



HAL
open science

La recharge des nappes par les eaux d'irrigation en Basse Provence : exemple de la plaine d'Avignon

Salah Nofal, Anne Laure Cognard-Plancq, Vincent Marc, Franck Tison,
Michel Daniel, Yves Travi

► To cite this version:

Salah Nofal, Anne Laure Cognard-Plancq, Vincent Marc, Franck Tison, Michel Daniel, et al.. La recharge des nappes par les eaux d'irrigation en Basse Provence : exemple de la plaine d'Avignon. Colloque international, Jan 2011, Marseille, France. hal-02748966

HAL Id: hal-02748966

<https://hal.inrae.fr/hal-02748966>

Submitted on 3 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La recharge des nappes par les eaux d'irrigation en Basse Provence : exemple de la plaine d'Avignon

Atelier N° 3 Etat écologique, biodiversité et paysages de l'eau

Salah Nofal², Anne-Laure Cognard-Plancq¹, Vincent Marc¹, Franck Tison¹, Michel Daniel¹, Yves Travi¹

UMR EMMAH « Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agro-Hydrosystèmes »
UMR 1114 INRA-UAPV, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, UFR Sciences Exactes et Sciences de la Nature, 33 rue Louis Pasteur, 84000 Avignon, France, salah.nofal@etd.univ-avignon.fr

² UMR 1114 INRA-UAPV, INRA, 84914 Avignon Cedex 9, France.

Introduction

En Basse Provence, les pratiques agricoles font appel aux techniques d'irrigation pour pallier au déficit pluviométrique pendant les périodes de croissance et de production végétale. Outre le bénéfice direct sur la production agricole, un effet induit de ces pratiques a été mis en évidence sur les nappes alluviales. En effet, les apports d'eau par irrigation ne sont que partiellement utilisés par les plantes et une part non négligeable de cette eau s'infiltré et percole vers les nappes. Il en résulte un équilibre hydrodynamique particulier des aquifères superficiels, où l'alimentation des nappes est à la fois naturelle (alimentation par infiltration des pluies, alimentation par le réseau hydrographique ou par lien avec d'autres compartiments aquifères) mais aussi artificielle par ces apports d'eau issue de l'irrigation.

Dans une logique d'économie d'eau, de possibles changements dans les pratiques d'irrigation pourraient mener à une gestion « plus rationnelle » de l'eau en irrigation. De cette gestion plus économe de l'eau en agriculture, exacerbée par une déprise agricole dans certains territoires sujets à l'urbanisation, pourraient résulter de profondes modifications de l'équilibre hydrodynamique des aquifères sous-jacents.

Pour anticiper les conséquences des choix qui pourraient être faits dans le cadre d'une utilisation plus « raisonnée » de l'eau agricole, il est fondamental de comprendre les modes de recharges des aquifères, et de faire la part entre les apports naturels et les apports anthropiques. Dans ce cadre, les suivis piézométriques permettent de mettre clairement en évidence de manière qualitative un mode de recharge par l'irrigation, en identifiant une oscillation bi-modale annuelle du niveau des nappes, avec une période de hautes eaux en été et une période de basses eaux en hiver. L'utilisation conjointe de suivis piézométriques et du traçage isotopique permet d'aboutir à une réelle quantification de la part d'eau de l'aquifère issue de l'irrigation.

Dans ce cadre, nous avons entrepris d'étudier les processus de recharge de la nappe alluviale de la plaine d'Avignon. L'étude a été initiée en 2008 dans le cadre d'un projet pédagogique proposé aux étudiants de deuxième année du Master Hydrogéologie Sol et Environnement de l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, projet qui se poursuit chaque année et au cours duquel sont abordés différents thèmes : « irrigation » (estimation des volumes d'eaux irrigués), « humidité des sols » (estimation des stocks d'eau dans le sol), « hydrodynamique des sols » (estimation des capacités d'infiltration), « nappe » (analyse piézométrique et analyse de la qualité des eaux souterraines), « évapotranspiration réelle » (estimation des flux evapo-transpirés) et climat, « surfaces résidentielles » (bilan hydrique des résidences urbaines et

périurbaines). Une étude plus approfondie est menée en parallèle dans le cadre d'un travail de doctorat.

Il s'agit donc d'une étude ambitieuse à l'échelle d'une petite région dont l'objectif final consiste à élaborer un bilan en eau au pas de temps mensuel (ou inférieur si possible) et de construire un modèle de nappe prenant en compte de la manière la plus fiable possible les processus de recharge de cette nappe en intégrant le rôle du sol et de son usage. Ce travail est basé sur une démarche multi-approches utilisant en particulier la complémentarité entre suivi piézométrique (carte piézométrique à différentes périodes de l'année, suivi chronologique ponctuel) et technique du traçage naturel de l'eau (signal hydro-chimique et isotopique).

Problématique générale de la recharge des nappes par l'irrigation

A la fin des années 1970, une étude entreprise par le ministère de l'agriculture (Faguet et al., 1980) a démontré que les quantités d'eau théoriquement allouées à l'agriculture dans le département du Vaucluse étaient très largement supérieures à la norme admise (0,5 à 0,7 l/s/ha). Les débits fictifs apportés aux zones irriguées ont été en effet évalués à environ 2,3 l/s/ha, avec une forte disparité entre les zones irriguées, la valeur maximale étant obtenue pour la plaine d'Avignon (cf. Tableau 1)

	Surface réputée arrosée* ¹ (ha)	Dotation en eau (l/s)	Débit fictif (l/s/ha)	Surface corrigée* ² (ha)	Débit fictif corrigé (l/s/ha)
Prise de Mallemort					
Canal Mixte	7980	12290	1,54		1,54
Canal St Julien	3968	7228	1,82	2000	3,5
Plaine d'Avignon	2076	7590	3,65	1600	4,7
Canal Sud Lubéron	3251	4498	1,38	2000 à 2200	2,2 à 2,5
TOTAL	17275	31606	1,83	13 580 à 13 780	2,29 à 2,33

*¹ Surfaces figurant dans les déclarations remises à la Commission Exécutive de la Durance

*² Surfaces corrigées en fonction des redevances perçues par les gestionnaires des réseaux

Tableau n°1 : Débit fictif d'eau issue de la Durance alloué aux activités agricoles pour le département du Vaucluse (d'après Faguet et al., 1980)

L'étude des mouvements d'eau effectuée sur les canaux issus de la prise de Mallemort a permis de montrer que les entrées d'eau se répartissaient ensuite de la manière suivante :

volume des pertes primaires (réseau ouvrages de régulation) : 25%

besoins des cultures : 26%

(mesurés au niveau de la filiole n°10, périmètre de Carpentras)

pertes de distribution (rejets disséminés le long du réseau) : 49%

Les auteurs notent que, bien que représentant un pourcentage faible des entrées, les besoins mesurés n'en correspondent pas moins à plus de 9000 m³/ha/an, soit le double du besoin strict des cultures. Cet écart est expliqué par des habitudes d'arrosage ancestrales.

Quant aux pertes dans le réseau, il est noté que « les pertes des seuls canaux issus de la prise de Mallemort paraissent énormes. Elles correspondent le plus souvent à des vicissitudes de fonctionnement liées à la conception même du réseau d'irrigation datant de 1850 lequel se devait, aux moments d'abondance des eaux, d'en acheminer le maximum. Les pertes du

réseau étaient alors sans importance. Ces pertes qui sont devenues un phénomène naturel ont des « retombées » inéluctables et souvent oubliées sur le paysage, les rivières, l'alimentation en eau potable, la production d'énergie électrique.... La détermination exacte de la réinjection d'eau qu'elles constituent pour le comtat est difficile à évaluer. Les incidences d'une maîtrise assurée des eaux permettront peut-être d'en établir, a posteriori, le réel bilan. Il est certains cependant que seuls les besoins collectifs nécessaires à l'irrigation doivent être portés au débit des irrigants. On ne perçoit pas toujours en effet, les conséquences bénéfiques d'eaux excédentaires qui se retrouvent, soit dans les rivières, soit dans la nappe phréatique. »

Cette étude datant d'une vingtaine d'année pose donc bien la problématique du statut des excédents de l'irrigation, avec une vision de gestionnaire, visant à rationaliser l'utilisation agricole de l'eau, pour soit revoir à la baisse les dotations, soit à dotation stable, augmenter les surfaces irriguées. Mais elle met aussi bien en évidence la prise de conscience des services rendus par ailleurs par cet excédent d'eau qui assure la recharge des nappes, le soutien des débits de rivières.

	Volumes entrants (Mm ³)	Volumes sortants (Mm ³)	Volumes Utilisés (Mm ³)	Volumes Utilisé (l/s/ha)	Ratio entre Volume Utilisé et Volume entrant
janv-03	Chômage du canal				
févr-03	0,26	0,13	0,13	0,384	50%
mars-03	0,85	0,44	0,41	1,093	48%
avr-03	1,35	0,62	0,73	2,012	54%
mai-03	1,31	0,42	0,89	2,373	68%
juin-03	1,67	0,82	0,85	2,342	51%
juil-03	1,66	1,00	0,66	1,760	40%
août-03	1,52	0,68	0,84	2,240	55%
sept-03	1,14	0,35	0,79	2,177	69%
oct-03	0,80	0,16	0,64	1,707	80%
nov-03	0,36	0,26	0,1	0,276	28%
déc-03	Chômage du canal				
Totaux	10,92	4,88	6,04	1,368	55%

Tableau n°2 : bilan d'eau effectué pour le Canal Puy en 2003 (d'après l'étude du bureau d'étude Hydrosol, 2003) ; Mm³= millions de m³

Une étude ciblée en 2003 sur l'un des 3 canaux irrigant la plaine d'Avignon a confirmé ces chiffres, estimant que 45% de l'eau entrant était rejetée à l'exutoire de la zone irriguée (Tab.2). Quant au volume d'eau « utilisée » par les irrigants (différence entre volume entrant et volume sortant), il a été estimé que seul 15% (0,9 Mm³) de cette eau était effectivement consommée par les plantes. Par différence, le volume infiltré vers la nappe a été estimé à 85% de l'eau utilisée (5,14 Mm³). Un chiffre similaire (80%) a été proposé pour le canal Crillon, autre canal irrigant la plaine d'Avignon. Ce chiffre là encore très élevé s'explique par les pratiques d'irrigation (irrigation gravitaire), mais aussi par des pertes importantes dans le réseau.

Dans notre zone d'étude, le rôle de l'irrigation dans la recharge des nappes est donc certain. Mais l'évaluation des quantités d'eau effectivement apportées reste, elle, incertaine. En effet, les chiffres fournis ici ont été obtenus dans le cadre d'études ponctuelles, les mesures qui y ont été effectuées n'étant pas pérennisées. De plus, une forte incertitude porte sur le volume effectivement consommé par les cultures. S'ajoute au mode de calcul peu précis basé sur

l'utilisation de coefficients cultureux des incertitudes quant à la surface du périmètre réellement irrigué et aux types de cultures présentes dans ce périmètre.

Présentation du périmètre d'étude

Notre zone d'étude s'étend au confluent du Rhône et de la Durance dans une plaine alluviale quaternaire de forme triangulaire qui a pour limites naturelles, le Rhône au Nord ouest, la Durance au Sud et les collines tertiaires de Chateauneuf de Gadagne à l'Est. Le relief de cette plaine est peu marqué du pied des collines à l'altitude de 40 m à l'Est jusqu'au confluent à l'altitude de 16 m à l'extrême Ouest.

A partir de la Durance, trois canaux d'irrigation principaux permettent d'alimenter en eau ces terres agricoles de manière gravitaire à l'aide de nombreuses filiales. Ils jouent un rôle important dans l'aménagement de la région d'Avignon. Le canal Puy, au Sud, mis en service en 1808 et long de 10 km permet de desservir 140 ha irrigués (état en 2000) dans la ceinture verte d'Avignon au niveau des berges de la Durance. Le canal Crillon créé en 1775 s'étend du Sud vers le Nord sur près de 19 km en comptant ses principales filiales et irrigue 700 ha de parcelles. Le canal de l'Hôpital-Durançole en position intermédiaire, a été mis en service dès le XIIIème siècle, irrigue 266 ha au Sud-Est de l'agglomération et termine en ville en traversant plusieurs de ses quartiers (Fig.1).

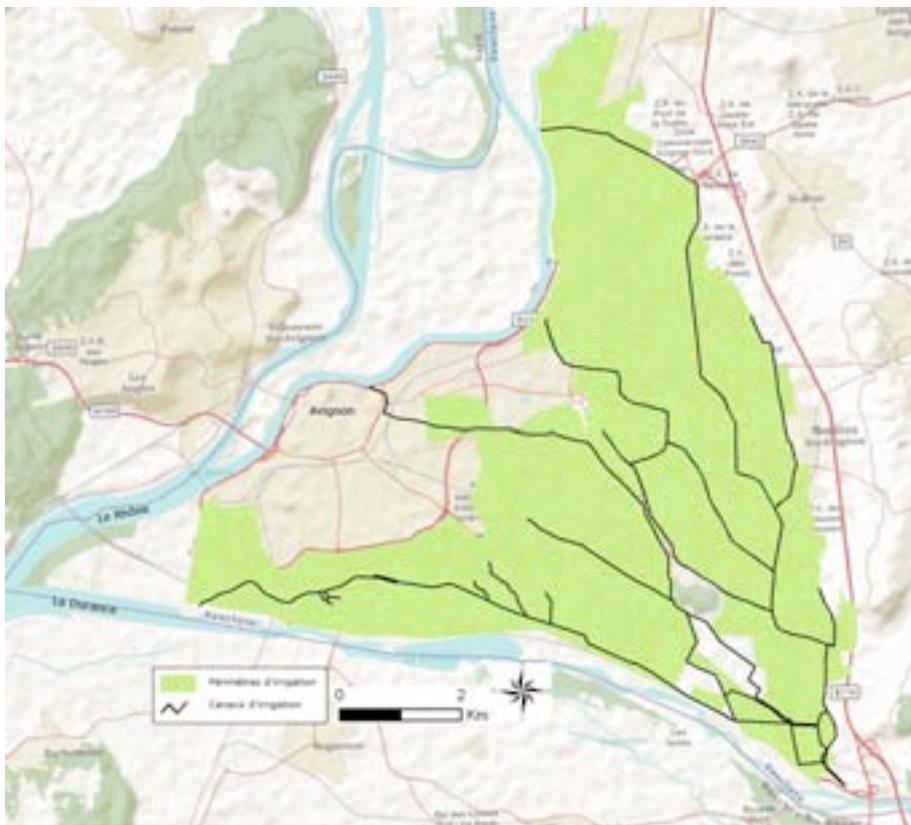


Figure 1 : Réseaux et périmètres d'irrigation dans la plaine d'Avignon

La Basse Vallée de la Durance est caractérisée par des sols fertiles, mis à profit par une activité agricole très développée grâce aux apports d'eau par irrigation. Mais la plaine alluviale d'Avignon s'inscrit dans un contexte majoritairement urbanisé où les territoires agricoles n'occupent plus aujourd'hui que 30% de la surface. Ce chiffre est le résultat d'une

extension progressive de l'agglomération d'Avignon vers l'est, tendant à faire disparaître les surfaces agricoles au profit de zones urbanisées (Fig. 2 et 3).

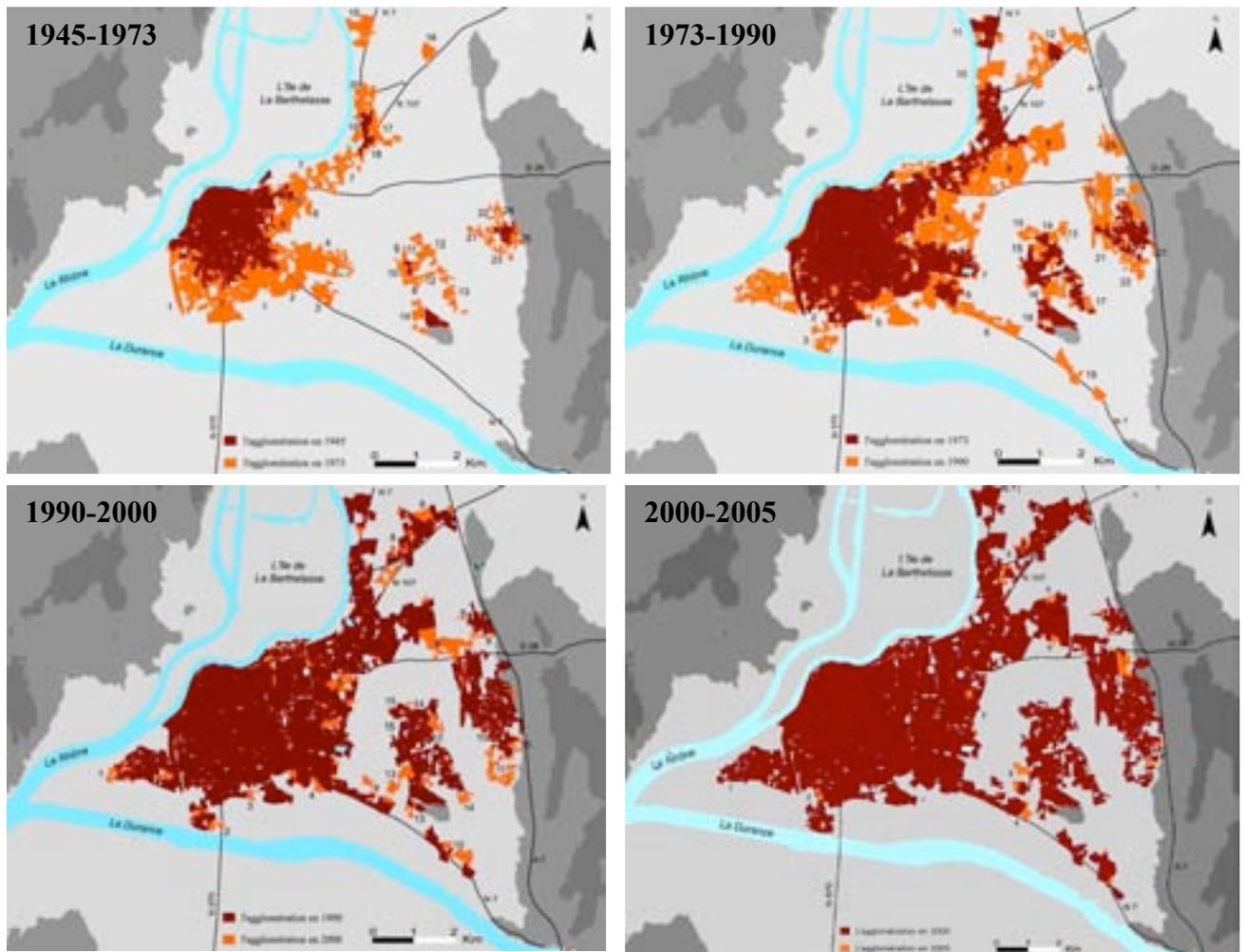


Figure 2 : Extension de l'agglomération d'Avignon depuis 1945 (Alkhalifa, 2008)

Les eaux souterraines y sont donc fortement sollicitées pour l'alimentation en eau potable au niveau du champ captant de la Saignonne alimentant 100.000 usagers, situé à quelques kilomètres au sud-est d'Avignon et seule ressource en eau potable de la collectivité (pompage moyen de 40 000 m³/jour). Les eaux souterraines y répondent aussi aux besoins industriels et à certains besoins agricoles (arrosage par aspersion). A noter aussi la présence de nombreux puits et forage individuels qui alimentent les habitations en eaux domestiques ou en eau d'arrosage.

La ressource sollicitée est localisée dans la nappe alluviale d'accompagnement de la Durance et du Rhône. Il s'agit d'une nappe principalement libre. Dans le fonctionnement général de la recharge de cette nappe, le rôle de l'irrigation des terres est primordial. Cette irrigation, encore très active, participe à la recharge de l'aquifère de telle sorte que le niveau d'eau de la nappe est maximum l'été et minimum l'hiver. Cet impact de l'irrigation est particulièrement important à appréhender dans un contexte d'urbanisation (tendance à une réduction des volumes irrigués, cf. Fig. 3 et 4) et de changement climatique (les scénarios de changement climatique dans la région prédisent une augmentation de l'aridité). La nappe alluviale d'Avignon fonctionne aussi en lien étroit avec la rivière Durance, qui sur la majorité de son cours soutient les écoulements de la nappe, et le fleuve Rhône qui draine la nappe, deux cours d'eau dont le régime d'écoulement et

les cotes hydrauliques sont fortement contraints par l'homme (barrages CNR sur le Rhône, barrages et seuils sur la Durance).

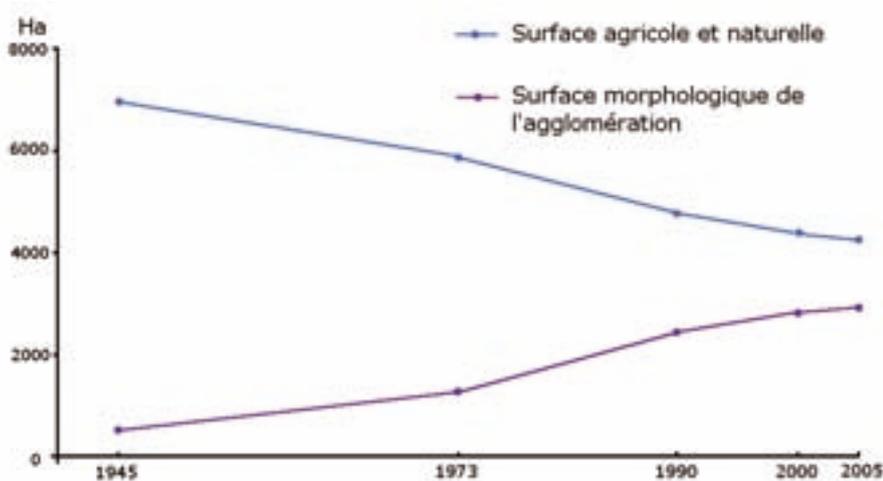


Figure 3 : Evolution des surfaces agricole et urbaine dans la plaine d'Avignon (Alkhalifa, 2008)

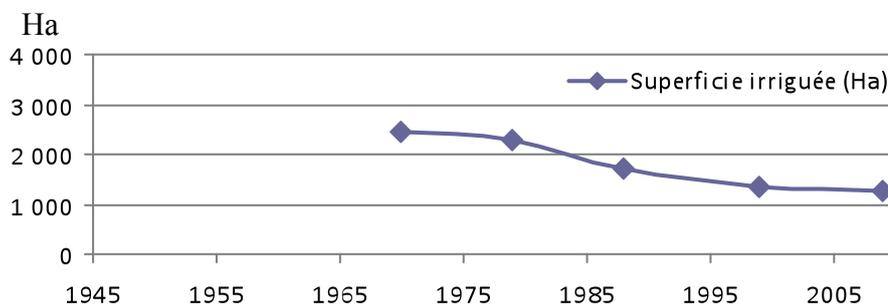


Figure 4 : Evolution de la surface irriguée dans la plaine d'Avignon

La qualité chimique et bactériologique de l'eau souterraine est également un enjeu majeur. Les pollutions éventuelles peuvent provenir de l'activité agricole mais aussi (et de plus en plus) de l'urbanisation et de l'industrie (lessivage des routes, déversements accidentels de produits toxiques, rejets industriels, etc...).

La forte empreinte de l'homme sur ce milieu y rend complexe la gestion raisonnée de la ressource. De multiples acteurs sont impliqués dans cette gestion : la Chambre d'Agriculture du Vaucluse (irrigation, qualité de l'eau), EDF (qui assure la dotation en eau de Durance des canaux d'irrigation), 4 associations d'irrigants, la Coga (communauté d'agglomération du grand Avignon, responsable entre autre de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement), Veolia Eau (fermier exploitant l'usine de la Saignonne), la mairie d'Avignon (service travaux, service urbanisme, service environnement), l'Agence de l'eau RMC (financement et contrôle de bons usages), la Direction Départementale de l'Agriculture et de l'Equipement, DDAE (entre autre, rôle de police, suivi des prélèvements agricoles), le syndicat mixte d'aménagement de la vallée de la Durance (gestion des crues, amélioration de la sécurité, transport solide, gestion des différents usages), le conseil général du Vaucluse (service environnement et laboratoire départemental).

Contexte géologique et hydrogéologique

Les alluvions grossières qui constituent la basse plaine d'Avignon ont une double origine. Elles ont été déposées par le Rhône dans leur majorité mais on trouve dans la partie sud de la plaine, des alluvions amenées par la Durance. Il s'agit d'un cône de déjection de cette rivière au moment où elle abandonnait son ancien lit qui l'amenait directement à la Méditerranée via la Crau, pour faire irruption dans le bas Rhône. Cet événement date probablement ces dépôts du Würm récent et de l'Holocène. L'épaisseur moyenne des alluvions de la basse plaine est de 15 m. Elles sont généralement recouvertes de limons d'inondation argilo sableux d'épaisseur variant de 1 à 4 m.

Le substratum de ces alluvions reconnu par de nombreux forages est constitué essentiellement par des marnes que l'on attribue au Miocène (Burdigalien) qui affleurent à l'Est dans les collines de Caumont – Chateauneuf de Gadagne et que l'on retrouve à l'Ouest sur l'autre rive du Rhône ennoyant les reliefs de calcaire blanc du Crétacé inférieur (Barrémien) de Villeneuve les Avignon. Certains forages cependant ont rencontré directement sous les alluvions les calcaires du Barrémien et l'on suppose par places la présence d'argile pliocène (Plaisancien) intercalée entre la molasse et les alluvions. Cette hétérogénéité du substratum s'accompagne aussi d'une morphologie complexe puisque des pointements de calcaire crétacé s'élèvent au dessus de la plaine d'Avignon comme au rocher des Doms qui supporte le Palais des Papes et au Mont de Vergues à Montfavet (Fig.5). Quelques lambeaux d'une basse terrasse du Rhône émergent aussi de quelques mètres au dessus de la plaine alluviale à l'Est de Montfavet. Ces reliefs peuvent résulter de mouvements tectoniques ou être les reliques d'une morphologie ancienne commencée lors des phases d'émersion, de bauxitisation et de plissement du début du Crétacé supérieur. La coupe hydrogéologique SE-NW reconstituée à partir de quelques forages profonds (Fig.6) rend bien compte de ce contexte.

Les alluvions récentes du Rhône et de la Durance forment le réservoir d'une nappe importante. Conformément à la nature des matériaux, des sables grossiers riches en galets, la perméabilité est élevée, de l'ordre de 5.10^{-3} m/s. L'emmagasinement moyen calculé par essais de nappe est de l'ordre de 0,06 (Bogner, 2004), une valeur quasi équivalente à celle de 5 % avancée par BURGEAP (1995) pour la porosité efficace car la nappe est généralement libre.

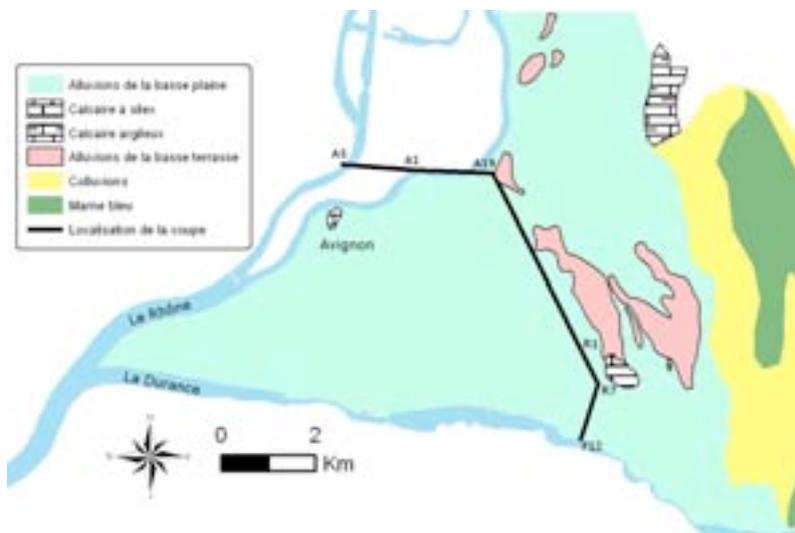


Figure 5 : Carte géologique synthétique de la zone d'étude

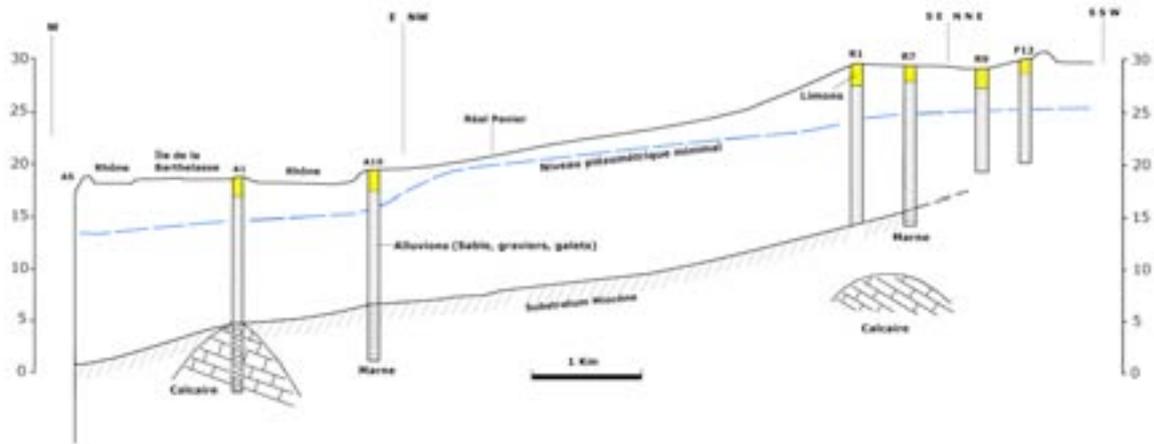


Figure 6 : Coupe géologique (localisée sur la figure 5)

Une carte piézométrique détaillée a été établie en novembre 2010, soit en période de moyennes eaux (Fig.7). Elle montre un écoulement général E.SE-W.NW dans la partie Sud-est de la plaine révélant une alimentation par la Durance accentuée et perturbée par les importants pompages du champ captant d’Avignon. Plus au Nord les écoulements sont franchement Est-ouest. Le gradient de la nappe est compris entre 1.5 ‰ et 3 ‰ et varie selon les secteurs et la saison. Cette nappe, peu profonde (3 à 6 mètres sous la surface du sol) circule assez rapidement dans les alluvions (plusieurs mètres par jour).

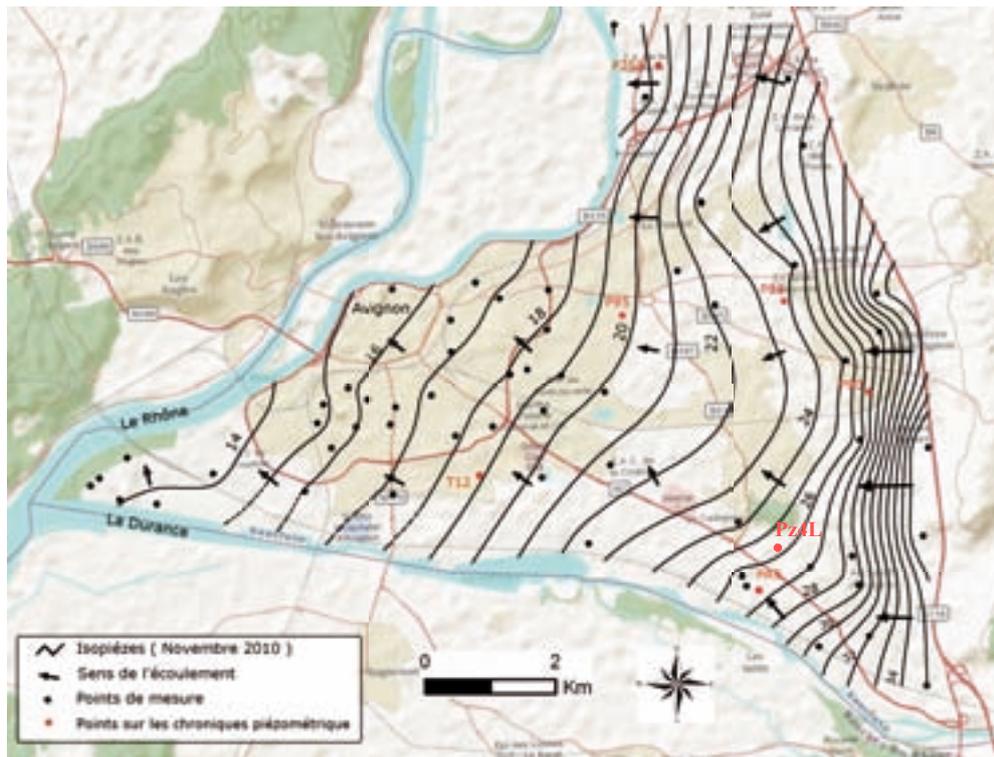


Figure 7 : Carte piézométrique – novembre 2010

Les modes de recharge de la nappe alluviale :

La réalimentation de l'aquifère alluvial d'Avignon par les surplus de l'irrigation gravitaire est bien mise en évidence par les variations de niveau de trois piézomètres de l'ancien réseau de surveillance de la DIREN- PACA (Fig.8). Les points de mesure sont localisés sur la figure 7. Les deux piézomètres amont accusent classiquement des oscillations de plus de 3 m alors que le piézomètre aval proche du niveau de base que constitue le Rhône présente des variations inférieures au mètre. Mais la particularité réside dans la régularité et la chronologie saisonnières de ces variations. On observe un régime de hautes eaux en été (juillet) en l'absence de pluie efficace quand l'irrigation est à son maximum et de basses eaux en hiver (février et mars) quand les canaux d'irrigation sont au chômage. Cette particularité persiste comme le montrent les enregistrements récoltés actuellement sur trois autres piézomètres (Fig.8).

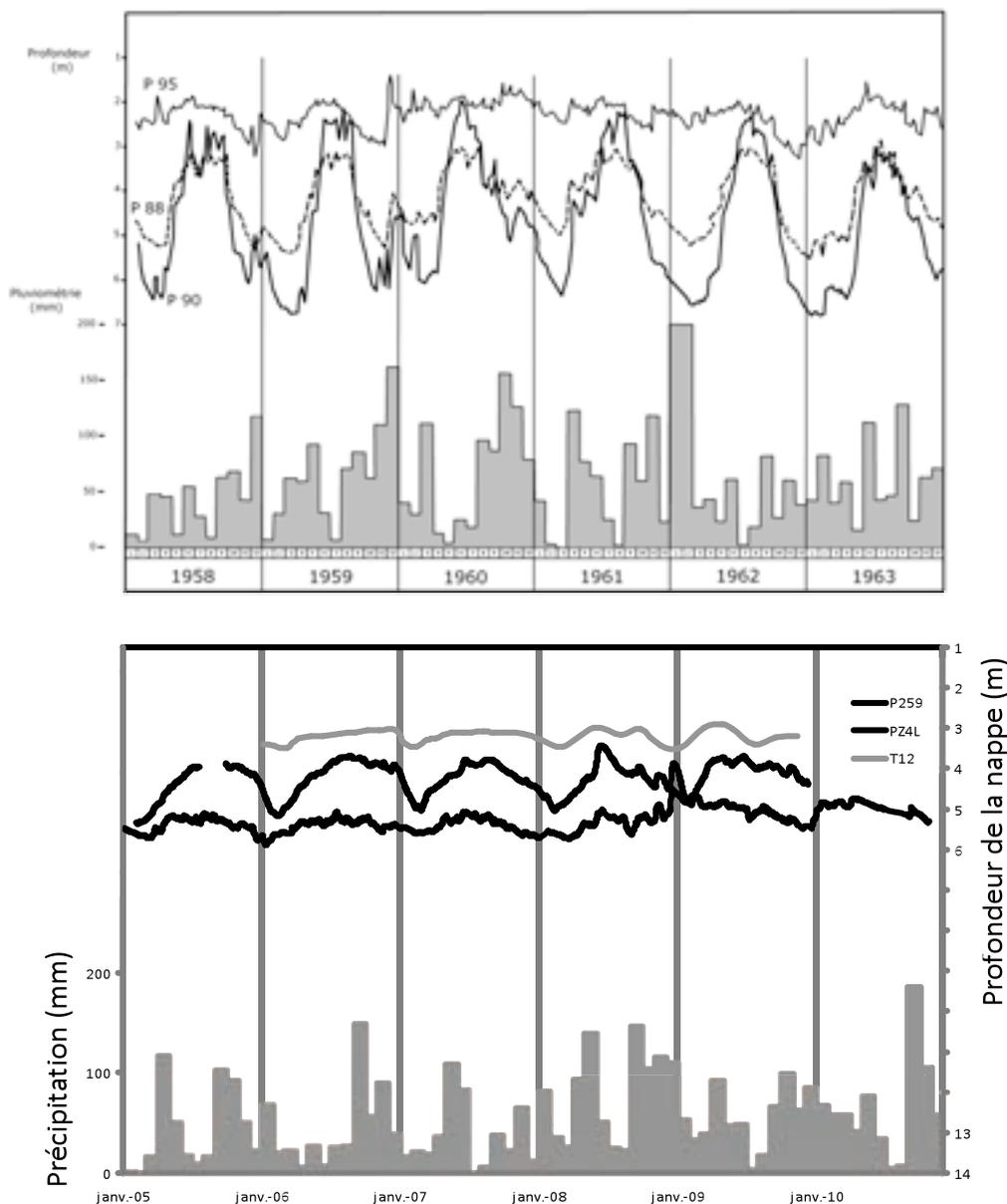


Figure 8 : Chroniques piézométriques - Périodes 1958-1963 et 2005-2010

Les variations piézométriques semblent être d'amplitude plus faible, mais la localisation différente des points de mesure actuels, avec 2 points en partie Sud de la zone d'étude, et un en extrême nord, rend difficile toute interprétation en terme de changement des modes de recharge. Pour cette raison, une installation complémentaire de capteurs est prévue dans le cadre de notre étude pour mieux suivre le comportement actuel de la nappe.

La comparaison de 2 cartes piézométriques réalisées en juillet 1963 et mars 1964 permet de visualiser la variabilité spatiale du comportement de cette nappe. Dans la partie centrale, le niveau de la nappe est nettement redescendu entre ces deux dates, en parallèle avec l'arrêt de l'irrigation et la période de chômage des canaux. Lorsque l'on se rapproche des limites (amont et aval), la nappe a au contraire tendance à remonter, montrant dans ces zones un comportement plus en accord avec le climat.

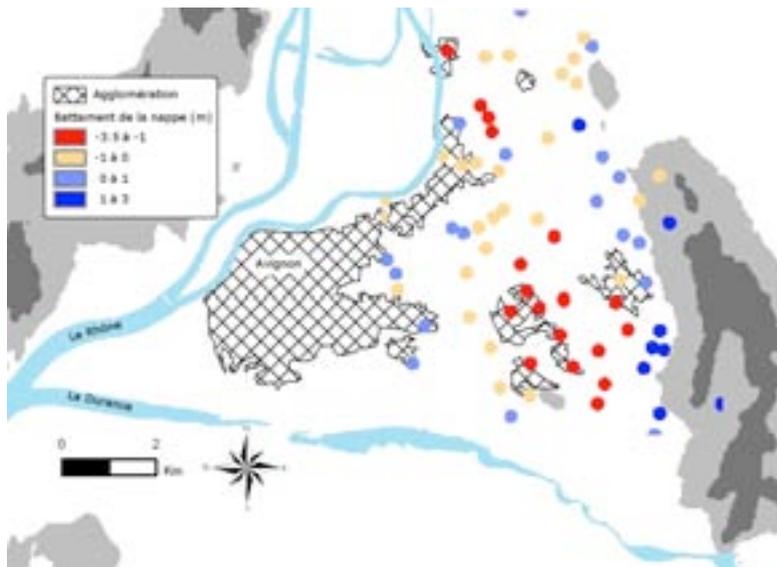


Figure 9 : Différence de piézométrie entre mars 1964 et juillet 1963 (fond de carte : extension de l'agglomération dans les années 1960)

Ainsi on doit considérer que l'alimentation principale de l'aquifère alluvial d'Avignon se fait sur sa frontière sud-est par les entrées en provenance de la Durance et par la réalimentation de l'irrigation gravitaire sur les terres agricoles. Les pluies efficaces et l'alimentation en provenance des versants molassiques ne jouent probablement qu'un rôle mineur en période de pluviométrie faible à moyenne. La figure 10 présente le résultat de l'évaluation de l'excédent d'eau de précipitation sur notre zone (calcul par bilan hydrologique de type Thornthwaite au pas de temps mensuel, avec une réserve facilement utilisable de 100 mm). Le caractère très variable du régime pluviométrique méditerranéen se traduit par une très forte disparité intra et interannuelle de cet excédent. Pendant les périodes de pluviométrie faible à normale (périodes 1990-1993 ; 1997-2000 ; 2004-2007), le comportement de la nappe répond à l'alimentation par l'irrigation (cycle bi-modale avec hautes eaux en été et basses eaux en hiver), alors que pendant les périodes humides (1993-1997, 2000-2004), la nappe réagit sous la double influence de l'irrigation et de la pluviométrie.

Le double mode d'alimentation de cette nappe est donc confirmé. Pour mieux faire la part entre les différents processus de recharge de cet aquifère, nous avons entrepris de mener une étude basée sur le traçage naturel de l'eau, en analysant en particulier les teneurs en oxygène 18 et en deutérium de l'eau. Ce travail est en cours de réalisation et devrait permettre de faire la part entre les apports d'eau par précipitation, et apport d'eau par irrigation. Nous utilisons en particulier le marquage spécifique de l'eau en ^{18}O avec un suivi à l'échelle mensuelle. La

teneur moyenne des pluies pondérée par les précipitations est de $-6.40 \delta^{18}\text{O}\%$ (réseau UAPV, 1999-2009). Par contre, les teneurs du Rhône et de la Durance dont les bassins d'alimentation se situent en altitude, sont très marquées négativement ($\delta^{18}\text{O} = -10$ à -11%) (Mallessard, 1983). Ceci entraîne un marquage remarquable des alimentations diverses de l'aquifère alluvial, avec des teneurs autour de -10% quand l'eau provient des cours d'eau (alimentation directe ou alimentation via l'irrigation), et de l'ordre de -6 à -8% quand elle est issue des versants (Fig.11). Une eau qui circule dans l'aquifère verra donc son rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ changer en fonction des processus de recharge (apport par les pluies ou par irrigation). Un réseau de suivi a été mis en place de manière à suivre l'évolution de l'eau depuis son infiltration jusqu'à l'exutoire de l'aquifère.

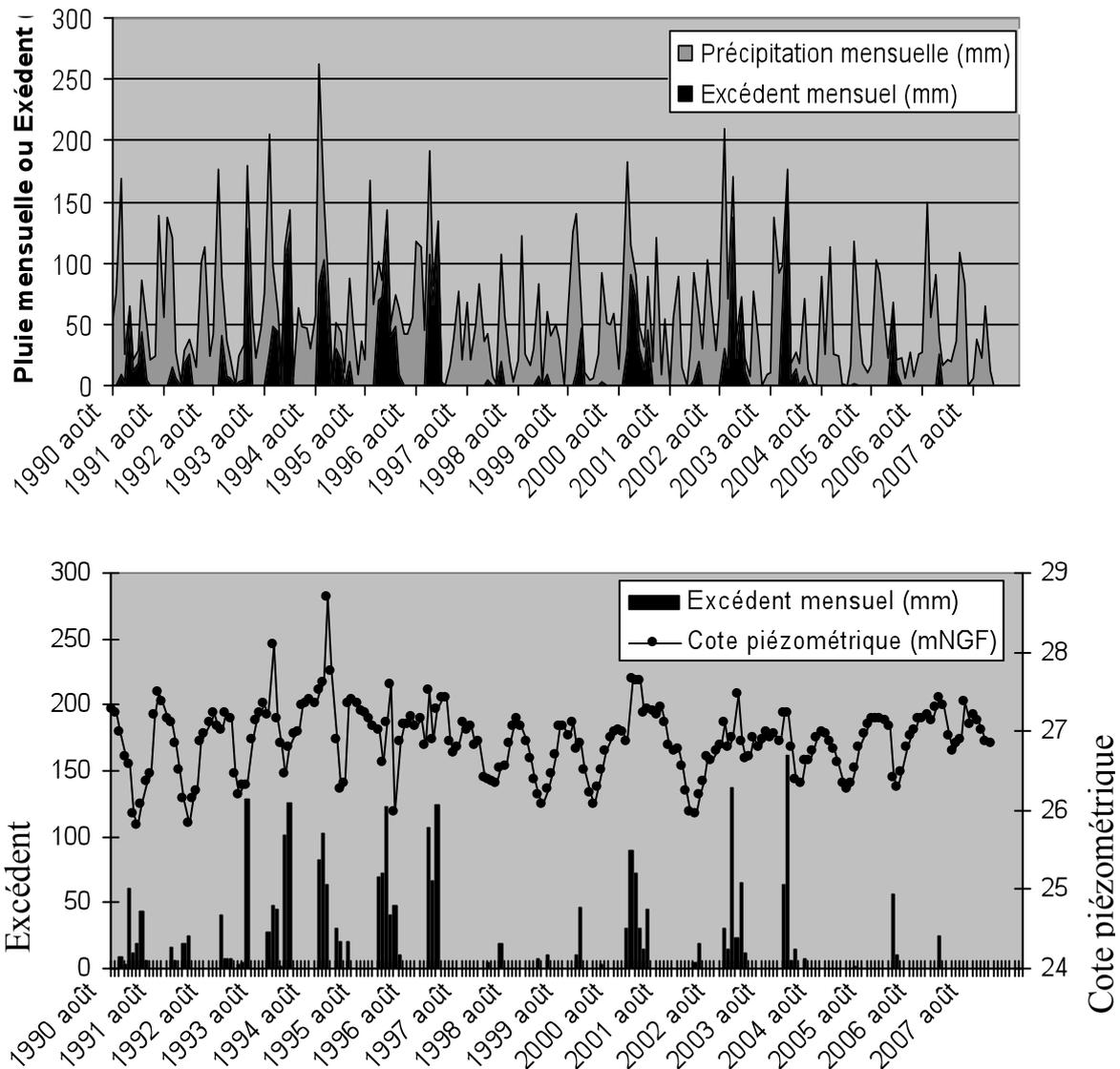


Figure 10 : Bilan hydrologique mensuel – 1990-2007

Conclusion et perspectives :

Les résultats de cette démarche couplant les approches classiques (suivi hydrodynamique régulier de la nappe et bilans hydriques) et les approches hydro-géochimiques seront utilisés pour calibrer et valider un modèle mathématique de fonctionnement de cette nappe. Ce modèle aura comme premier objectif une meilleure prise en compte de la recharge par

irrigation et devrait permettre de simuler les conséquences des changements d'occupation du sol (changement déjà effectifs et changements futurs) et des possibles changements du climat sur le comportement hydrodynamique de cette nappe.

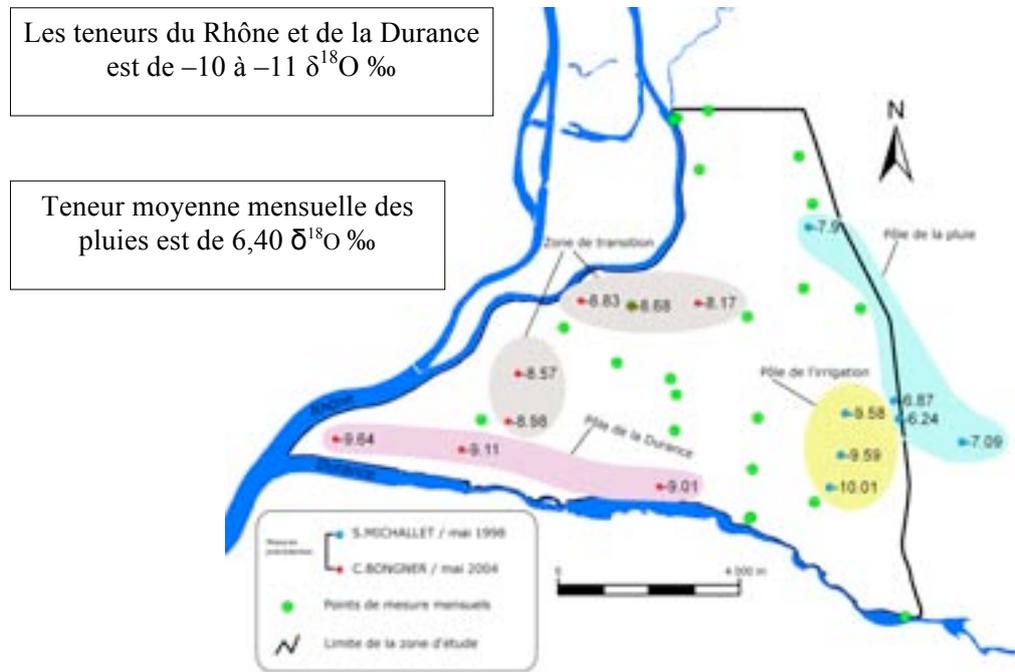


Figure 11 : Teneurs en ^{18}O ; Points d'analyses en et information préexistante

Bibliographie :

- Alkhalifeh S. (2008), L'apport de la télédétection dans l'observation de l'étalement urbain, l'exemple de l'agglomération d'Avignon-France. Thèse de doctorat, Université d'Avignon, 421p.
- Bogner, C. (2004), Hydrodynamique et hydrochimie de la nappe alluviale à la confluence Rhône-Durance. Mémoire de Master 2, université d'Avignon, 42 p.
- BURGEAP(1995), Etat de référence des eaux souterraines et proposition de suivi des impacts - confluence Rhône/Durance-Bonpas, rapport R/Av.422 A.4607-C795.221
- Faguet B., Cruciani P.-M., Jacob J.-P., Paulet H., Vairel D., Vallee J.-P., Auzet J.-P. (1980), Schéma hydraulique – Programme général de modernisation des irrigations en Vaucluse, 2- La ressource en eau. Rapport du Ministère de l'agriculture, Direction Départementale de l'agriculture du Vaucluse, Service du Génie rural des eaux et des forêts, 17 pages + annexes
- HYDROSOL INGENIERIE (2004), Bilan Hydraulique de la saison d'arrosage 2003, rapport effectué à la demande de l'agence de l'eau RMC, l'ASL des arrosants du Canal Puy d'Avignon et l'ASA des Usagers du Canal de l'Hôpital Durançole, 27p. + annexes
- Mallessard G. (1983), Sur la présence de fer et de manganèse dans l'Aquifère alluvial de la plaine d'Avignon (Vaucluse): relations avec l'hydrochimie et l'hydrogéologie, Thèse de 3^{ème} cycle, 131 p.