface agricole augmenter (milieu déjà fortement sous pression foncière ou protégé) sur ce même périmètre.

Au contraire, le projet de ZIP détaillé plus haut va entraîner la suppression de 60 ha sur le périmètre de l'ASA de Sablons en rive gauche (à partir de 2015).

En compensation de la perte de surfaces irriguées entraînée par le projet, la construction d'un forage d'une capacité de 500 m³/h sera financée en rive droite du canal pour alimenter 15 ha supplémentaires sur les parcelles adjacentes au forage.

La création de la ZAC du Saluan, bien que située à l'extérieur du périmètre d'étude, est susceptible d'impacter les prélèvements agricoles de la zone d'étude. En effet, en compensation de ce projet, 200 ha situés à l'extérieur de la zone d'étude pourraient être alimentés par un prélèvement effectué dans la zone d'étude (à partir du Rhône et/ou de sa nappe d'accompagnement). Le dimensionnement s'élève à 200 m³/ha /an (3 m³/ha/h).

En résumé, 155 ha (200 – 60 + 15) supplémentaires sont susceptibles d'être irrigués à partir de la nappe du Rhône au niveau de Péage de Roussillon. En conséquence, les prélèvements agricoles à partir de la nappe sont susceptibles d'augmenter. En revanche, les retours dans la nappe devraient diminuer, les nouvelles surfaces étant situées à l'extérieur de la zone d'étude.

- Une stabilité du type de cultures

Aucune modification de ce type n'est a priori prévue sur la zone d'étude. Il n'est pas possible à ce stade d'évaluer les réactions et décisions des agriculteurs sur le type de cultures pratiquées en adaptation au contexte futur (politique agricole, évolution des prix, évolution du climat. ..)

- Peu d'évolution du prélèvement liée à l'évolution des pratiques

L'irrigation gravitaire n'étant pas du tout pratiquée sur la zone d'étude, on estime que les marges de manœuvre pour réaliser des économies d'eau sont faibles.

- Des modifications climatiques qui tendent à faire augmenter les besoins à l'hectare

Les travaux scientifiques sur le changement climatique identifient, à moyen et long terme, sous nos latitudes, une augmentation de la température annuelle moyenne et une modification de la répartition inter saisonnière de la pluviométrie. Les impacts de ces changements sur les besoins en eau agricole pourraient théoriquement conduire à :

- une diminution des besoins d'antigel (même si le réchauffement n'exclut pas des gelées tardives, et qu'il implique plutôt une relative avance de la phénologie par rapport au calendrier actuel) ;
- une augmentation des besoins en eau parallèlement à l'augmentation de l'ETP.

2.1.8 Approches de modélisation (BURGEAP, 2007)

2.1.8.1 Construction du modèle

Les éléments de construction du modèle sont décrits dans le rapport BURGEAP (2007a).

- Le domaine modélisé est limité à l'Est par les formations encaissantes. Au Nord et au Sud, on a des limites arbitraires du domaine. La limite occidentale correspond au Vieux Rhône, excepté la plaine alluviale de Limony qui est aussi modélisée.
- La taille des mailles est de 20m x 23 m environ, ce qui donne un nombre de mailles de l'ordre de 165 000.
- Le réservoir est représenté comme un monocouche.

Les conditions aux limites prises en compte sont les suivantes :

- Limite à flux imposé sur les bordures Nord, Est et Sud du modèle ;
- Limite à flux imposé pour la bordure Ouest de la plage alluviale de Limony ;
- Limite à potentiel variable à l'Ouest, représentée par le Vieux Rhône (potentiel variable selon la charge du fleuve et un coefficient d'échange fleuve-nappe). La ligne d'eau modélisée tient compte des différentes valeurs disponibles mesurées aux échelles limnimétriques sur le Vieux Rhône, et de l'effet du seuil de Peyraud.

Des conditions à potentiel variable ont également été intégrées pour modéliser les différents cours d'eau jouant un rôle dans l'alimentation ou le drainage de la nappe alluviale, à l'intérieur du modèle :

- Canal de dérivation (la cote du fil d'eau est considérée constante à 144,4 m NGF, avec un tirant d'eau de 11 m environ) ;
- Contre-canaux en rives droite et gauche du canal principal, au Nord de la prise d'eau (l'effet hydraulique des contre-canaux au Sud de la prise d'eau étant intégré dans celui du canal principal). Les résultats du profil en long du contre-canal rive droite, établi lors d'une précédente étude du marais des Oves ont été valorisés dans le modèle ;
- Bief d'amenée alimentant la lône de la Platière ;
- Lône de la Platière et ses principales mailles hydrauliques connexes. Le profil en long réalisé par la CNR le 9 juin 2005 et les profils réalisés lors de la restauration des lônes du Noyer et de l'Illon ont été valorisés dans le modèle.

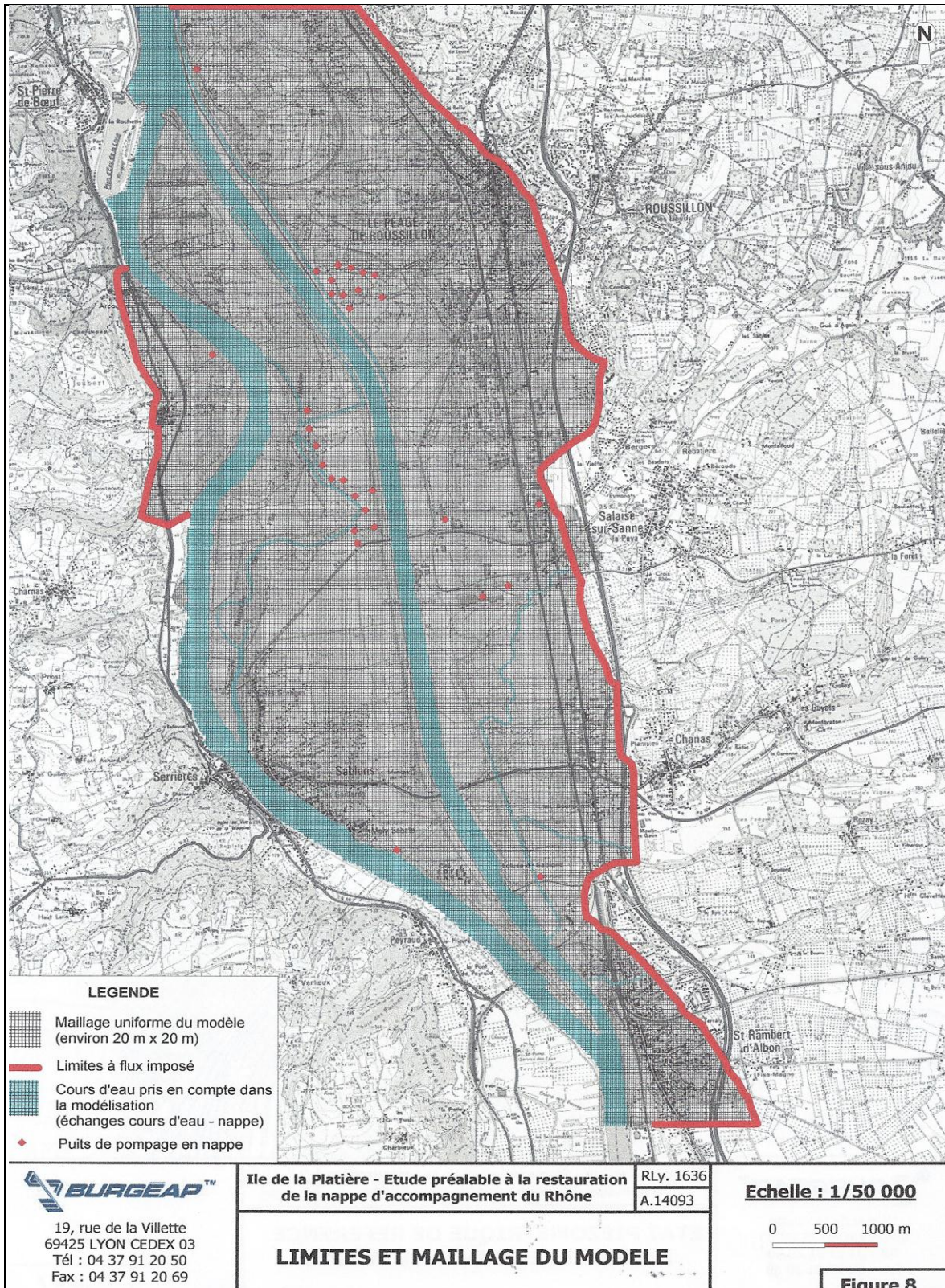
L'ensemble des éléments hydrographiques, cours d'eau, canal, contre-canaux, ont été pris en compte sous forme d'éléments 'rivière' caractérisés par leur fil d'eau, la cote du radier et leur capacité d'échange avec la nappe limitée par la nature et l'épaisseur de dépôt des sédiments. Les valeurs de coefficient d'échange, éléments partiels du calage, ont été estimées en première approche sur la base des connaissances disponibles des exploitants et gestionnaires (canal et contre-canaux, lônes) et d'observations réalisées sur le terrain.

Les coefficients de perméabilité hydraulique pour les alluvions fluviales modernes du Rhône ont été précisés lors de la recherche bibliographique. Ces alluvions constituées de sables et de galets, présentent des coefficients de perméabilité compris entre 4.10^{-4} m/s et 1.10^{-2} m/s.

La porosité efficace est estimée à environ 10% sur l'ensemble de l'aquifère.

Les données disponibles relatives aux précipitations et aux températures à Sablons (1961-2004), ont permis après calcul de l'évapotranspiration, de déterminer la pluie utile moyenne annuelle. Pour les calculs en régime permanent, la valeur retenue dans la modélisation est de 160 mm/an.

Figure 54 : Limites et maillage du modèle (BURGEAP, 2007a).



2.1.8.2 Calage en régime permanent

L'état piézométrique de référence retenu pour le calage des paramètres hydrodynamiques du modèle correspond à l'état piézométrique de moyennes eaux du 10 juin 2005. Le débit réservé appliqué au Vieux Rhône à cette date était de 20 m³/s.

Les conditions aux limites et les perméabilités ont été ajustées sur la base de cet état de référence pour caler l'état piézométrique calculé (BURGEAP, 2006). À l'exception des cônes d'alimentation des pompages d'EUROFLOAT et de l'ASA Salaise qui ne sont pas représentés sur la carte piézométrique réelle, globalement les différences entre les côtes réelles et les côtes calculées sont inférieures à 0,40 m et pour 75% des points de contrôle sont inférieures à 0,20 m.

Le calage piézométrique est donc considéré comme satisfaisant.

2.1.8.3 Calage en régime transitoire

Le calage du modèle en régime transitoire est effectué par ajustement du coefficient d'emmagasinement (BURGEAP, 2007c).

C'est un paramètre hydrodynamique qui régit, avec la transmissivité, la propagation dans le temps et l'espace, des influences liées aux variations de niveau ou de conditions aux limites. Il caractérise la dynamique de l'aquifère et notamment de vidange de ce dernier dans les périodes de décrue estivale. Pour le calage du modèle en régime transitoire, il a été intégré en première approche, les valeurs de coefficient d'emmagasinement identifiées lors de la recherche bibliographique (mesures sur le terrain lors d'essais de pompage). Dans un deuxième temps, la comparaison des chroniques piézométriques calculées par le modèle à celles qui sont observées (suivies) permet d'affiner le coefficient d'emmagasinement en cherchant à restituer une meilleure dynamique.

Les coefficients d'emmagasinement retenus sont compris entre 6 et 18%.

Le calage en régime transitoire a été réalisé sur une période de 18 jours : du 7 septembre au 25 septembre 2006. En effet, durant cette période, les débits prélevés par OSIRIS ont subi une nette diminution à partir du 15 septembre avec deux jours sans prélèvements les 22 et 25 septembre. Plus précisément, les puits de pompage des deux champs captant d'OSIRIS ont été progressivement arrêtés courant septembre 2006 selon le planning suivant :

- 7 au 10 septembre : exploitation normale 100 % des débits ;
- 11 au 15 septembre : exploitation diminuée de 15% ;
- 16 au 19 septembre : diminution progressive jusqu'à l'arrêt total ;
- 20 au 27 septembre : arrêt complet de tous les puits ;
- 28 septembre : reprise progressive des pompages.

Le pas de temps en régime transitoire est journalier.

Le calage s'est fait par ajustement visuel de quatre courbes piézométriques simulées avec des courbes piézométriques mesurées (mesures au pas de temps journalier en général). Les tendances simulées sont bonnes (excepté à proximité du champ captant du SIGEARPE) et on observe des décalages entre courbes simulées et courbes mesurées compris entre 20 et 50 cm.

La qualité du calage a aussi été améliorée grâce à trois campagnes piézométriques sur plus de 50 points de mesure les 7, 15 et 25 septembre 2006.

Des mesures limnimétriques ont aussi été réalisées durant cette période ; les variations des lignes d'eau sont centimétriques. A noter que jusqu'au 25 septembre inclus, le débit du Vieux Rhône est de 10 m³/s ; il devient variable après cette date.

2.1.8.4 Stratégie de modélisation

Modélisation en régime permanent

Afin de déterminer l'impact relatif des pompages sur les zones d'intérêt écologique, il a été mis en place une première démarche avec des simulations en régime permanent. Elle était basée sur la réalisation d'un nombre important de simulations (22) en régime permanent, de manière à croiser plusieurs types d'hypothèses :

- Modification du débit réservé de 20 à 109 m³/s.
- Arase partielle du seuil de Peyraud.
- Modification de la politique de prélèvements.

Chaque simulation a alors été discutée en termes de gain ou de perte en piézométrie ; ces gains et ces pertes sont localisés par rapport aux zones de priorité écologique.

Il est intéressant de noter que les apports par infiltration de la pluie efficace représentent seulement entre 3 et 7 % des entrées dans les bilans calculés par sous-secteurs.

Modélisation en régime transitoire

Puis, dans un deuxième temps, une approche similaire a été réalisée en régime transitoire, avec les caractéristiques suivantes :

- Période de modélisation : octobre 2005 à septembre 2006 ;
- Pas de temps de calcul journalier.
- Pas de temps d'entrée des données (débits) : journalier (AEP), mensuel (agricoles, industriels) ;
- Les précipitations ont été définies comme des précipitations moyennes calculées à partir des données de Sablons sur 3 à 5 ans :
- La ligne d'eau du RCC et ses variations ont été définies à partir d'un débit journalier moyen sur les 5 dernières années (données CNR) ; les lignes d'eau ont été calculées soit à partir de la courbe de tarage soit par extrapolation à partir des lignes d'eau de référence définies dans la première étude ;
- La ligne d'eau du canal de dérivation et ses variations ont été définies à partir de la cote moyenne journalière mesurée par la CNR en amont de l'usine-écluse de Sablons sur les 5 dernières années ;
- La ligne d'eau des îlons a été définie sur la base des données disponibles et des connaissances de la Réserve Naturelle ;
- L'état initial permettant de mener ses simulations a été recréé pour correspondre à un état de moyennes eaux (plus haute qu'en septembre 2006 et moins hautes qu'en juin 2005).

Comme en régime permanent, un nombre important de simulations en régime transitoire a été réalisé (18) afin de d'étudier l'impact des différentes politiques de prélèvement sur les niveaux piézométriques.

Dans cette démarche, les résultats des simulations ont été analysés plus finement, notamment en regardant l'impact des politiques de prélèvement sur l'envasement des limons des paléo chenaux. La comparaison des niveaux piézométriques avec le toit des graviers ou le terrain naturel a été effectuée au droit d'un point représentatif de chacun des paléo chenaux. Ces points correspondent soit au barycentre du paléo chenal (pour les paléo chenaux sans forme particulière), soit au point correspondant à 75% de la surface du paléo chenal calculée à partir de l'amont du paléo chenal.

3. ELEMENTS D'ORIENTATION

3.1 AVIS SOMMAIRE SUR L'ETENDUE DES CONNAISSANCES

3.1.1 Eléments certains

La synthèse des données récoltées à ce stade de l'étude permet de mettre en évidence les éléments suivants :

- Bonne connaissance de la géométrie de l'aquifère à grande échelle : nature du substratum, profondeur du mur, propriétés hydrodynamiques,....
- Qualité et densité de mesures piézométriques suffisantes pour la démarche de modélisation. Idem pour les mesures hydrométriques sur les cours d'eau superficiels.
- Connaissance suffisante des données de prélèvements pour la démarche de modélisation : localisation, volumes prélevés mensuels, clé de répartition pour passer en journalier pour le plus gros préleveur,...
- Données de qualité et en précision suffisante pour conduire l'expertise scientifique sur les relations entre les compartiments superficiels et la nappe (MNT du Plan Rhône, cartographies des paléo chenaux, épaisseur des limons,...).

3.1.2 Eléments incertains

Cette première partie de l'étude a permis de mettre en évidence les éléments incertains suivants :

- Comportement piézométrique de la plaine de Sablons. On y observe une tendance à l'augmentation des niveaux piézométriques qui pourrait être expliqué par la baisse tendancielle des prélèvements industriels. Cette hypothèse devra être étudiée lors des phases de modélisation ultérieures.
- Flux souterrains aux limites du modèle. La localisation des contacts avec la molasse sont incertains ; idem pour celles des zones fracturées conductrices dans les roches de socle en rive droite. Il faut donc considérer ces flux comme des variables d'ajustement du modèle.
- De la même façon, le degré de colmatage des cours d'eau et toujours complexe à mesurer. Lalot (2013) propose une première estimation du paramètre d'échange pour différents compartiments superficiels ; mais il le fait sur une base déductive, non univoque, qui résulte de l'exploitation de modélisation. Idem pour BURGEAP lors de leur démarche de modélisation. Il faut donc aussi considérer ces paramètres d'échange comme des variables d'ajustement du modèle.

3.1.3 Avis sur la capacité du modèle numérique à satisfaire les objectifs de l'EVP

Au vu des éléments présentés ci-dessus, et sans préjuger de la robustesse du modèle numérique qui sera étudiée en phase 2, on ne peut que conclure sur la capacité intrinsèque du modèle à satisfaire les objectifs de l'étude de détermination des volumes prélevables.

- Il intègre la géométrie du réservoir de façon assez fine (maillage fin et adapté).
- Il autorise une bonne représentation des conditions aux limites (niveaux d'eau dans les cours d'eau, apports des formations encaissantes, infiltration des eaux de pluie, forages...).
- Il est basé sur un premier calage qui a permis de valider sa capacité à simuler une partie des phénomènes susceptibles d'affecter la nappe alluviale.

Sa seule limite intrinsèque à une bonne représentation des phénomènes réels est sa structure monocouche. On sait que dans certains secteurs les limons peuvent présenter des épaisseurs importantes et le modèle n'est pas capable de représenter correctement cette complexité. Il en résulte la possibilité que les niveaux piézométriques simulés en cas de dépassement du contact entre alluvions graveleuses et horizons limoneux, peuvent être significativement erronés. Idéalement, il faudrait un modèle bicouche pour représenter correctement ces phénomènes.

On peut cependant considérer que cette limitation, de par son caractère restreint (phénomènes spatialement et temporellement limités), ne pourra avoir qu'un impact mineur sur les conclusions que l'on cherche à obtenir par l'usage du modèle.

Pour finir, on observe une source potentielle d'imprécision locale, liée au choix du domaine modélisé qui exclue la plaine alluviale en rive droite du Rhône libre à l'aval du seuil de Peyraud. Or, ce secteur est soumis à de forts prélèvements qui sont susceptibles d'influencer les niveaux piézométriques en rive gauche, comme cela a été démontré par Lalot (2013) sur la plaine de Limony ; ces prélèvements, et donc leur influence, ne peuvent être intégrés dans le modèle en l'état. Ajoutons que dans ce secteur, on trouve des forêts remarquables protégées au titre de NATURA2000.

3.2 SECTORISATION DU DOMAINE MODELISE

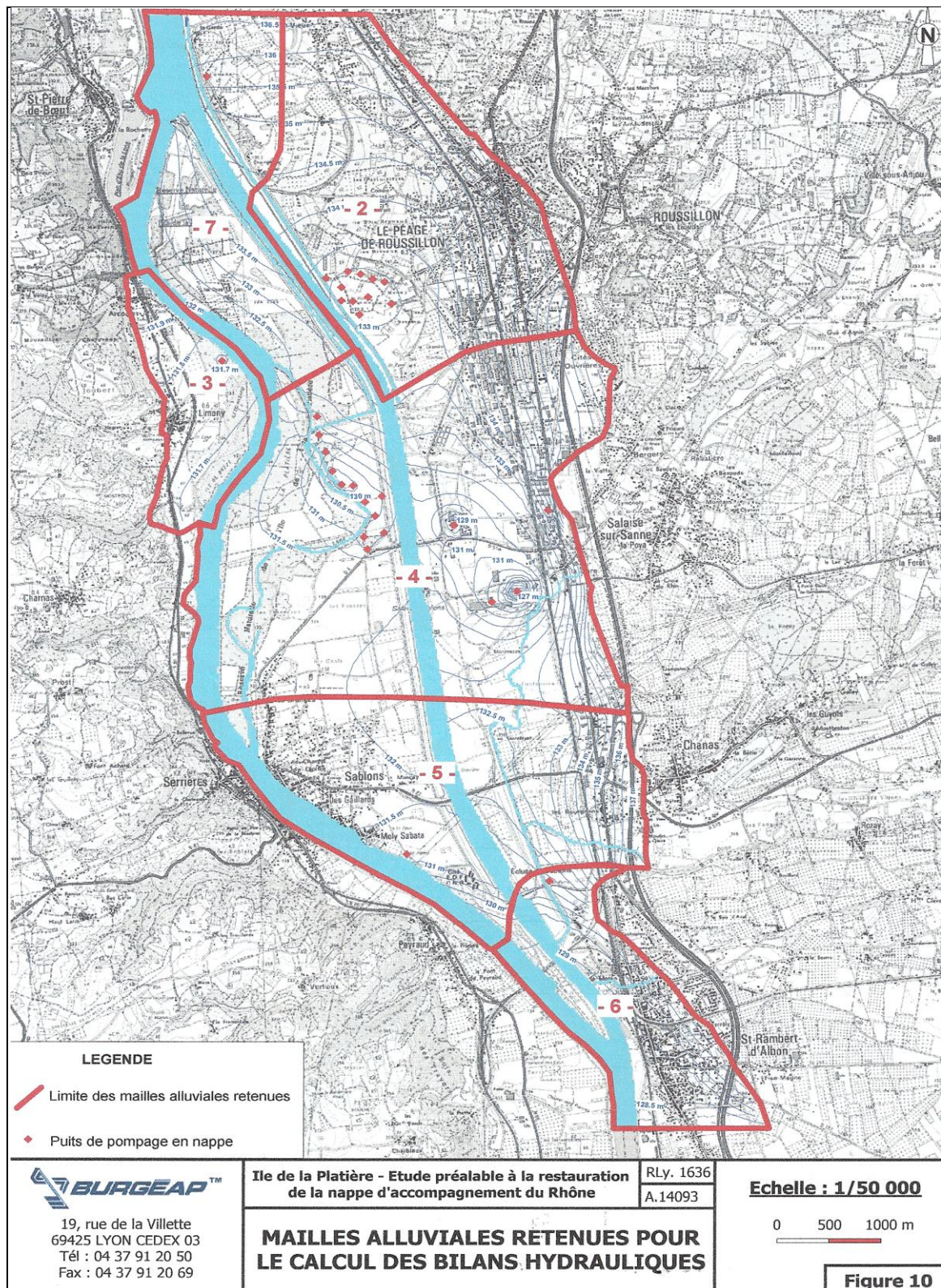
3.2.1 Sectorisation proposée par BURGEAP

Sur la base des deux cartes piézométriques (état de référence et piézométrie calculée), BURGEAP AVAIT par le passé proposé une première sectorisation de la plaine alluviale. La discrétisation individualise 6 grandes mailles, correspondant aux principaux tubes de courant et sens d'écoulement dans la plaine :

- 2 : la plaine alluviale amont en rive gauche du canal d'amenée (7,22 km²) ;
- 3 : plaine de Limony (2,06 km²) ;
- 4 : plaine alluviale centrale et lône de la Platière (12,54 km²) ; une sous-maille placée au sein de la maille 4 a permis d'évaluer le rôle des lônes dans les écoulements d'eau souterraine ;
- 5 : plaine alluviale aval (6,88 km²) ;
- 6 : plaine alluviale aval (3,3 km²) ;
- 7 : amont de l'île de la Platière (4,72 km²).

Cette sectorisation est rappelée dans la figure ci-dessous.

Figure 55 : Sectorisation de la plaine alluviale proposée par BURGEAP (2007a).



3.2.2 Proposition de sectorisation pour l'EVP

Globalement, la sectorisation proposée par BURGEAP traduit bien les grandes zonalités hydrogéologiques observées dans ce secteur de plaine alluviale. Nous proposerons cependant une nouvelle sectorisation, basée sur certaines considérations mineures et d'autres plus fondamentales.

On observe ainsi des améliorations potentielles mineures pour certaines limites qui ont été légèrement réajustées (variations latérales de quelques centaines de mètres) :

- La limite entre les zones 5 et 6 doit passer par l'usine hydro électrique et par le seuil de Peyraud. En aval de ces points singuliers, la nappe est systématiquement drainée par le canal de fuite et par le Rhône libre. Sur le flanc Est, on a aussi légèrement remonté le contact vers le Nord pour le caler sur la limite entre les alluvions fluvio-glaciaires et les molasses miocènes.
- La limite entre les zones 7 et 4, sur l'Île de la Platière, a été légèrement décalée vers le Nord pour englober la totalité de la Lône (cohérence en matière de représentation des enjeux).
- Idem pour la limite entre la zone 4 et la zone 5 (léger décalage vers le Sud).

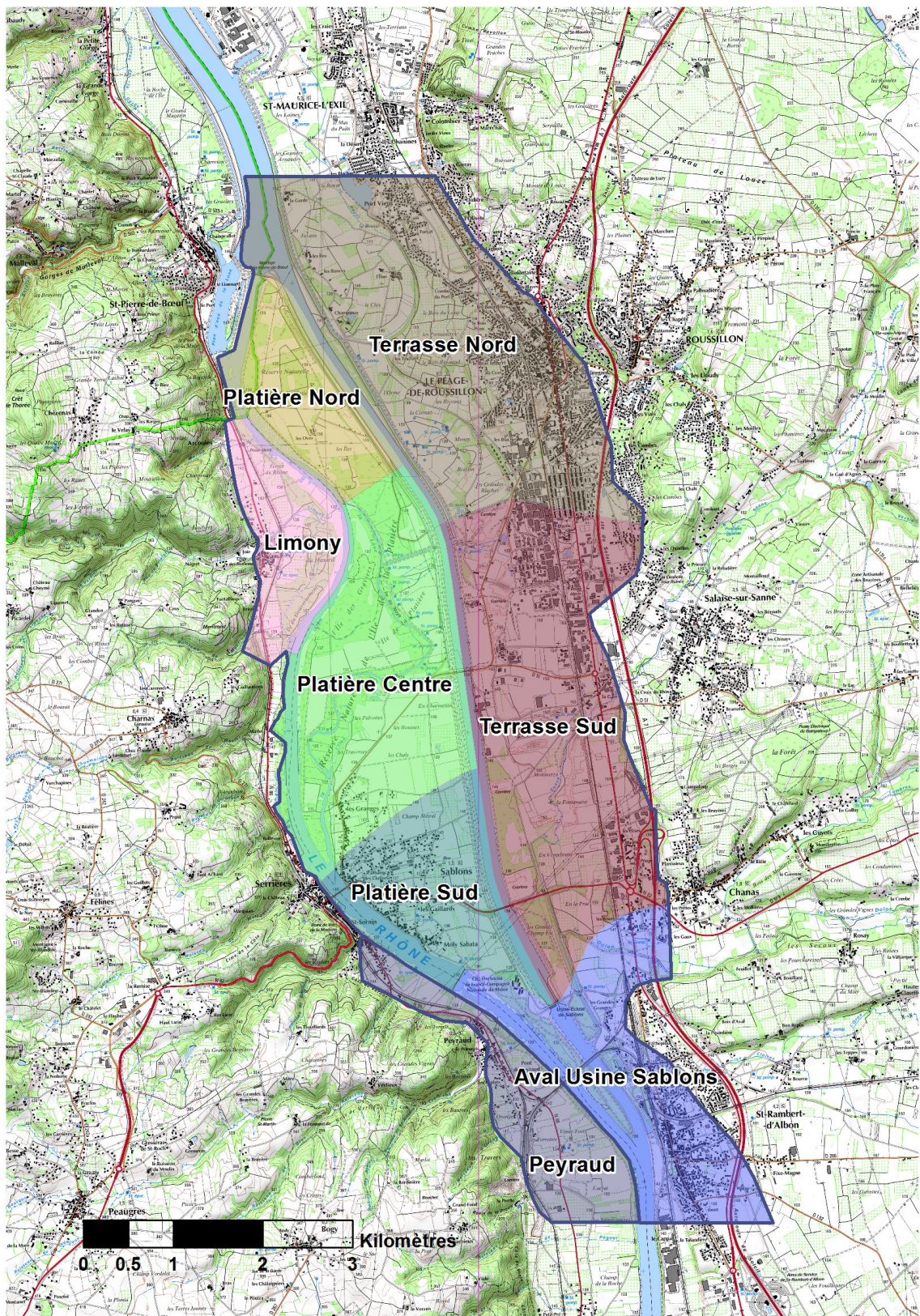
De façon plus fondamentale, la sectorisation proposée par BURGEAP intégrait les aires d'influence des principaux captages. Nous préférons substituer à cette logique, une logique plus hydrogéologique en intégrant les grandes zonalités en matière d'alimentation latérale, de limites hydrogéologiques (cf. chapitre relatif à la géométrie du réservoir). En effet, l'étude de détermination des volumes prélevables doit élargir le champ de réflexion et d'exploration au delà des seuls prélèvements actuels. Il nous faut donc à ce stade de l'étude envisager l'hydro système comme non influencé par les prélèvements, avant de réfléchir aux impacts potentiels qu'il pourrait subir.

De plus, nous avons voulu intégrer aussi le rôle du canal de dérivation. En effet, si celui-ci ne constitue pas une limite hydrogéologique au sens strict, il a été démontré qu'il participe à l'alimentation de la nappe par des pertes continues qui traversent la zone non saturée ; or, on peut assimiler en première approximation ces pertes à une ligne de pompage en injection. Ce qui veut dire que si le canal n'empêche pas les variations de piézométrie importante de passer de la rive gauche vers la rive droite (et vice-versa), il joue un rôle hydrogéologique non négligeable en tamponnant ces variations. En nous appuyant sur cette logique, nous avons ainsi distingué les secteurs dit de la Platière, des secteurs des terrasses, ce qui est nouveau par rapport à la sectorisation BURGEAP.

Pour finir, là où BURGEAP séparait deux secteurs en rive gauche du canal de dérivation, à l'aval de Péage-de-Roussillon, nous avons préféré conserver un seul secteur dit Terrasse Sud. En effet, les deux secteurs BURGEAP présentent des caractéristiques hydrogéologiques très semblables : alimentation latérale par la molasse miocène, influence de la Sanne, même structure de réservoir et effet tampon du canal de dérivation sur leur bordure occidentale.

Précisons que le secteur de Peyraud ne fait pas partie du domaine modélisé. Il est représenté ici car E. Lalot (2013) a démontré que le Rhône libre n'était pas une barrière aux écoulements entre les deux rives ; il nous semblé utile à ce stade de l'étude de collecter des données de prélèvement sur ce bout de nappe car des prélèvements forts pourraient éventuellement être susceptibles d'expliquer des anomalies constatées en rive gauche du Rhône libre.

Figure 56 : Sectorisation de la plaine alluviale proposée pour l'EVP.



3.3 INERTIE DES HYDRO SYSTEMES ET TEMPORALITE DES PHENOMENES

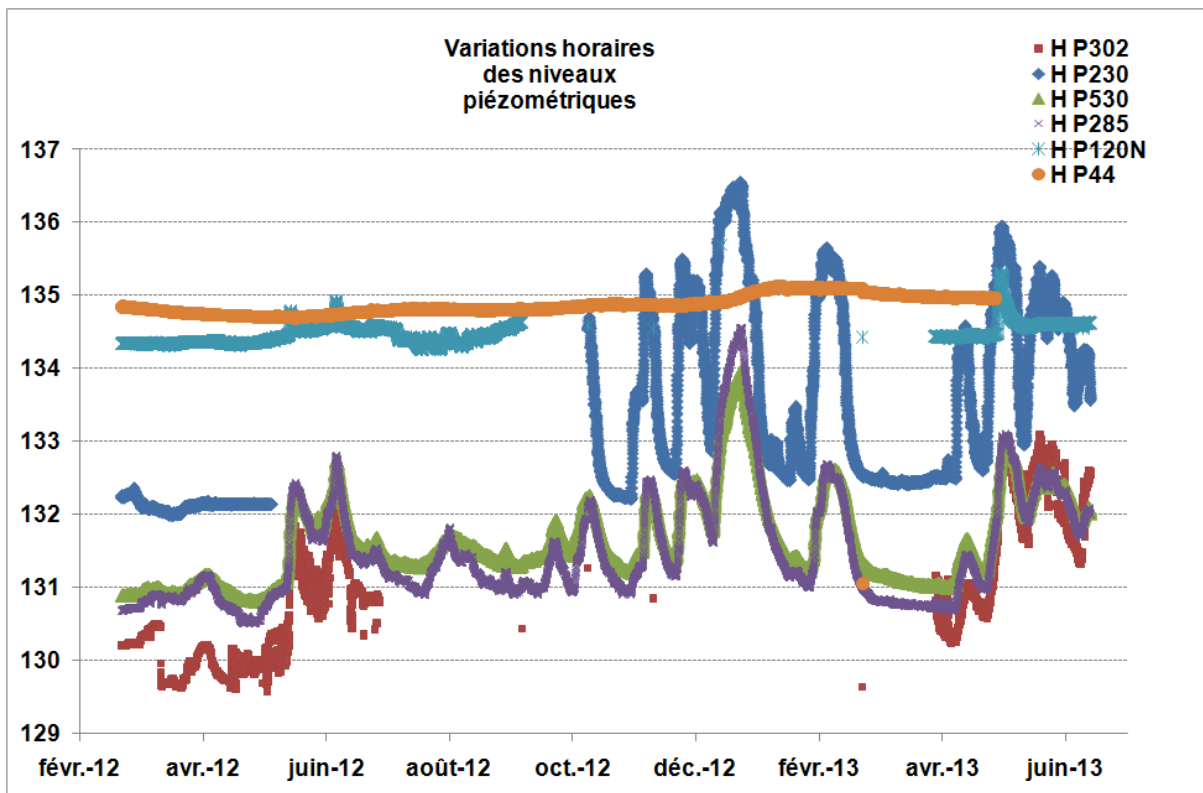
3.3.1 Temporalité des phénomènes à modéliser

3.3.1.1 Données piézométriques

La compréhension des facteurs explicatifs de la variabilité de la piézométrie de la nappe est le sujet principal de la thèse d'Eric Lalot (2013). Il s'agit donc d'un document fondamental, qui apporte de nombreuses clés de compréhension sur cette problématique complexe avec un focus riche sur le secteur de Péage de Roussillon.

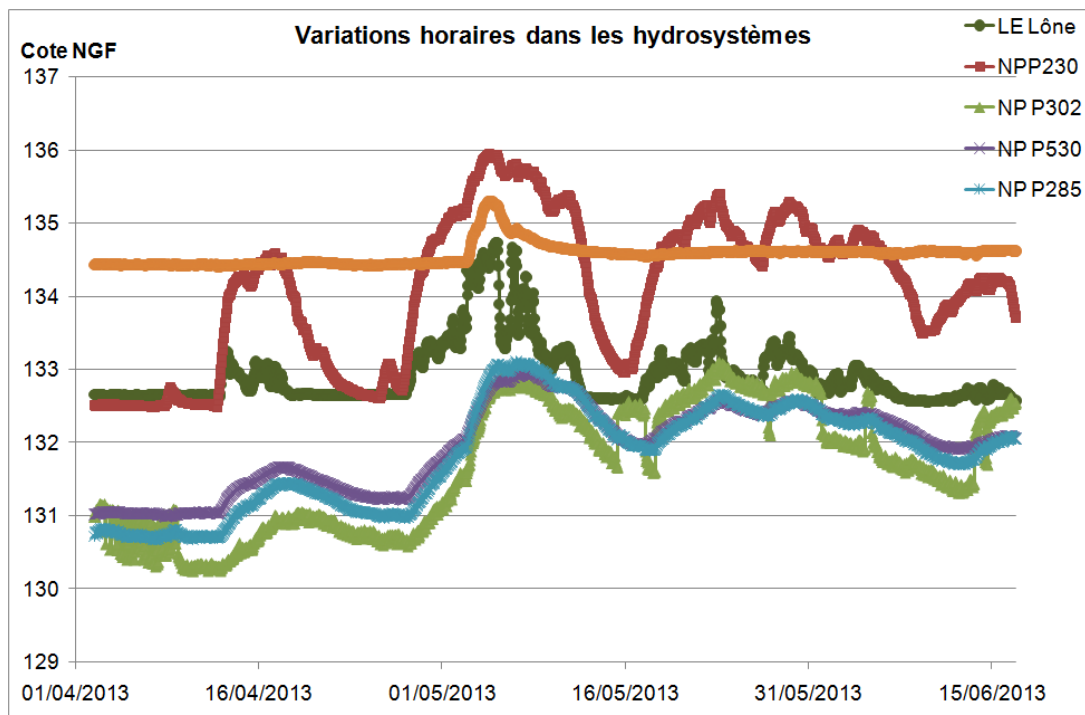
Rappelons que pour satisfaire cet objectif, il a instrumenté la nappe de six capteurs à mesures automatiques avec un pas de temps horaire. Quatre de ces capteurs sont situés sur l'Île de la Platière, à des distances de quelques centaines de mètres du cours d'eau. On constate sur ces suivis de très fortes variations piézométriques :

Figure 57 : Chroniques piézométriques au pas de temps horaire (données récoltées par E. Lalot, École des Mines de St Etienne).



Pour compléter son analyse, il a aussi mesuré au pas de temps horaire le niveau de la ligne d'eau dans la lône principale. La figure ci-dessous montre l'excellente corrélation entre cette ligne d'eau et les niveaux piézométriques mesurés :

Figure 58 : Evolution comparée du niveau d'eau dans la lône et dans les piézomètres, au pas de temps horaire (données récoltées par E. Lalot, École des Mines de St Etienne).



Sans rentrer dans le détail des analyses de grande qualité proposées par E. Lalot en terme de traitement de ces signaux (piézomètres EMSE mais aussi suivi en continu de la CNR), il démontre au moyen de différentes approches statistiques, que le niveau du cours d'eau contrôle fortement les relations nappe-rivière dans le secteur de Péage de Roussillon. Les critères déterminant sont notamment l'amplitude des fluctuations ainsi que le contenu fréquentiel du signal de variation du niveau d'eau. L'amplitude des fluctuations est susceptible de contrôler partiellement le niveau de la nappe, même à grande distance du cours d'eau.

À l'aide d'une analyse statistique en composantes principales, il propose une cartographie des zones pour lesquelles les variations piézométriques sont principalement expliquées par les variations de niveaux dans le Rhône. Il s'agit des zones pour lesquelles le coefficient de saturation est supérieur à 0.3 (le coefficient de saturation est une grandeur mathématique qui mesure la corrélation entre un phénomène et un facteur dans l'analyse statistique en composantes principales). Il note cependant que le niveau d'eau du Rhône exerce un effet sur l'ensemble de la nappe alluviale : les coefficients de saturation associés à la première composante principale sont relativement importants pour l'ensemble des points de mesure. Ainsi, selon cette méthode d'analyse, la fluctuation de la ligne d'eau du Vieux-Rhône est le principal facteur expliquant la variabilité des niveaux de nappe (70% de la variance observée). Les fluctuations observées sur le canal de dérivation ne se répercutent pas en nappe. Les précipitations ne contribuent pas non plus aux variations de niveau de la nappe, sauf éventuellement au niveau de la plaine de Sablons et à l'Est de cette dernière. En revanche les prélèvements jouent un rôle non négligeable (20% de la variance), notamment au voisinage de la lône de la Platière.

D'autres approches statistiques (analyse corrélatoire simple et analyse de Fourier) confirment ces résultats : les principales sources de variabilité des niveaux de nappe peuvent être cartographiées.

Notons qu'il confirme que la nappe ne réagit pas fortement aux précipitations, du moins aux précipitations sur la zone d'étude.

Figure 59 : Carte des coefficients de saturation associés à la première composante principale (d'après Lalot, 2013) qui témoigne de l'influence première des variations de la ligne d'eau dans le Rhône.

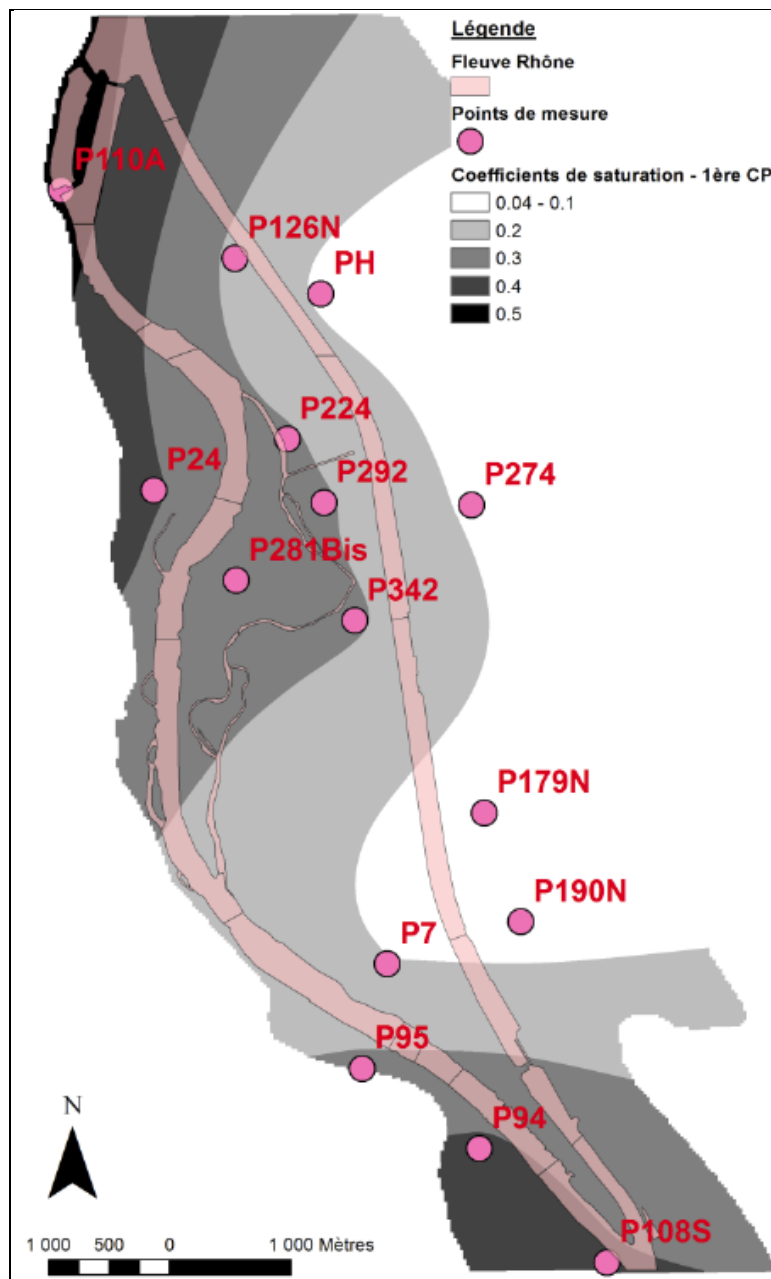
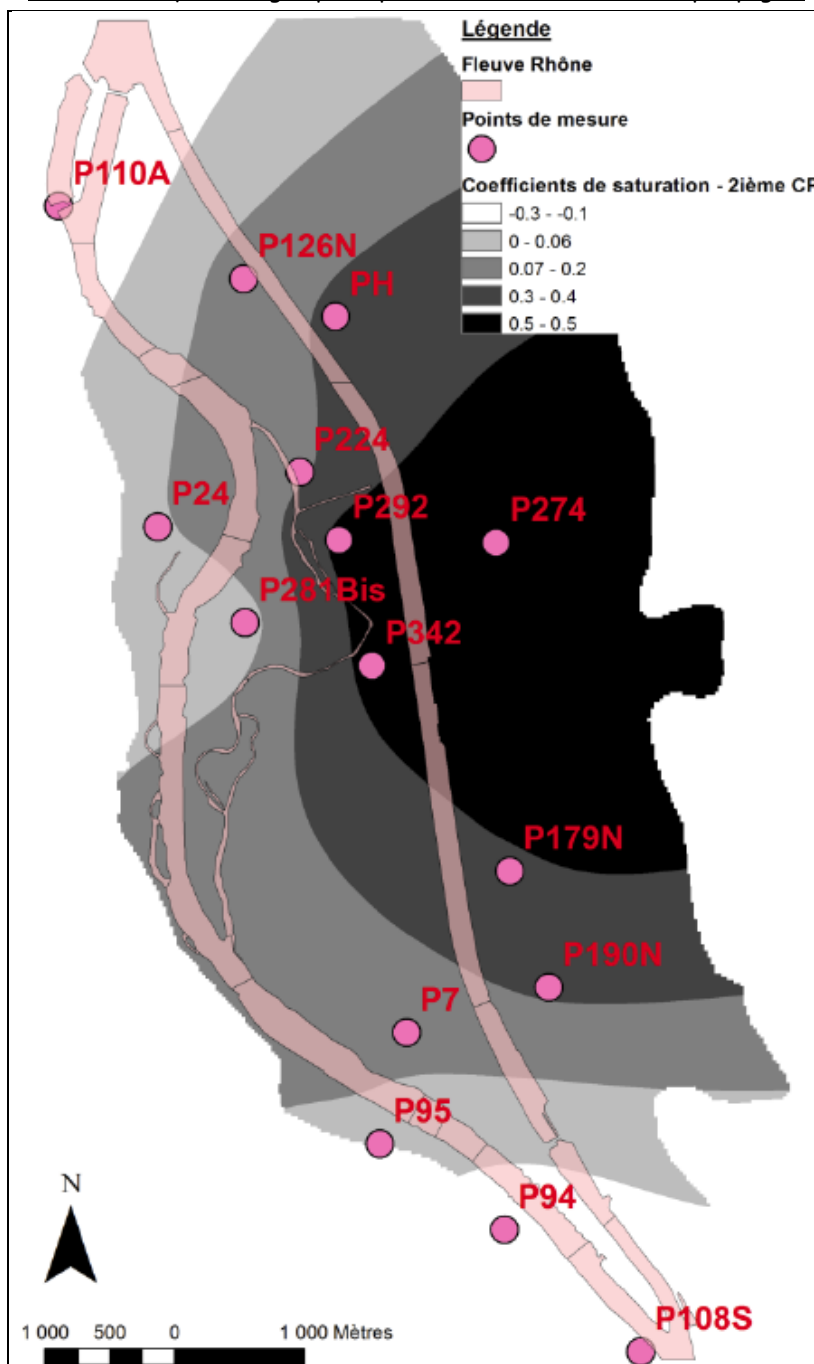
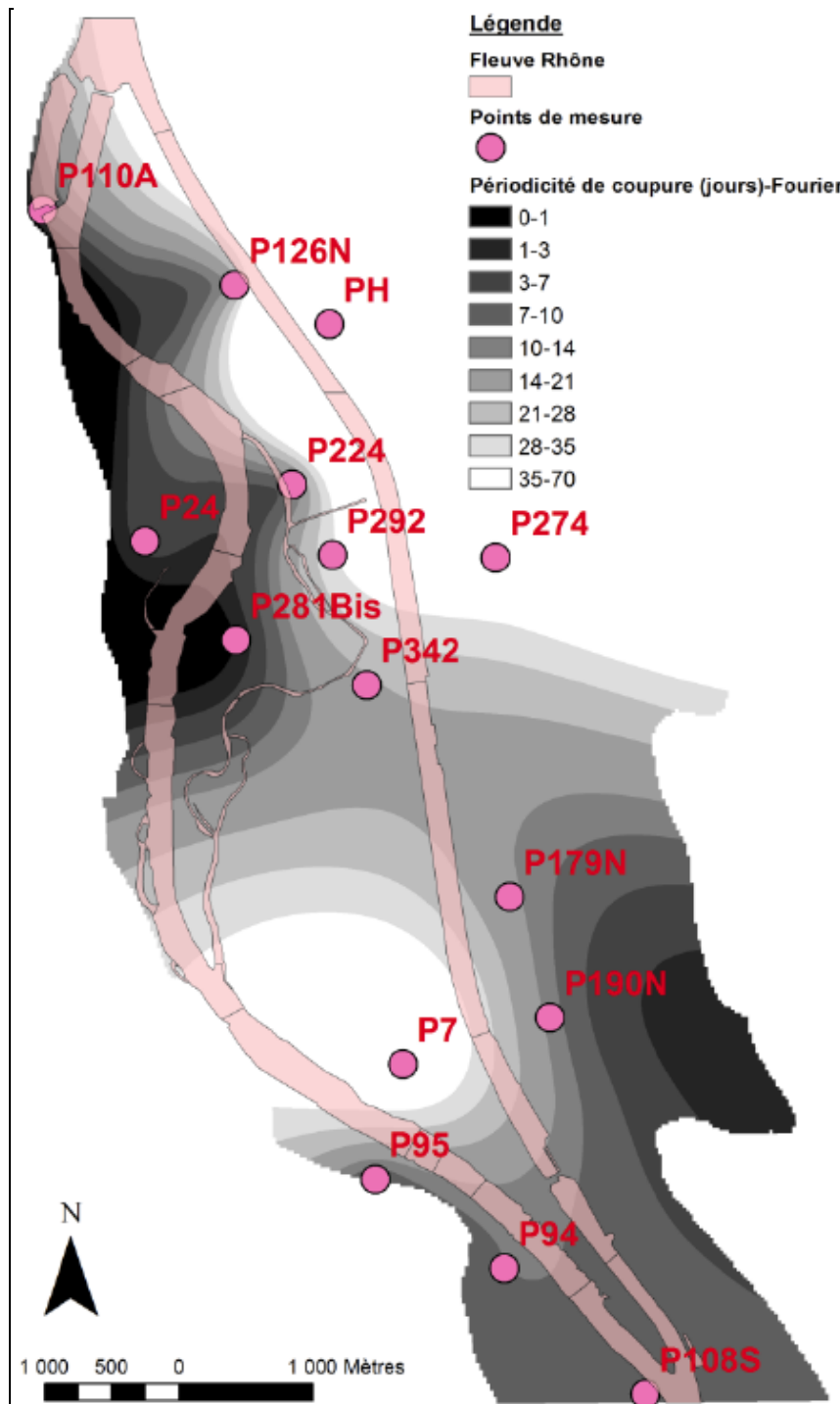


Figure 60 : Carte des coefficients de saturation associés à la deuxième composante principale (d'après Lalot, 2013) qui témoigne principalement de l'influence des pompages.



Lalot (2013) propose aussi une analyse détaillée de la dynamique de propagation des ondes de crue dans le réservoir alluvial. Les temps de retard aux différents points de suivi des niveaux de nappe sont compris entre quelques heures et 10 jours. La vitesse moyenne de propagation en nappe des ondes de pression est comprise entre 80 et 240 m/jour. Il démontre aussi que des perturbations du niveau du Rhône, d'une durée de l'ordre de deux semaines, ont de fortes chances d'être visibles un peu partout en nappe, pour autant que l'amplitude de la variation soit suffisante. En deçà de cette durée, plus la crue est courte, plus la surface du territoire impacté se réduit. Sur la base d'analyses spectrale, il propose une carte qui montre quelles zones de la nappe sont impactées par les crues en fonction de la durée des crues :

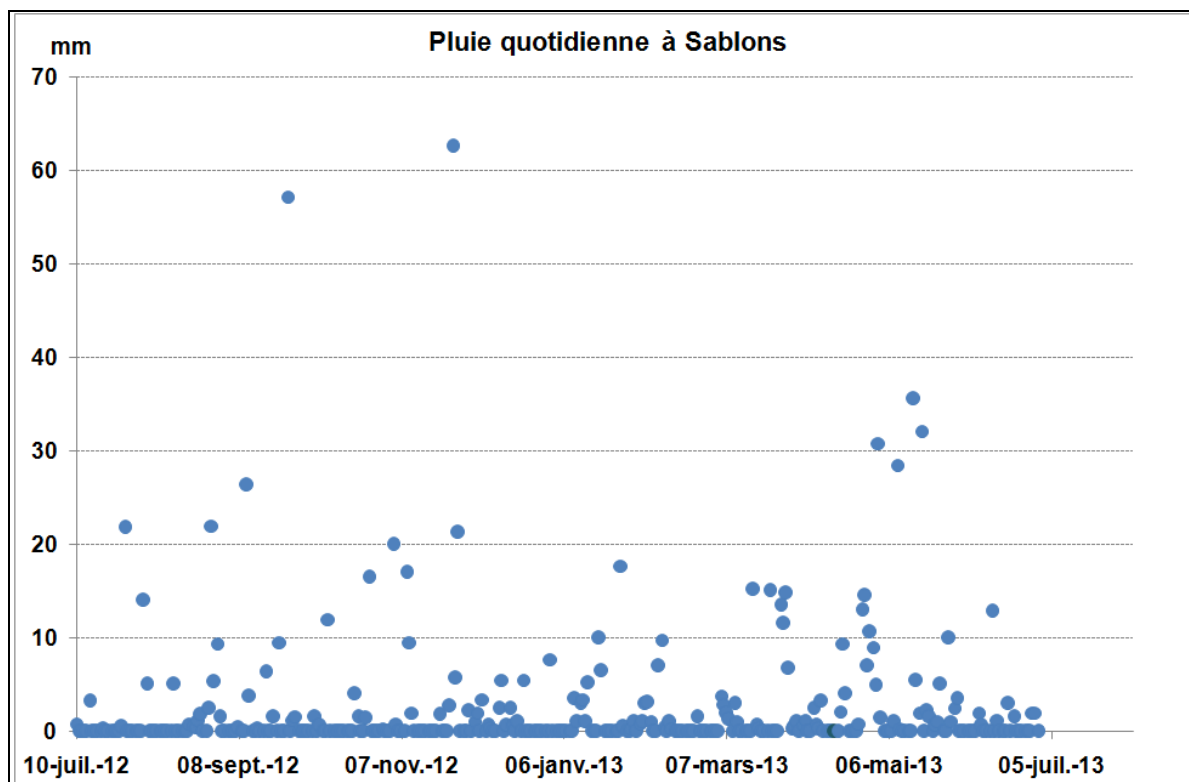
Figure 61 : Périodicité en deçà de laquelle la corrélation entre le signal piézométrique de la nappe et le niveau d'eau du Vieux-Rhône n'est pas significative (d'après Lalot, 2013).



3.3.1.2 Données pluviométriques

Dans un premier temps, au vu du pas de temps des données récoltées par E. Lalot allant de mars 2012 à mars 2013, il nous a semblé utile de comparer les mesures piézométriques horaires avec les données pluviométriques journalières récoltées par METEO FRANCE à la station météorologique de Sablons (cf. figure ci-dessous).

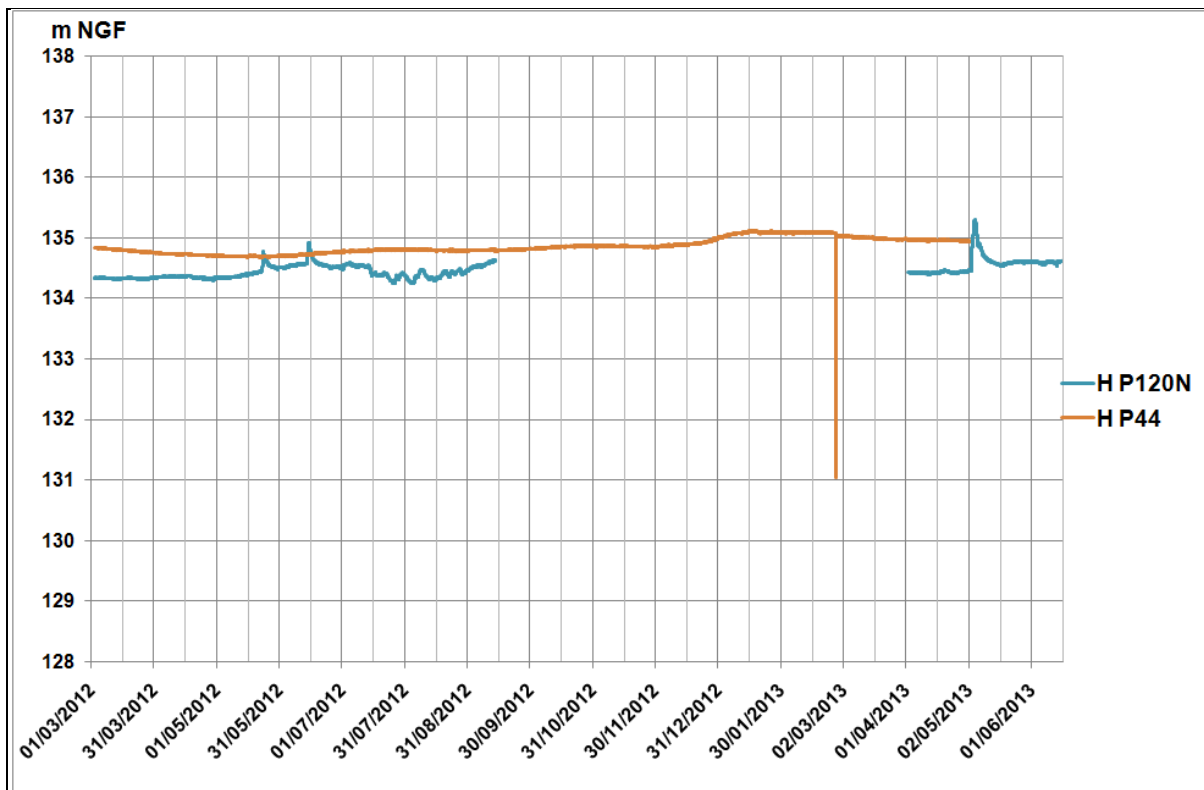
Figure 62 : Pluviométrie mesurée à Sablons de 2012.



Comme cela avait été constaté par Lalot (2013), le signal pluviométrique est sans effet sur les chroniques piézométriques situées dans l'Île de la Platière. Notons toutefois que pour les piézomètres situés en rive gauche du canal de dérivation, le résultat est plus ambigu : on n'observe aucune réaction à la pluie sur le HP44 mais le HP120N semble réagir aux événements pluviométriques (cas des pluies de mai 2012 et de mai 2013 ; le capteur ne présente malheureusement pas de mesures pour les événements pluvieux importants de l'automne 2012).

Ces observations confirment en première approximation que l'infiltration des eaux de pluie se fait sur certains secteurs préférentiellement.

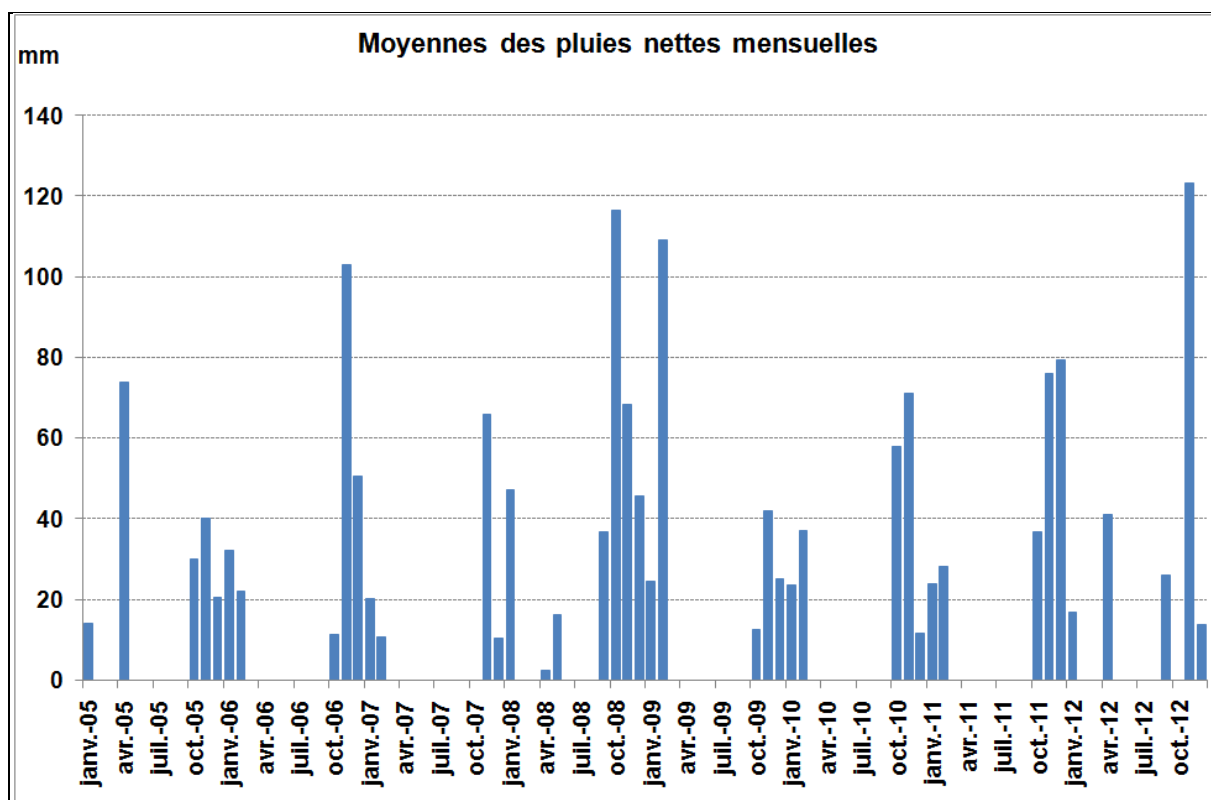
Figure 63 : Chroniques piézométriques en rive gauche du canal de dérivation (suivi par l'EMSE).



Dans un deuxième temps, nous avons 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. En première approximation, on peut calculer une pluie nette comme la différence positive entre P et ETP.

On s'aperçoit alors que cette pluie nette, contributrice aux pluies efficaces qui participeront à la recharge de la nappe, se concentrent généralement sur quelques mois de l'année : d'octobre à avril. La période estivale (à partir de début juin jusqu'à fin septembre) se caractérise par une très forte Evapotranspiration et la recharge des nappes par infiltration est théoriquement nulle.

Figure 64 : Pluies nettes positives sur le secteur d'étude de 2005 à 2012.



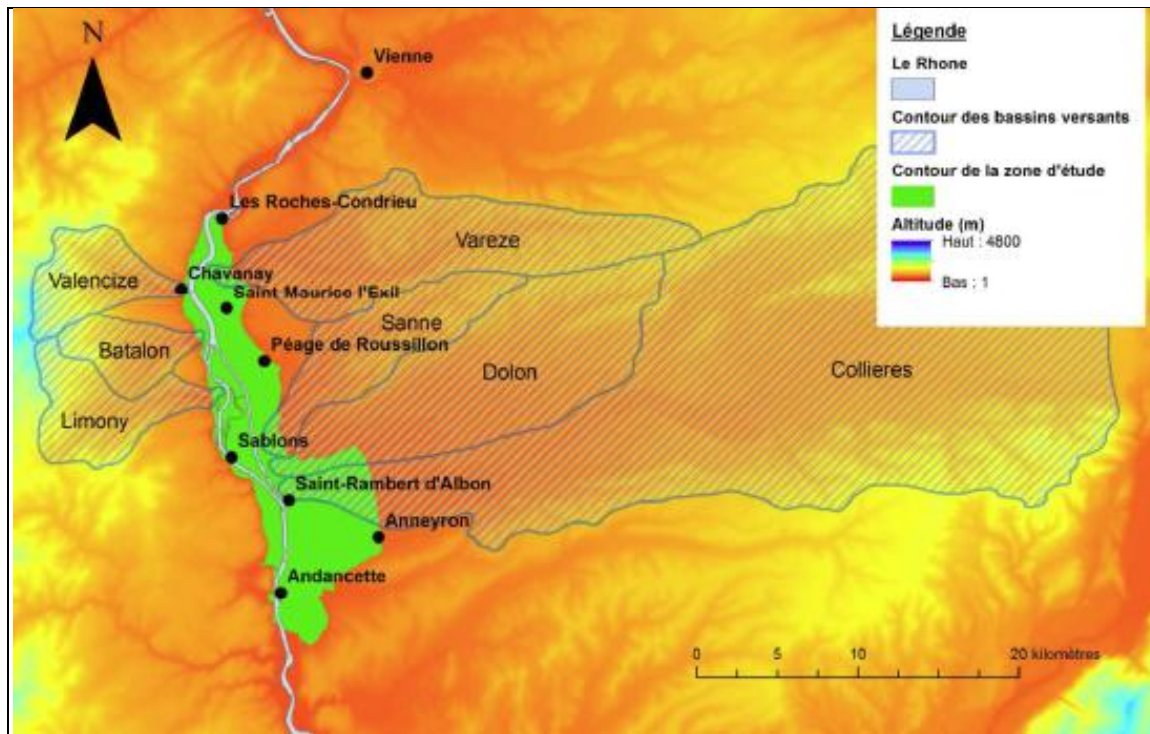
Lalot (2013) propose une synthèse des différentes approches pour estimer la pluie efficace au pas de temps annuel :

- Selon Lalot (2013), sur l'année 2006, en utilisant les données météorologiques de la station de Reventin, l'infiltration dans la nappe estimée avec la méthode de Thornhwaite (Thornhwaite et Mather, 1955) est comprise entre 160 et 250 mm, en considérant une RFU comprise entre 50 mm et 150 mm.
- Le BURGEAP a considéré une infiltration efficace de 160 mm/an dans son étude..
- Météo-France estime les pluies efficaces à environ 100 mm/an dans la vallée du Rhône, 200 à 300 mm/an sur les reliefs à l'Est de la vallée du Rhône et 300 à 400 mm/an sur les contreforts du Pilat. Sur la période 1974-2007 les précipitations efficaces moyennes calculées par Météo-France à la station de Grenoble Saint-Geoirs sont de 357 mm/an. Elles varient entre 100 et 700 mm (Martin et Putot, 2008). Martin et Putot (2008) estiment la lame d'eau réellement infiltrée, au sein de la nappe de Bièvre Valloire, à environ 190 mm/an.

3.3.1.3 Données de débit des affluents

Le principal affluent, en termes d'influence potentielle sur la nappe, est la Sanne. Le Dolon se rejette dans la Sanne juste avant sa confluence avec le Rhône ; son influence potentielle est donc très localisée.

Figure 65 : Principaux affluents du Rhône et leur bassin versant (d'après Lalot, 2013).

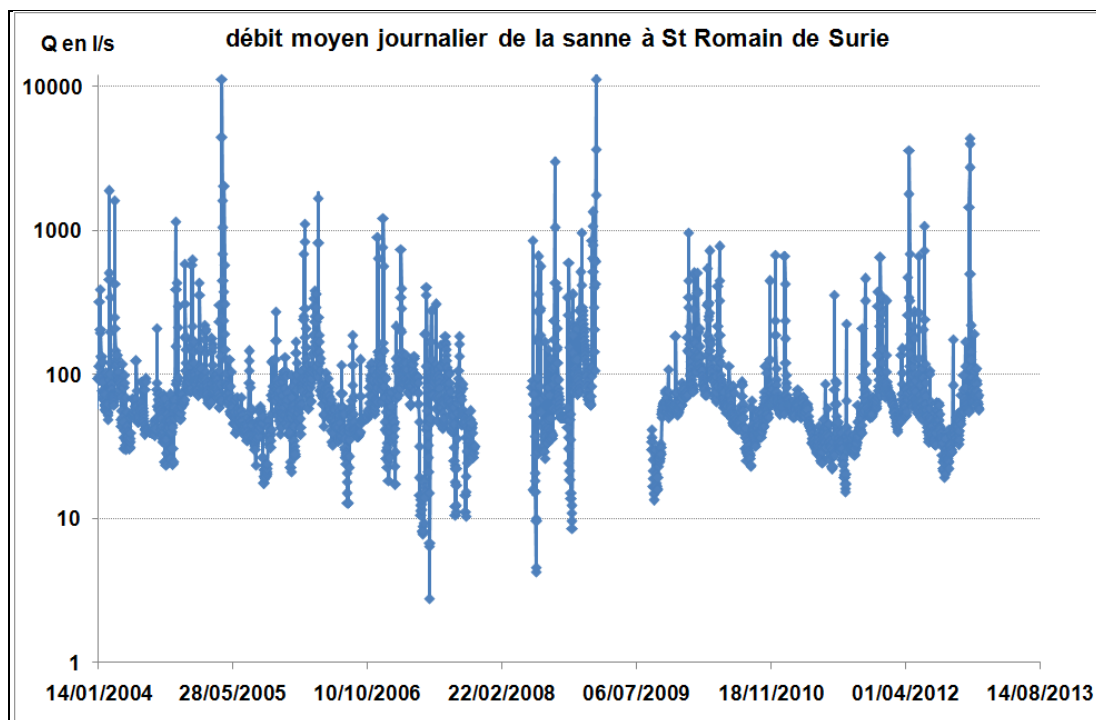


Des mesures de débit de la Sanne sont accessibles dans la banque HYDRO.

Le débit moyen observé dans la Sanne est de l'ordre de 100 l/s mais, en période de crue, le débit peut monter à plusieurs m^3/s . Ce débit n'est toutefois pas nécessairement représentatif de la quantité d'eau qui atteint réellement la plaine alluviale, car la station de mesure se situe relativement à l'amont de la zone d'étude (une dizaine de kilomètres). L'étiage est très marqué, avec des débits qui peuvent descendre à moins de 10 l/s.

La Sanne a un bassin versant de l'ordre de 63 km^2 . Il est admis que la rivière est perchée par rapport à la nappe et perd de l'eau lors de sa traversée de la plaine alluviale du Rhône. En période estivale, la Sanne ne parvient pas toujours à franchir le seuil présent à la confluence avec le Rhône, en aval du barrage de Péage-de-Roussillon. L'eau s'infiltrerait alors intégralement en nappe dans les derniers mètres de son parcours (Lalot, 2013).

Figure 66 : Débits moyens journaliers de la Sanne (données de la Banque HYDRO).



Lalot (2013) propose une première analyse des retours vers la nappe liés à ces affluents :

Il est possible d'estimer grossièrement les flux provenant des bassins versants respectifs (les flux profonds qui ne suivent en effet pas nécessairement les bassins versants topographiques). Une estimation de la pluie efficace sur la zone a précédemment été réalisée. Celle-ci est probablement légèrement inférieure à 200 mm/an. Des disparités locales peuvent cependant être observées. On considère donc une infiltration efficace de 150 mm/an.

Si l'on considère le bassin versant de la Sanne, rivière située au sein des formations molassiques, cela représente une surface totale de 63 km². On peut considérer que le volume d'eau qui s'infiltré (et, ou, qui ruisselle) en un an est de l'ordre de 9,4 Mm³. Sur ce volume, 4,7 Mm³ s'échappent par la rivière Sanne (année 2006). C'est-à-dire que l'écoulement souterrain à l'exutoire de la vallée de la Sanne représente environ la moitié de l'écoulement total d'eau dans cette vallée. Le débit souterrain doit donc avoisiner 4,7 Mm³/an (0,15 m³/s). L'IDPR faible (proche de 500 en moyenne) permet de conclure que le ruissellement est d'ordinaire faible.

Dans le cas de la Valencize, le débit moyen du cours d'eau sur l'année 2006 est de 0,21 m³/s. Pour ce bassin versant de 38 km² cela représenterait, en l'absence d'écoulements souterrains (seul le ruissellement est pris en compte), une pluie efficace de 180 mm. Mais les écoulements souterrains ne sont pas nuls. En considérant une pluie efficace de 300 mm/an, d'après les données de Météo-France, le débit souterrain serait de l'ordre de 4,6 Mm³ (0,14 m³/s), soit 40 % de l'écoulement total. À l'Ouest de la zone d'étude, le rapport de la part de débit souterrain sur la part du débit des cours d'eau serait donc légèrement plus faible qu'à l'Est, ce qui est compatible avec un IDPR plus élevé à l'Ouest (supérieur à 1000) qu'à l'Est. Les caractéristiques des autres bassins versants latéraux à l'Ouest sont assez similaires. Seule la taille du bassin versant change de façon notable.

Contrairement aux apports venant de l'Est de la zone d'étude, les apports de versant à l'Ouest de la zone d'étude sont vraisemblablement plus localisés à cause de l'incision plus forte des vallées au sein du massif cristallin.

En conclusion, les flux alimentant les alluvions récentes sont principalement latéraux. Les flux échangés avec le substratum Pliocène peuvent être négligés en première approximation.

On peut donc considérer en première approximation que nous avons une bonne compréhension des relations des affluents latéraux avec la nappe. Nous disposons des données nécessaires pour estimer les flux d'alimentation liés à la Sanne mais il nous manque cependant des données de débit sur le Dolon et le Limony pour une approche quantitative des flux d'alimentation de la nappe par leur appareil alluvial.

3.3.1.4 Données sur les contre canaux

Les données les plus précises sur la ligne d'eau et le comportement hydraulique des contre canaux sont présentées par E. Lalot (2013) ; nous y faisons ici référence de façon intégrale :

Dans le cadre de son travail de recherche, une campagne de mesure par GPS (Global Positionning System) a permis d'établir la ligne d'eau des contre-canaux sur la zone d'étude. La pente des contre-canaux présente un profil en paliers. De petites chutes, d'une cinquantaine de centimètres de haut, barrent régulièrement leurs cours.

Le niveau d'eau dans les contre-canaux reste en général relativement constant dans le temps. Quelques exceptions apparaissent toutefois. Ainsi, lors de fortes crues du Rhône, le niveau d'eau dans le contre-canal, en rive gauche du Rhône amont, remonte par l'aval, via un siphon situé sous le canal de dérivation. Il en est de même sur la partie aval du contre-canal situé en rive droite du canal de dérivation. Les extrémités amont et aval du contre-canal, en rive droite du canal de dérivation, demeurent habituellement sèches.

Les digues de la CNR sont de constitutions variables. Certaines digues sont majoritairement remplies de graviers tandis que d'autres sont principalement constituées de limons. Le premier type est présent à l'aval immédiat de Chavanay et en rive droite du canal de dérivation, à proximité du barrage de Saint-Pierre de Boeuf. Il s'agit a priori du type d'ouvrage le plus perméable.

Les contre-canaux n'ont jamais fait encore l'objet de curages. Le fond de ceux-ci est donc probablement partiellement colmaté, surtout en rive droite du canal de dérivation car l'eau n'y est généralement pas courante.

3.3.1.5 Données de débit du Rhône

La Banque HYDRO, gérée par le Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations, fournit des estimations des débits du Rhône à la station de Ternay. Cette station se situe à environ 35 km au Nord du barrage de Saint-Pierre de Boeuf, non loin de la confluence avec le Gier. Le Rhône ne reçoit aucun affluent majeur entre cette station et l'amont de la zone d'étude. Les valeurs de débits sont donc considérées comme représentatives de celles observées pour le Rhône sur le secteur d'étude.

Précisons qu'il n'existe pas de relation directe entre le débit du Rhône et la pluviométrie observée sur la zone d'étude (Lalot, 2013) ; le débit à Ternay résulte des phénomènes pluvieux qui affectent le bassin versant du Rhône en amont de ce point de mesure.

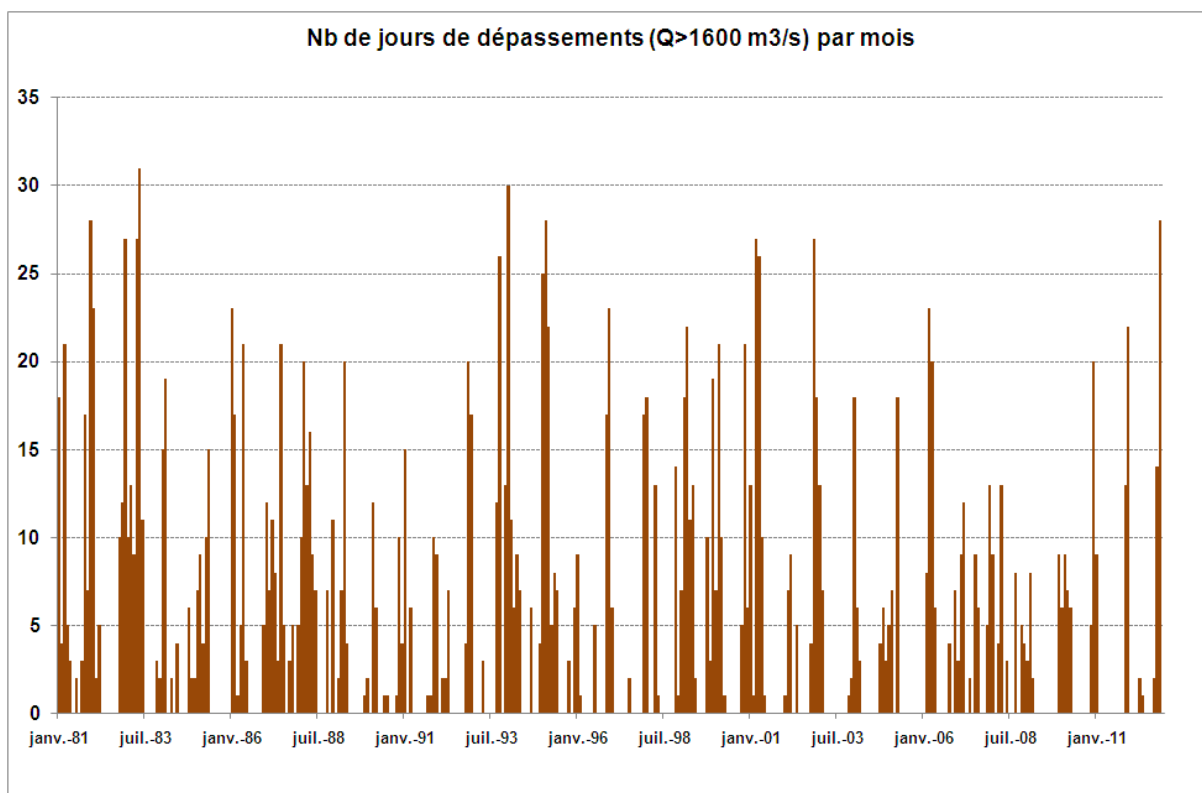
Selon Lalot (2013), la Compagnie Nationale du Rhône mesure les hauteurs d'eau du Rhône en trois points : à l'aval du barrage de Saint-Pierre de Boeuf, à l'amont du seuil de Peyraud et à l'amont du barrage de Péage-de-Roussillon. Les mesures sont effectuées avec un pas de temps variable compris entre quelques minutes et 12 h. Les pas de temps oscillent majoritairement entre 30 minutes et 2 h. L'erreur sur la mesure est supposée être inférieure à 10 cm (+/- 5 cm). La Compagnie Nationale du Rhône a également mesuré des lignes d'eau sur le Rhône à différentes périodes.

Nous sommes toujours dans l'attente de ces données.

De plus, l'étude récente réalisée pour le compte de l'Agence de l'Eau a permis de constater sur certains biefs des variations infra-journalières relativement importantes, liées à la gestion des ouvrages hydroélectriques. Ce point devra être approfondi en phase 2 de l'étude, en collaboration avec la CNR, de façon à estimer les incertitudes relatives liées à la ligne d'eau introduite dans la modélisation.

A ce stade de l'étude, il nous a semblé intéressant d'essayer de déterminer la distribution des dépassements du Rhône au dessus de 1600 m³/s, qui conduit à une augmentation des débits dans le Vieux Rhône de Péage de Roussillon. La figure ci-dessous montre ces dépassements (en nombre de jours par mois) pour une chronique allant de janvier 1981 à décembre 2012.

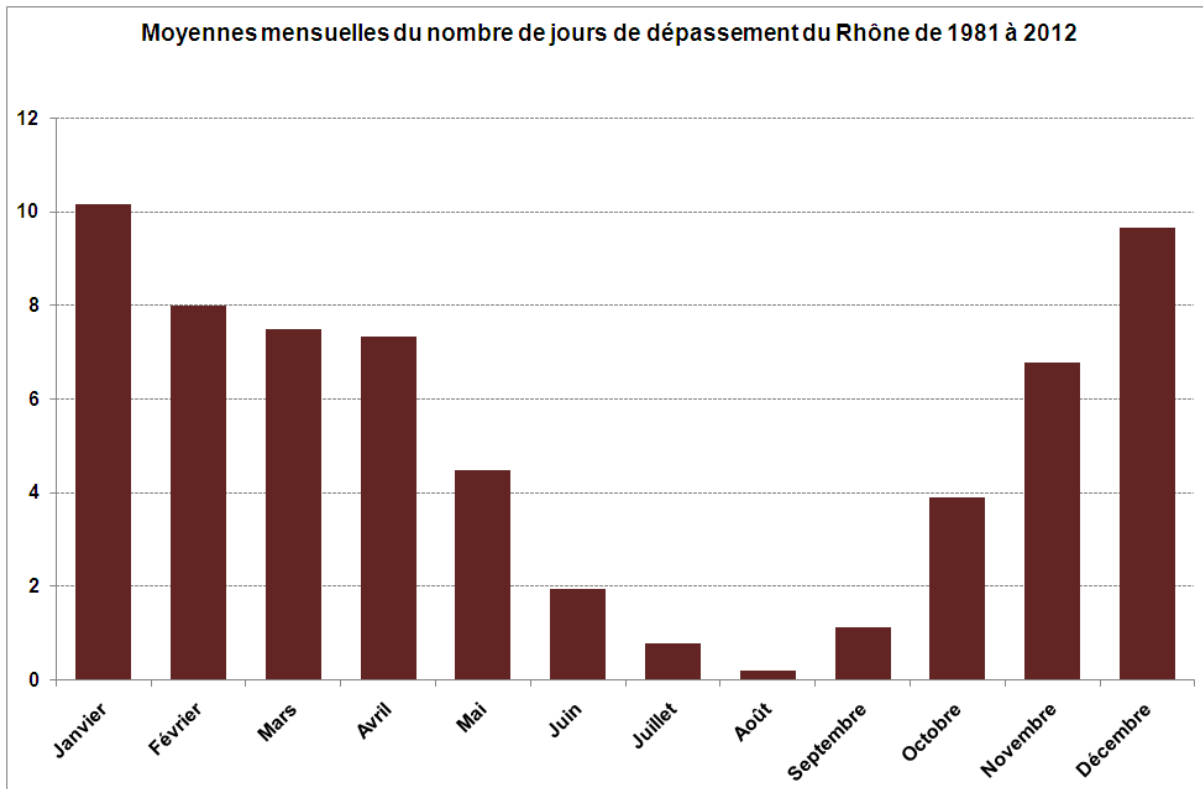
Figure 67 : Nb de jours par mois avec un débit du Rhône à Ternay supérieur à 1600 m³/s de 1981 à 2012 (données de la Banque HYDRO).



Ces dépassements sont relativement fréquents. On peut même observer certaines années avec des mois entiers en dépassement et donc en suralimentation du Vieux Rhône (crues longues sur le fleuve).

Les périodes sans dépassement correspondent majoritairement aux mois d'été (juin à septembre). La distribution des moyennes mensuelles l'illustre bien. Avec en moyenne 1 à 2 jours de dépassement par mois durant la période estivale, on peut considérer ces épisodes comme exceptionnels. Leur impact sur la nappe peut être considéré comme négligeable (faible pénétration des volumes d'eau dans le réservoir de par la brièveté et la faiblesse relative des événements).

Figure 68 : Moyennes mensuelles du nombre de jours par mois avec un débit du Rhône à Ternay supérieur à 1600 m³/s de 1981 à 2012 (données de la Banque HYDRO).



Au vu de ces constats, nous nous sommes demandé jusqu'à quelle période de temps, on pouvait retrouver une représentation significative des événements de crues susceptibles d'influencer de façon significative la piézométrie (événement de 3 à 7 jours).

- Lorsque que l'on analyse les moyennes mensuelles de débit (cf. figure ci-dessous), on constate que l'on va maximiser le nombre de jours de dépassement par rapport au réel, pour les mois avec des dépassements supérieurs à 10 jours. Inversement, pour les autres mois, marqués par un nombre de jours de dépassement plus faibles, on perd en représentativité.
- L'analyse des moyennes décadaires du débit mesuré à Ternay donne des résultats plus proches du réel ; les erreurs sur l'estimation du nombre de jours en dépassement est de l'ordre de 1 à 2 jours. Toutes choses étant égales par ailleurs, on peut donc considérer ces erreurs comme peu significatives en termes d'impact sur la piézométrie. Il est probable que l'effet lissant du calcul de moyenne réduise encore cet impact.

Cette première approche montre que la description des phénomènes à un pas de temps décadaire est acceptable pour appréhender une part significative de la variance de la piézométrie de la nappe. C'est d'ailleurs l'ordre de grandeur proposé par Lalot (2013) sur une analyse de l'information portée sur les chroniques piézométriques.

Figure 69 : Dépassements des moyennes mensuelles et des mesures journalières de Q (débit du Rhône à Ternay supérieur à 1600 m³/s de 1981 à 2012, données de la Banque HYDRO).

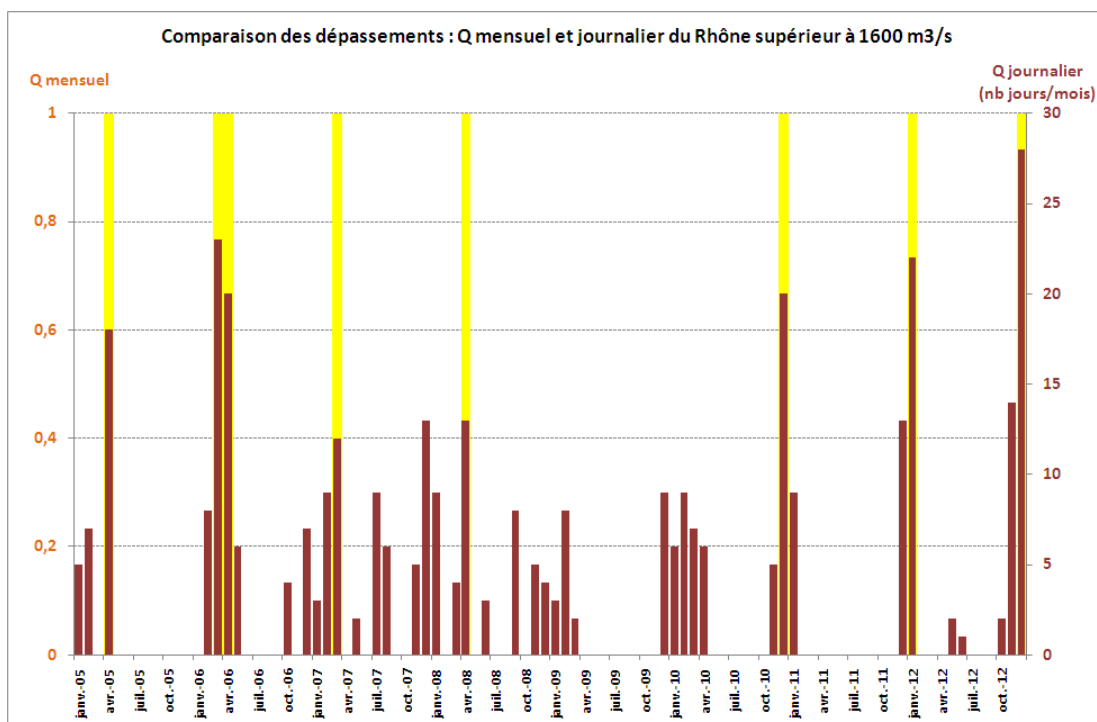
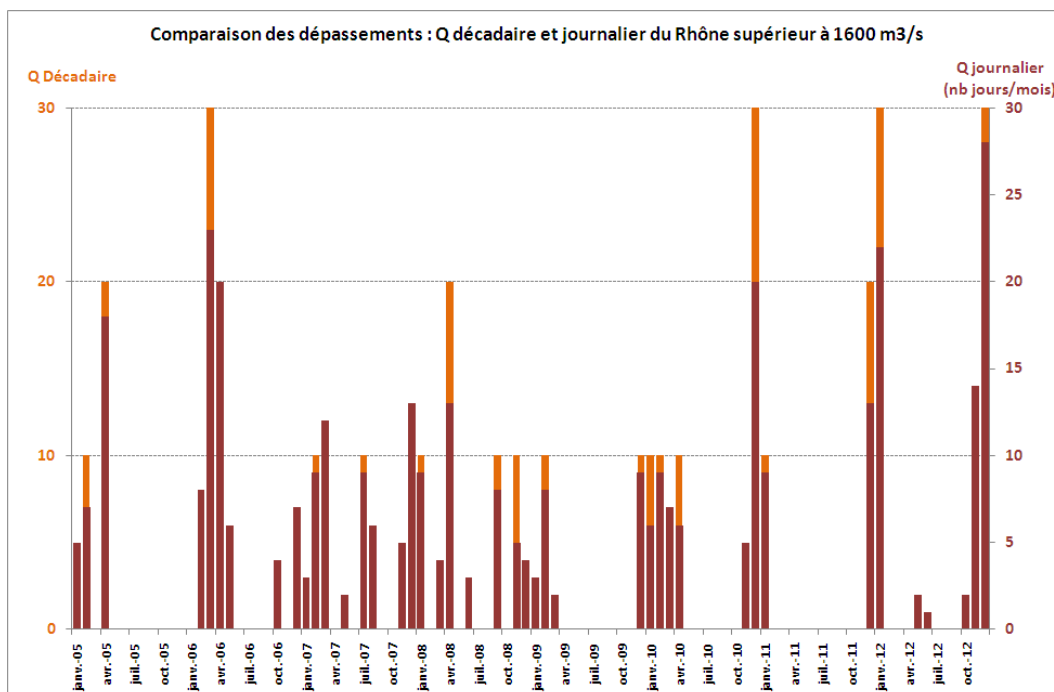


Figure 70 : Dépassements des moyennes décadaires et des mesures journalières de Q (débit du Rhône à Ternay supérieur à 1600 m³/s de 1981 à 2012, données de la Banque HYDRO).



3.3.2 Implications sur la stratégie de modélisation

Au vu des données récoltées sur la temporalité des phénomènes à modéliser, on peut proposer deux considérations importantes :

- Pour bien représenter l'impact des crues sur la nappe, il faut nécessairement adopter un pas de temps hebdomadaire à décadaire pour bien appréhender les variations de la ligne d'eau dans le Rhône libre.
- La nappe présente une naturalité très faible. En matière de bilan, nous avons vu que les modélisations passées montraient que les apports liés aux infiltrations météoriques étaient inférieurs à 10% de la recharge globale (infiltrations principalement liées aux terrasses anciennes caractérisées par une faiblesse des recouvrements limoneux) et limitées à l'automne et au printemps. De plus, l'analyse des fréquences de dépassement du seuil de 1 600 m³/s montre qu'à l'étiage, on peut considérer que 80% des mois d'été (de début juin à fin septembre), les jours de dépassement sont de 1 à 2 par mois, c'est à dire d'une durée négligeable pour l'hydrodynamique de la nappe (faible pénétration de l'onde de crues dans le réservoir).

Ces considérations ont des implications fortes en termes de stratégie de modélisation :

- Nous proposons de réaliser la validation additionnelle du modèle numérique prévue en phase 2 avec un pas de temps journalier. En effet, si les analyses statistiques de variance sur l'ensemble des piézomètres instrumentés montrent qu'un pas de temps hebdomadaire à décadaire suffit à appréhender une majeure partie de cette variance, il faut tout de même souligner que les secteurs pour lesquels la perte d'information serait non négligeable, correspondent aux secteurs à fort potentiel écologique. Dans un souci d'optimisation des erreurs associées aux niveaux de gestion nappe (et, donc, des volumes prélevables), il nous semble préférable de retenir le pas de temps le plus porteur d'information pour la modélisation numérique, c'est-à-dire le pas de temps journalier.
- La détermination des volumes prélevables dans ce secteur de nappe peut être mise en œuvre par l'étude d'une année type (débit réservé dans le Rhône libre, absence d'infiltration des eaux météoriques,...) et non par une approche fréquentielle qui intégrerait une pseudo-naturalité potentielle de l'hydro système.

RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES

- Amlin, N.M., Rood, S.B., 2003.** Drought stress and recovery of riparian cottonwoods due to water table alteration along Willow Creek, Alberta. *Trees-Structure and Function* 17, 351–358.
- Arrêté inter-préfectoral forêt sylviculture** – Préfecture Isère, Ardèche et Loire – Mars 1990.
- Arrêté inter-préfectoral navigation** – Préfecture Isère, Ardèche et Loire – Mars 1990.
- Arrêté communal circulation Oves** – Mairie du Péage de Roussillon – Juin 2008.
- Association des amis de l'île de la Platière et Ministère Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables, 2008** - Document d'objectifs Natura 200 des milieux alluviaux et aquatiques de l'île de la Platière.
- Association des amis de l'île de la Platière et Ministère Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables, 2008** - Document d'objectifs Natura 2000 des milieux alluviaux du Rhône aval.
- Association des amis de l'île de la Platière et Ministère Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables, , janvier 2010** - Document d'objectifs Natura 2000 Avenant zone de protection spéciale directive oiseaux.
- Association des amis de l'île de la Platière et Ministère Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables, 2009** - Réserve naturelle de l'île de la Platière – Plan de gestion période 2008-2017.
- Association des amis de l'île de la Platière et Ministère Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables, 2009** - Réserve naturelle de l'île de la Platière – Annexes au Plan de gestion période 2008-2017
- Association des amis de l'île de la Platière, 2011** - Document d'objectif ZPS Ile de la Platière – Plaquette de synthèse SPS ile de la Platière – Natura 2000.
- Bravard J.C., Clémens A., 2008** - Le Rhône en 100 questions. Rapport de la ZABR (Zone Atelier Bassin du Rhône). Ouvrage collectif édité par le GRAIE, 300 p.
- Bel F., 1998** – Synthèse hydrogéologique de la nappe miocène du comtat Venaissin (Vaucluse). Rapport BRGM n° R 40236.
- 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'envolement 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.
- BURGEAP, 2009** – SAGE de l'Est Lyonnais. Étude préalable à la mise en place de plan de gestion dynamique de la nappe de l'Est Lyonnais. Rapport d'étude pour le compte du Conseil Général du Rhône. 75 p. + annexes.
- BURGEAP, 2010** – SAGE de l'Est Lyonnais. Simulations quantitatives pour la mise en place de plan de gestion dynamique de la nappe de l'Est Lyonnais. Rapport d'étude pour le compte du Grand Lyon. 99 p. + annexes.
- BURGEAP, 2011 a** - Etude des volumes prélevables dans la nappe du Garon. Actualisation et valorisation de la modélisation hydrodynamique de l'aquifère. Rapport d'étude pour le compte du SMAGA. 38 p.
- BURGEAP, 2011 b** - Nappe du Garon. Simulation et bilans complémentaires. Rapport d'étude pour le compte du SMAGA. 6 p.
- Cave T., 2011** - Fonctionnement hydrodynamique du bassin tertiaire du Bas-Dauphiné entre la Drôme et la Varèze (Drôme et Isère, Sud-Est de la France). Étude géochimique et isotopique. Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 270 p.
- CEFRIGE et Laboratoire de Géologie Dynamique et Appliquée, 1990** - Synthèse des connaissances sur l'hydrogéologie de l'Afrique de l'Ouest. Collection Maîtrise de l'Eau, 2^{ème} édition, Ministère de la Coopération et du Développement, 147 p.
- Chenevoy M., Bellesio R., David L., Mongereau N., Walter B., Bellegrade M., Amat-Chantoux R., Berntzky M., 1976** - Notice de la carte géologique au 1 : 50 000 de Serrières. Document BRGM, 68 p.
- Chenevoy M., David L., Mongereau N., Walter B., 1970** - Notice de la carte géologique au 1 : 50 000 de Vienne. Document BRGM, 16 p.
- Chiron J.C., Kerrien Y., 1979** - Notice explicative de la carte géologique au 1 : 250 000 de Lyon. Document BRGM, 56 p.
- Collin J.J., Gudefin H., Hervé J.Y., Lienhardt M.J., Rousselot D., 1973** - Système aquifère de l'Est Lyonnais. Synthèse des connaissances. Données hydrogéologiques quantifiées. Rapport BRGM 73SGN1999JAL, 66 p.
- Cooper, D.J., D'Amico, D.R., Scott, M.L., 2003.** Physiological and morphological response patterns of *Populus deltoides* to alluvial groundwater pumping. *Environmental Management* 31, 215–226.
- Dufour, S., Piégay, H., 2008.** Geomorphological controls of *Fraxinus excelsior* growth and regeneration in floodplain forests. *Ecology* 89, 205–215.
- De Bellegarde B., Biju-Duval J., Gachet J.N., Lafosse J., Adam C., Pierlay B., 1999** - Département de l'Isère. Synthèse hydrogéologique départementale. Rapport pour le compte de la DIREN Rhône Alpes et du Conseil Général de l'Isère, 143 p.
- De La Vaissière R., 2006** - Étude de l'aquifère néogène du Bas-Dauphiné, apports de la géochimie et des isotopes dans le fonctionnement hydrogéologique du bassin de Valence (Drôme, Sud-est de la France). Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 339 p.

- ENS du Méandre des Oves, 2006** – Réactualisation du plan de gestion : phase 2 et 3 objectifs de gestion et plan d'interprétation – Conseil Général Isère + Espace Naturel Sensible Méandre des+ Association des amis de l'Île de la Platière Oves.
- ENS du Méandre des Oves, 2006** – Résumé du plan de préservation et d'interprétation 2007 – 2011 - Conseil Général Isère + Espace Naturel Sensible Méandre des+ Association des amis de l'Île de la Platière Oves.
- ENS du Méandre des Oves, 2012** – Evaluation du plan de gestion 2007-2011 – Conseil Général de l'Isère.
- GEO-INVESTIGATIONS, 1997-** Commune de Limony. Etude hydrogéologique. Etudes techniques pour le compte du SIAEP d'Annonay-Serrières. Trois rapports techniques.
- Graillet D., Paran F., Déchomets R., A. Germain, Gibert J., Ferreira D., Piscart C., Bornette G., Pujalon S., Lafont M., 2007** – Evaluation des échanges nappe/rivière et de la part des apports souterrains dans l'alimentation des eaux de surface (cours d'eau, plans d'eau, zones humides). Application au fleuve Rhône et aux aquifères associés. Influence des variations saisonnières sur les échanges. Rapport de phase 1. Rapport ZRAB, 333 pages + cartes et annexes.
- Graillet D., Paran F., Déchomets R., A. Germain, M. Dufour, Gibert J., Marmonnier P., Ferreira D., Piscart C., Bornette G., Pujalon S., Jezequel C., Lafont M., 2008** – Evaluation des échanges nappe/rivière et de la part des apports souterrains dans l'alimentation des eaux de surface (cours d'eau, plans d'eau, zones humides). Application au fleuve Rhône et aux aquifères associés. Influence des variations saisonnières sur les échanges. Rapport de phase 2. Rapport ZRAB, 124 pages + cartes et annexes.
- Graillet D., Paran F., Déchomets R., Marmonnier P., Piscart P., Simon L., Bornette G., Baillet H., Rodriguez C., Travi Y., 2010** – Evaluation des échanges nappe/rivière et de la part des apports souterrains dans l'alimentation des eaux de surface (cours d'eau, plans d'eau, zones humides). Application au fleuve Rhône et aux aquifères associés. Influence des variations saisonnières sur les échanges. Rapport de phase 3. Rapport ZRAB, 157 pages + cartes et 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.
- Horton, J.L., Kolb, T.E., Hart, S.C., 2001.** Physiological response to groundwater depth varies among species and with river flow regulation. Ecological Applications 11, 1046–1059.
- Journal officiel de la République Française, Mars 1988** - Réserve naturelle de l'Île de la Platière – Décret création réserve.
- Lachassagne P., Wyns R., 2005-** Aquifères de socle : nouveaux concepts. Application à la prospection et à la gestion de la ressource en eau. Géosciences n°2, édition BRGM, p. 32-37.
- Lalbat F., 2006** – Fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère du Miocène du bassin de Carpentras. Thèse, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- 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.
- Mongereau N., 2010** - Géologie de Lyon. Editions Lyonnaises d'Art et d'Histoire. 143 p.
- Nicolas J., Petit V., Thierry P., Besse A., Longet A., 2004** - Connaissance hydrogéologique du sous-sol de l'agglomération lyonnaise. Rapport d'étape - Phase 1. BRGM/RP-53569-FR, 29 illustrations, 14 annexes, 67 pages.

- Parascandola M.F., Burloux F., Rousselot D., Debaisieux B., 1982** - Synthèse hydrogéologique de la région Rhône-Alpes. BRGM/82 SGN 380,RHA, 147 pages.
- Roudier P., 1987** - Etude hydrogéologique et hydrochimique des nappes aquifères des bassins miocènes de Valréas, Vaison-la-Romaine et Carpentras. Thèse de 3 cycle, Université Claude Bernard - Lyon
- Russo P., 1965** - Géologie et hydrologie appliquées à l'urbanisme dans les collines lyonnaises. AUDIN ET C^{ie} MCMLXIV Lyon, 205 pages.
- SAFEGE 2011** – Étude de détermination des volumes prélevables sur le bassin versant de la Tille. Rapport de phases 1 et 2. Pour le compte de l'ETP Saône Doubs. 158 p.
- Salquèbre D., Valencia G., Cadilhac L., 2008** - Aquifère miocène du Comtat Venaissin. Etat des connaissances et problématiques. Rapport BRGM n°RP-56389-FR
- 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.
- SOGREAH, ANTEA GROUP, PIERRE PARIS Consultants, 2011** – Étude détermination des volumes prélevables sur le bassin versant de l'Ouche. Phase 3 : impact des prélèvements et quantification des ressources existantes. Rapport d'étude pour le compte du SMEABOA. 116 p
- SRAE Rhône-Alpes, DDAF du Rhône, 1981** - Contribution des Services Extérieurs du Ministère de l'Agriculture à la connaissance des Ressources en eaux souterraines dans le département du Rhône. 62 p.
- SRAE et DDA de l'Ardèche, 1984** - Contribution des services extérieurs du ministère de l'Agriculture à la connaissance des ressources en eaux souterraines dans le département de l'Ardèche. 95 p.
- Singer, M.B., Stella, J.C., Dufour, S., Piégay, H., Wilson, R.J.S., Johnstone, L., 2012.** Contrasting water-uptake and growth responses to drought in co-occurring riparian tree species. *Ecohydrology*.
- Stella, J.C., Riddle, J., Piégay, H., Gagnage, M., Trémolo, M.-L., 2013.** Climate and local geomorphic interactions drive patterns of riparian forest decline along a Mediterranean Basin river. *Geomorphology*.
- Scott, M.L., Shafroth, P.B., Auble, G.T., 1999.** Responses of riparian cottonwoods to alluvial water table declines. *Environmental Management* 23, 347–358
- Tirat M., Cottereau C., Mongereau N., 2006** - Vallée du Rhône. Tome 2 : Aquifères et eaux souterraines en France. Ouvrage collectif, BRGM Editions, p. 658-687.