

SUIVI PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE DE LA CRAU

ANNEE 2012

SYMCRAU



MAI 2013

SOMMAIRE

I. Réseau piézométrique.....	3
II. Pluviométrie	4
III. Situation de la nappe	5
• Influence de l'irrigation	5
• Influence de l'irrigation et la pluie	6
• Influence de l'irrigation et des pompages	7
• Autres influences.....	8
IV. Situation de la nappe par rapport aux années précédentes	9
• Rapport aux normales	9
• Pz19.....	9
• Pz1 et 16	10
V. Analyses isotopiques	11
VI. Conclusion.....	14

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte du réseau de suivi quantitatif de la nappe

Figure 2 : Précipitations à Istres en 2012, données Infoclimat

Figure 3 : Précipitations à Salon-de-Provence en 2012, données Infoclimat

Figure 4 : Niveaux piézométriques essentiellement influencés par l'irrigation

Figure 5 : Niveaux piézométriques influencés par l'irrigation et la pluie

Figure 6 : Niveaux piézométriques influencés par l'irrigation et les pompages

Figure 7 : Niveaux des piézomètres 10 et 19

Figure 8 : Comparaison du niveau piézométrique du Pz 19 en 2009/2010 (données SPSE) et 2012

Figure 9 : Comparaison du niveau piézométrique du Pz 1 en 2009/2010 et 2012

Figure 10 : Comparaison du niveau piézométrique du Pz 16 en 2009/2010 et 2012

Figure 11 : Résultats d'analyse des trois premières campagnes isotopiques réalisées par le SYMCRAU

Figure 12 : Interpolation par krigeage du $\delta^{18}O$ de l'eau de la nappe de Crau, basée sur les résultats des premières campagnes d'échantillonnage.

Figure 13 : Surface piézométrique simulée en régime permanent à l'aide de Processing Modflow (Simmarano, 2012)

I. Réseau piézométrique

Le suivi du SYMCRAU a démarré en avril 2012. Il a été installé en complémentarité du réseau existant de 8 piézomètres suivi par le BRGM¹ sur la Crau. Les points ont été situés en fonction des caractéristiques hydrogéologiques de la nappe, des emplacements des zones de prélèvements importants et du suivi préexistant.

Aujourd'hui, le suivi du SYMCRAU est réalisé au pas de temps horaire sur 17 piézomètres. Quatorze d'entre eux enregistrent le niveau de la nappe depuis avril 2012 et trois autres depuis août.

L'emplacement des ouvrages est indiqué sur la carte ci-dessous

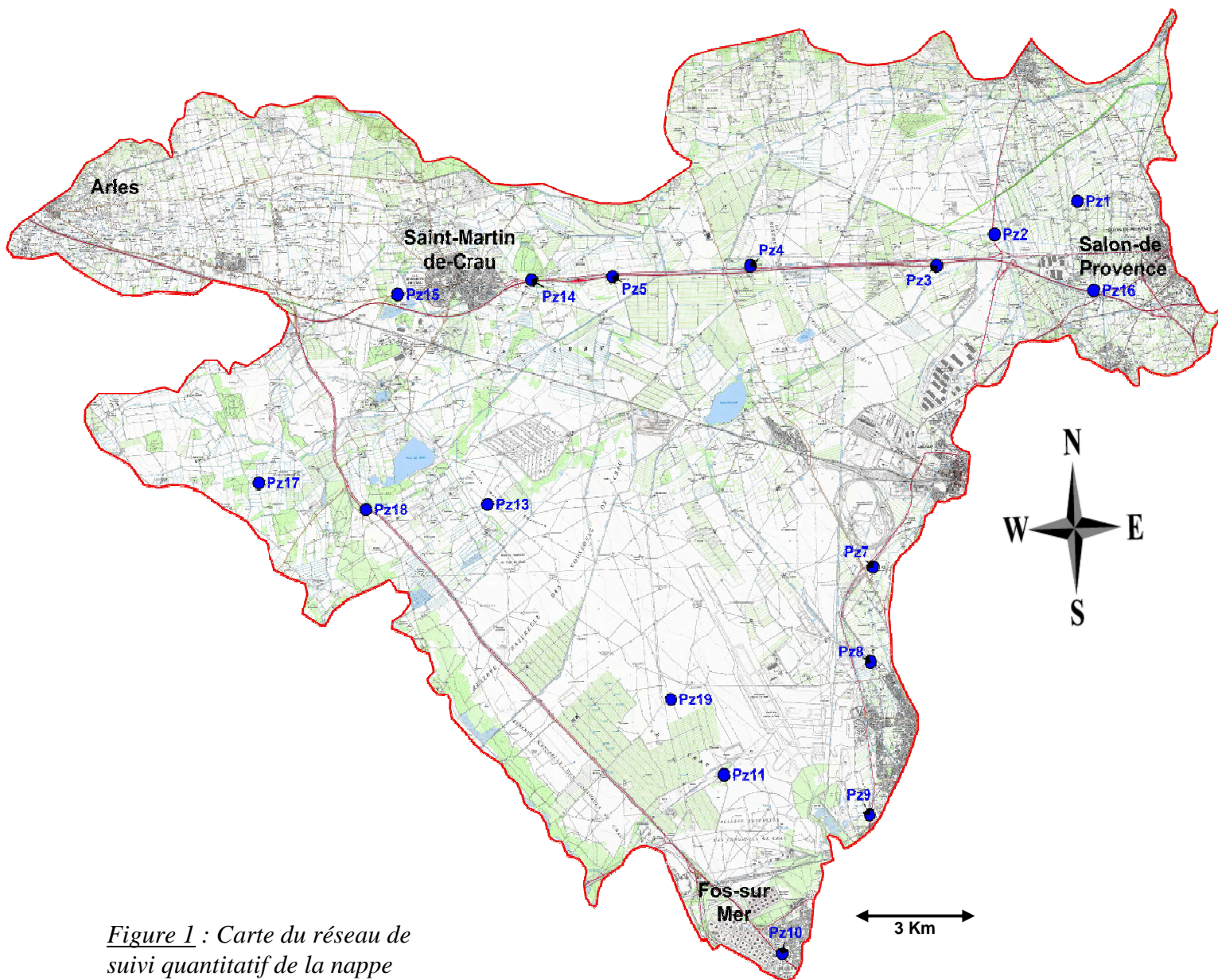


Figure 1 : Carte du réseau de suivi quantitatif de la nappe

¹ BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

II. Pluviométrie

Les données suivantes sont comparées aux normales enregistrées depuis 1961.

Cette année (janvier à décembre) a été généralement déficitaire sur la plaine de la Crau :

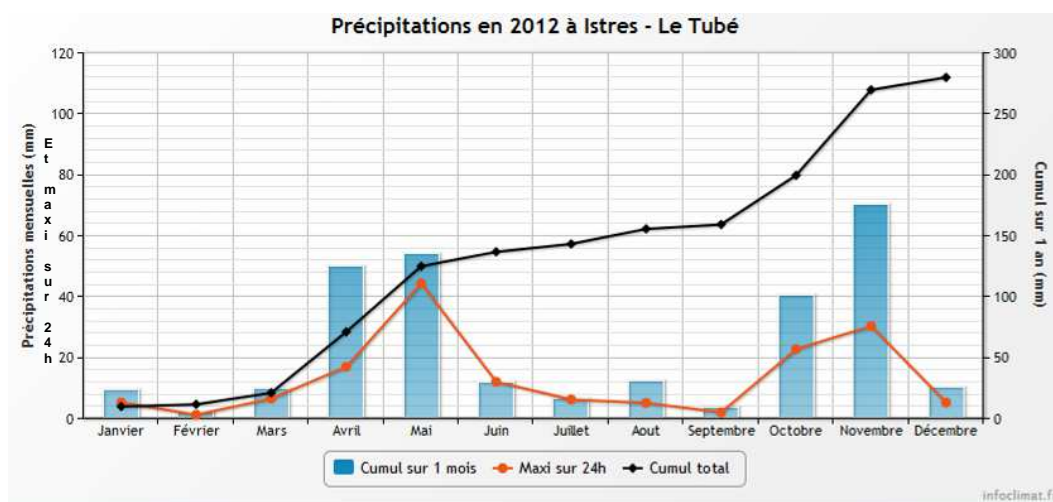


Figure 2 : Précipitations à Istres en 2012, données infoclimat

A Istres, la pluviométrie était excédentaire pour les mois d'avril et mai (+ 30 %) et pour le reste de l'année déficitaire à - 50 %.

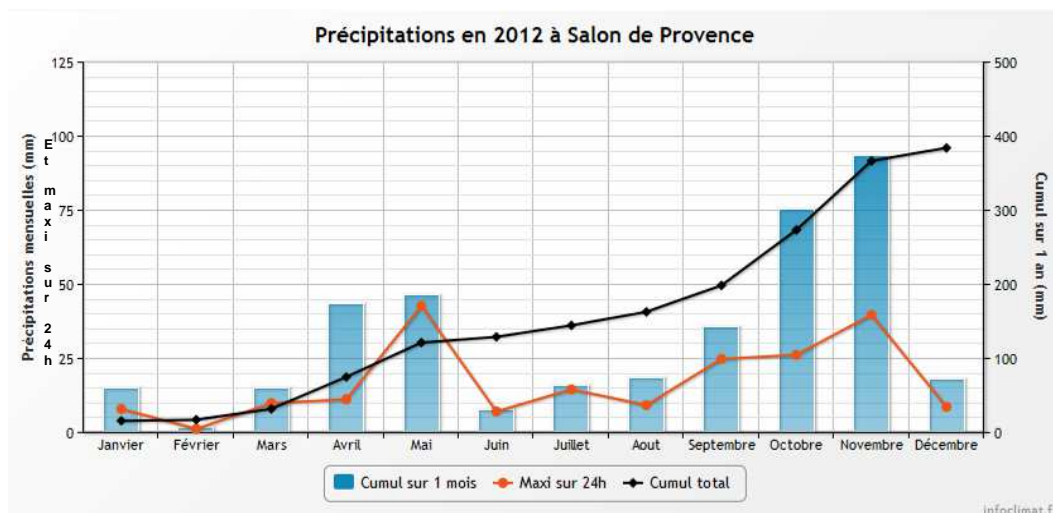


Figure 3 : Précipitations à Salon-de-Provence en 2012, données infoclimat

A Salon-de-Provence, l'année est restée déficitaire à - 45%.

D'un point de vue général, l'année a été déficitaire sur le territoire. Le cumul de précipitations varie de 260 à 380 mm sur la Crau pour l'année 2012.

III. Situation de la nappe

Les observations suivantes ont été émises avec moins d'une année de données. Elles seront à confirmer dans le temps grâce à l'acquisition de données supplémentaires.

Le réseau de suivi a enregistré des valeurs de niveaux comprises entre -1,5 et -15,5 mètres par rapport au sol et entre 1,5 et 75 mètres d'altitude (voir graphiques en annexe).

Les variations du niveau de la nappe de la Crau peuvent être induites par plusieurs facteurs : l'irrigation gravitaire, la pluie, les prélèvements... Selon leurs influences sur le niveau de la nappe, on peut distinguer différents types de variations piézométriques.

- Influence de l'irrigation

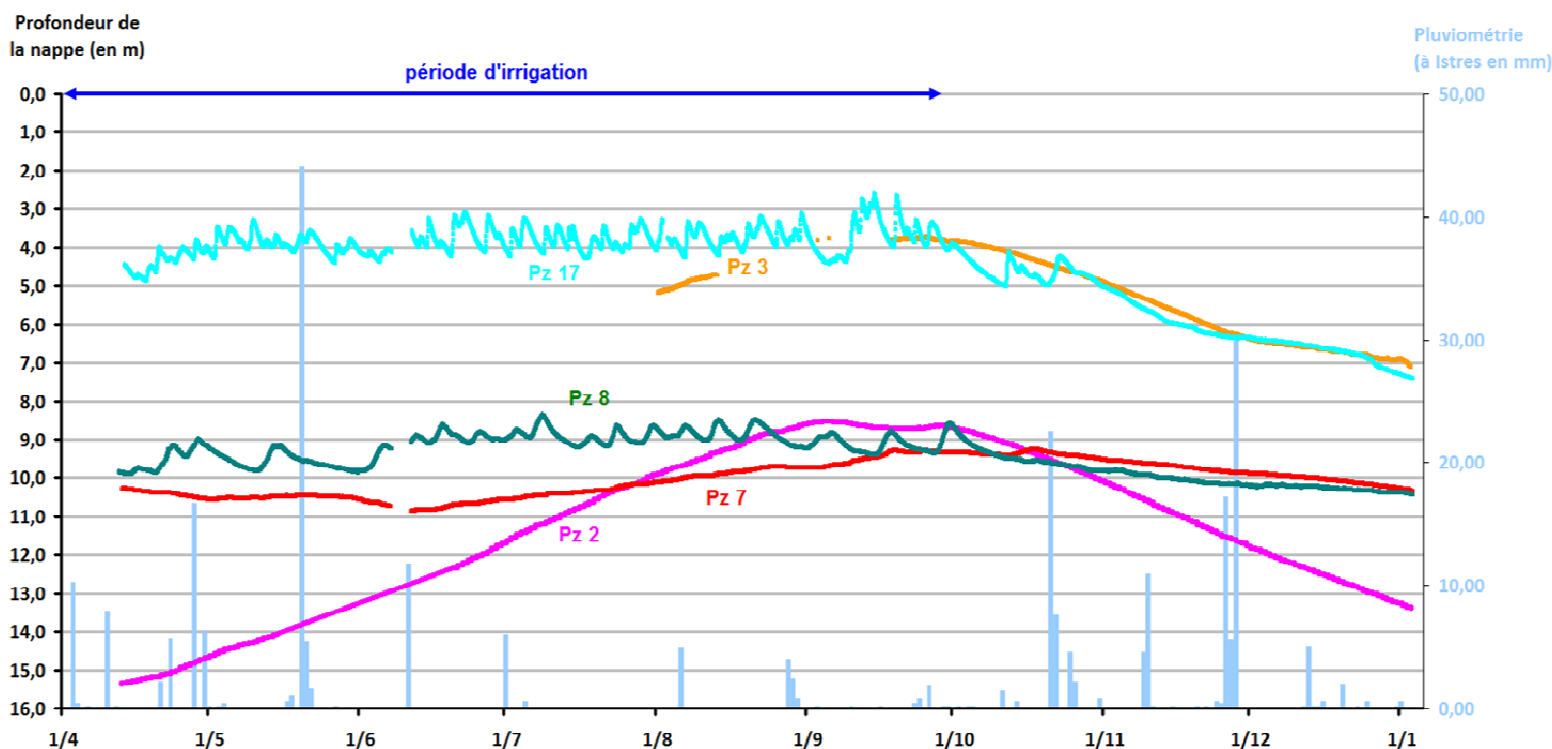


Figure 4 : Niveaux piézométriques essentiellement influencés par l'irrigation

➤ Le niveau des piézomètres 2, 3, 7, 8 et 17 est essentiellement dépendant de l'**irrigation gravitaire**. En effet, on remarque sur les graphiques correspondants que les niveaux de la nappe augmentent durant la période d'irrigation et atteignent leurs niveaux de hautes eaux en octobre, c'est-à-dire à la fin de cette période.

Les piézomètres 2 et 3 suivent la même courbe qui monte régulièrement et montre les plus forts battements de nappe enregistrés par ce réseau (environ 7 mètres pour le Pz 2). Dans ce secteur, la nappe est très transmissive.

On remarque des variations régulières au niveau du piézomètre 8 induites par les tours d'eau de l'irrigation du foin de Crau ou par sa proximité à un canal d'irrigation.

• Influence de l'irrigation et la pluie

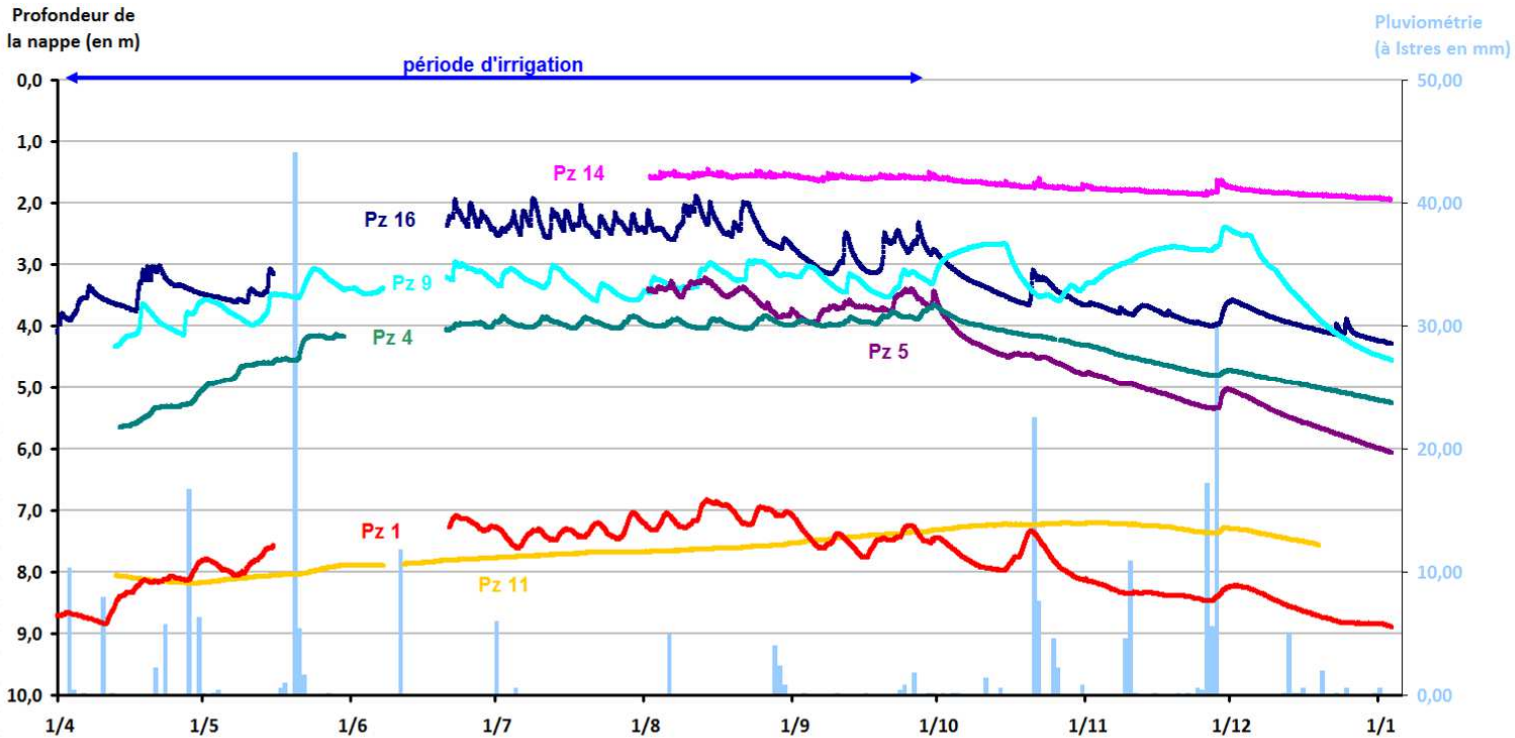


Figure 5 : Niveaux piézométriques influencés par l'irrigation et la pluie

➤ Les piézomètres 1, 4, 5, 9, 11, 14 et 16 enregistrent des niveaux principalement influencés par l'**irrigation** mais aussi légèrement par la **pluie**. Effectivement, ces points connaissent leur période de plus hautes eaux en octobre et on distingue parfois l'influence des tours d'eau sur certains d'entre eux (exemple de Pz 9 et 4) mais leurs niveaux varient aussi après les forts épisodes pluvieux. Si l'on observe, par exemple, les courbes après la pluie du 28 novembre une remontée de la nappe sur chacun de ces points est évidente.

Le Pz 11 montre la particularité de réagir à l'influence de l'irrigation avec un mois de décalage, sa courbe piézométrique commence sa montée en mai et baisse en novembre ce qui peut être expliqué par la position de ce piézomètre en aval hydraulique par rapport aux premières exploitations de foin de Crau.

• Influence de l'irrigation et des pompages

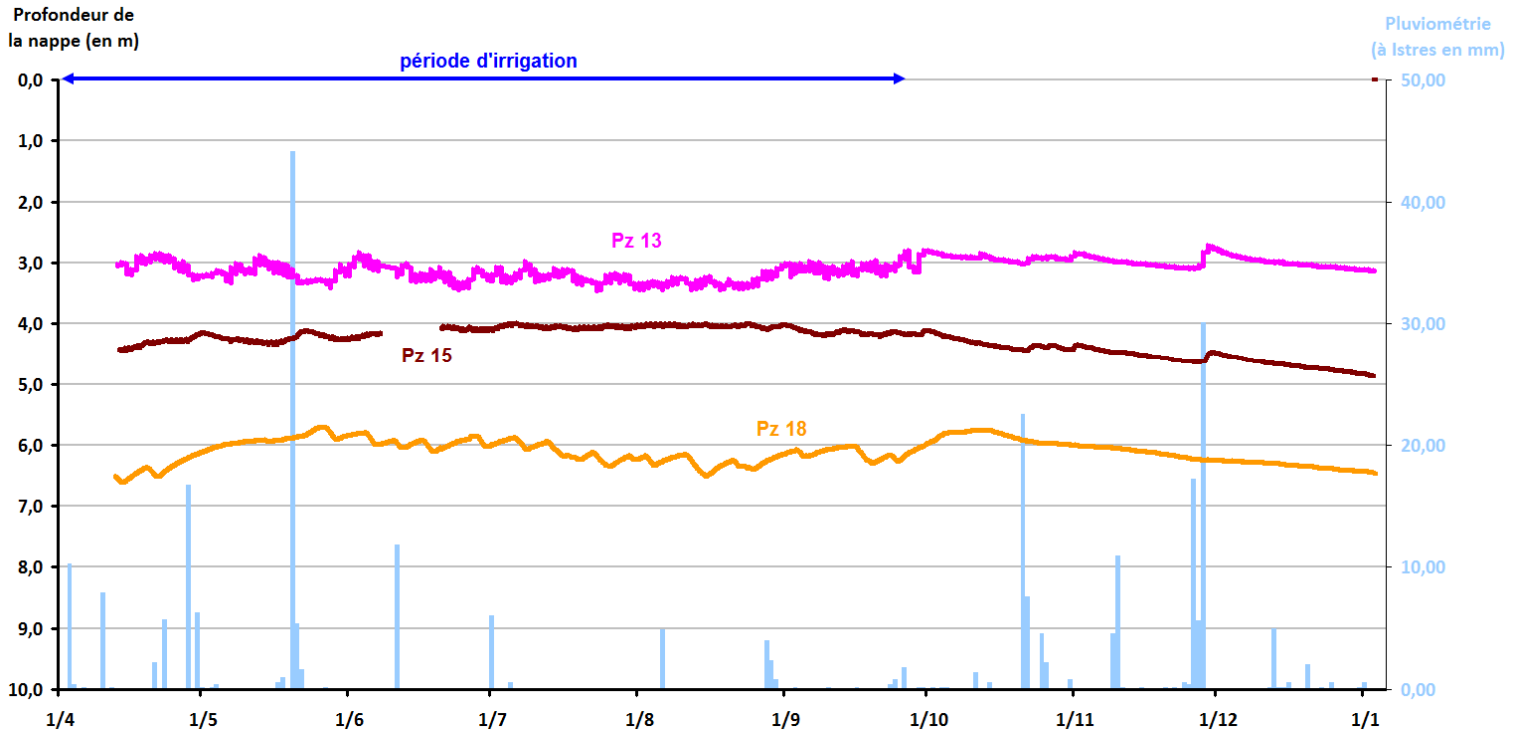


Figure 6 : Niveaux piézométriques influencés par l'irrigation et les pompages

➤ Le niveau de la nappe au droit des ouvrages 13, 15 et 18 montre une légère évolution de niveau (inférieure au mètre) dès le début de la période d'irrigation. Leurs niveaux montrent ensuite des mesures globalement stables et, à plus petite échelle, on note la présence de variations régulières dues aux **pompages** alentours.

Les piézomètres 18 et 13 sont situés dans une zone où l'irrigation gravitaire est effectuée à partir de prélèvements dans la nappe souterraine, c'est pourquoi les battements de nappe sur ces piézomètres sont relativement faibles d'avril à octobre.

Au niveau des piézomètres 13 et 15, on note une faible montée du niveau de la nappe après de forts événements pluvieux.

- **Autres influences**

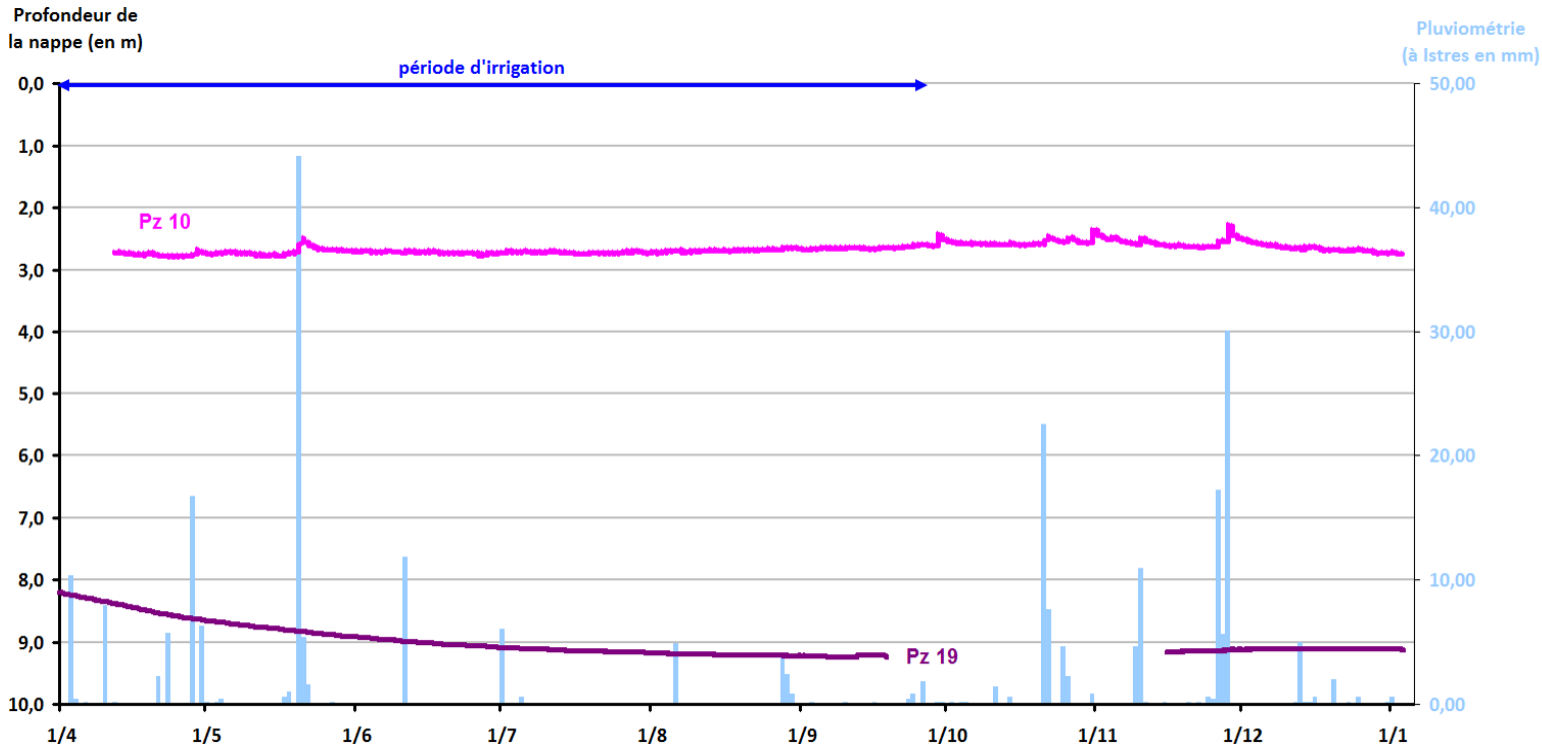


Figure 7 : Niveaux des piézomètres 10 et 19

- Le piézomètre 10 montre des variations faibles au cours du temps ce qui s'explique par sa proximité à la tranchée drainante qui stabilise le niveau de la nappe dans ce secteur. Néanmoins ce site enregistre chaque évènement pluvieux. L'influence de la pluie y est directe mais ne dure pas dans le temps.
- Le piézomètre 19 est l'unique ouvrage montrant un étiage estival ce qui est caractéristique d'une nappe souterraine méditerranéenne classique. On observe une baisse du niveau régulière pendant la période d'irrigation. Ces résultats s'expliquent par la situation du piézomètre au cœur d'une zone de Coussoul, Ce point est sans doute essentiellement alimenté par les précipitations et non par l'irrigation.

IV. Situation de la nappe par rapport aux années précédentes

• Rapport aux normales

En l'absence de recul suffisant sur les données acquises grâce à ce réseau, il est impossible d'apporter une information sur l'état de la nappe par rapport aux autres années. Néanmoins les données issues du réseau de suivi du BRGM pour la DREAL PACA (Cf. bulletin hydrologique de la DREAL) nous apprennent que :

- de septembre 2011 à janvier 2012, le niveau de la nappe de Crau était globalement au dessus de la moyenne, ce qui est sans doute lié aux précipitations importantes de l'hiver 2011-2012,
- de janvier à septembre 2012, le niveau de la nappe était moyen en centre Crau et au dessus de la moyenne au Nord du territoire.
- D'octobre à décembre 2012, le niveau était en dessous de la moyenne en centre Crau et au dessus au Nord.

De plus, certains piézomètres ont été suivis auparavant dans le cadre d'autres études, tels que les piézomètres 1, 16 et 19 ce qui permet de comparer les données sur plusieurs années.

• Pz19

Le piézomètre 19 a été suivi par la société SPSE à partir de 2009 jusqu'à fin 2010 suite à la pollution aux hydrocarbures qui a eu lieu en septembre 2009 au droit de ce site.

Le graphique suivant permet de comparer les résultats obtenus en 2009/2010 et 2012 :

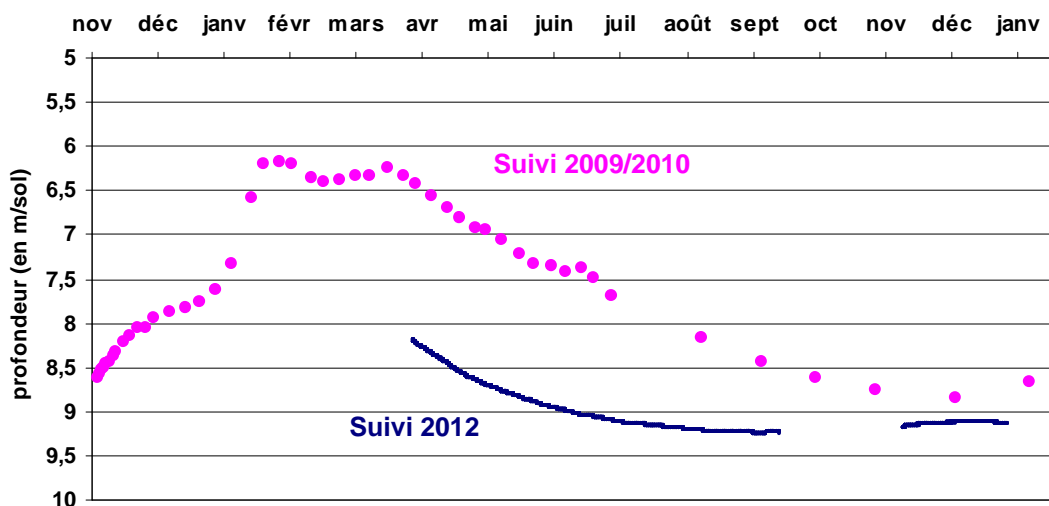


Figure 8 : Comparaison du niveau piézométrique du Pz 19 en 2009/2010 (données SPSE) et 2012

Par rapport à l'année 2010, on observe que la courbe de niveau de 2012 de la nappe sur le point 19 a la même allure mais est plus basse. Elle est 1,5m plus basse en mars et 50cm plus basse en novembre.

Le bulletin hydrologique de la DREAL PACA nous apprend que le niveau de la nappe de la Crau était globalement au dessus de la moyenne au printemps 2010 et s'est approché de la moyenne saisonnière en fin d'année. De manière approximative, on peut en déduire que les mesures obtenues en 2012 sur ce point sont moyennes ou légèrement sous la moyenne par rapport à la normale.

• **Pz1 et 16**

Le suivi de ces piézomètres a démarré en octobre 2009 jusqu'en mars 2010 et a pu reprendre dans le cadre du suivi du SYMCRAU en 2012. Les graphiques 9 et 10 permettent de comparer ces données.

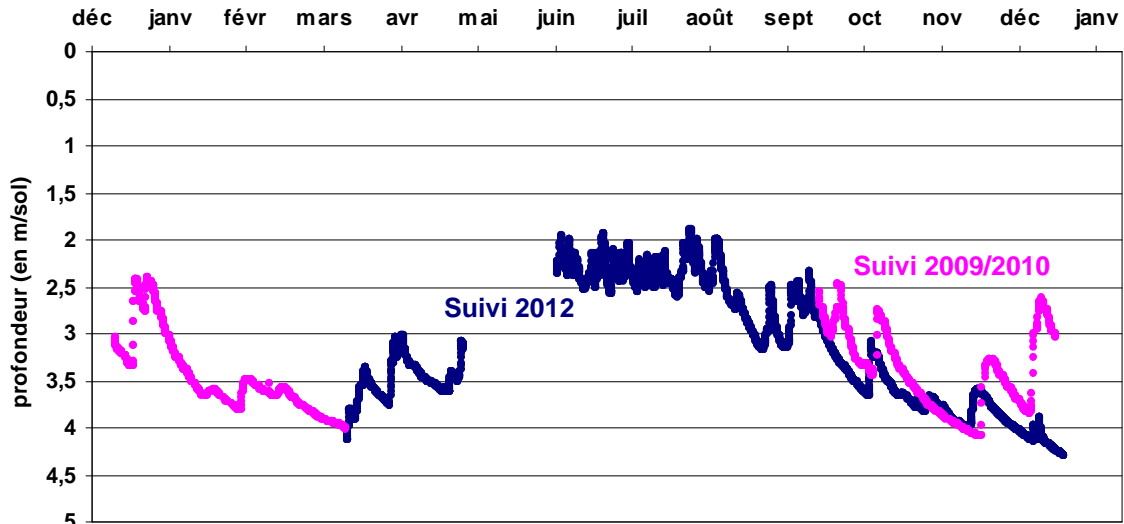


Figure 9 : Comparaison du niveau piézométrique du Pz 1 en 2009/2010 et 2012

Sur cette figure on remarque que les niveaux sont quasiment les mêmes pour ces périodes de suivi. En effet, en mars les courbes se rejoignent et de septembre à décembre, les courbes montrent les mêmes variations avec un décalage de quelques jours.

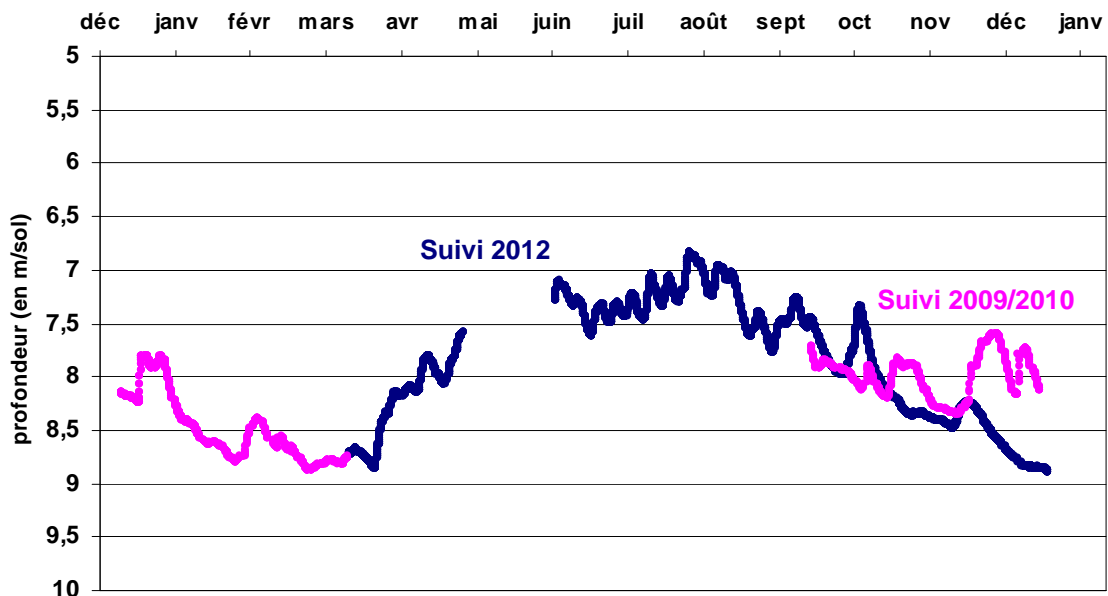


Figure 10 : Comparaison du niveau piézométrique du Pz 16 en 2009/2010 et 2012

Les niveaux enregistrés au piézomètre 16 nous montrent également des courbes qui se rejoignent en mars et des niveaux globalement plus hauts pour la période d'hiver 2009 par rapport à 2012.

On peut déduire de ces deux graphiques que les niveaux enregistrés en 2009/2010 étaient légèrement plus élevés qu'en 2012.

V. Analyses isotopiques²

La gestion à long terme de la ressource implique la mise en place d'outils nécessaires à des réflexions prospectives tels qu'un modèle hydrogéologique de la nappe de Crau qui permette à la fois de quantifier les flux et la recharge de la nappe, dans sa grande variabilité spatiale, et de simuler les impacts de différents scénarios sur la nappe : changement de climat, changement de l'occupation des sols (ex : réallocation des parcelles de prairie), restriction de l'eau pour l'irrigation, modernisation des canaux et des systèmes de distribution de l'eau (actuellement les fuites des canaux contribuent également beaucoup à la recharge).

Or, la recharge des nappes est souvent traitée dans les modèles hydrogéologiques comme une variable d'ajustement, et rares sont les situations où cette composante cruciale du bilan d'une nappe est explicitement décrite et validée dans les simulations. Dans le cas de la nappe de Crau, il existe un très fort contraste de composition isotopique ($\delta^{18}\text{O}$ et δD) entre les précipitations locales et l'eau de la Durance, d'origine alpine, utilisée pour l'irrigation. Ces traceurs isotopiques naturels représentent donc un excellent marqueur de l'origine de la recharge.

Dans ce cadre, des analyses de composition en oxygène-18 ($\delta^{18}\text{O}$) et en deutérium (δD) ont été réalisées en collaboration avec le CEREGE³. Ces éléments, qui sont des isotopes stables de la molécule d'eau, sont présents naturellement dans l'eau. On peut ainsi quantifier le pourcentage de l'eau d'irrigation dans la nappe, une première étape vers la quantification de sa contribution à la recharge.

La figure ci-dessous montre les résultats des analyses en $\delta^{18}\text{O}$ des 3 campagnes d'échantillonnage qui ont été effectuées en même temps que l'échantillonnage réalisé pour les analyses chimiques (en hautes eaux et basses eaux sur Q1 à Q17, voir bulletin qualité SYMCRAU 2012). Les points sont situés entre la composition de la recharge par les eaux d'irrigation (en orange) et la recharge par les eaux de pluie (en vert). La majorité des points de mesure sont caractéristiques d'une recharge dominante par les eaux d'irrigation. Les valeurs les plus élevées indiquent une proportion plus importante de la recharge naturelle (Q5, Q11 et Q13). Les variations entre les campagnes de mesures sont relativement faibles, en particulier pour les valeurs basses, caractéristiques de l'eau d'irrigation.

² Isotope : Se dit d'éléments qui se différencient seulement par leur nombre de neutrons. Ici on travail notamment sur l'atome d'oxygène qui peut avoir 8 (oxygène16) ou 10 (oxygène18) neutrons.

³ CEREGE : Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement

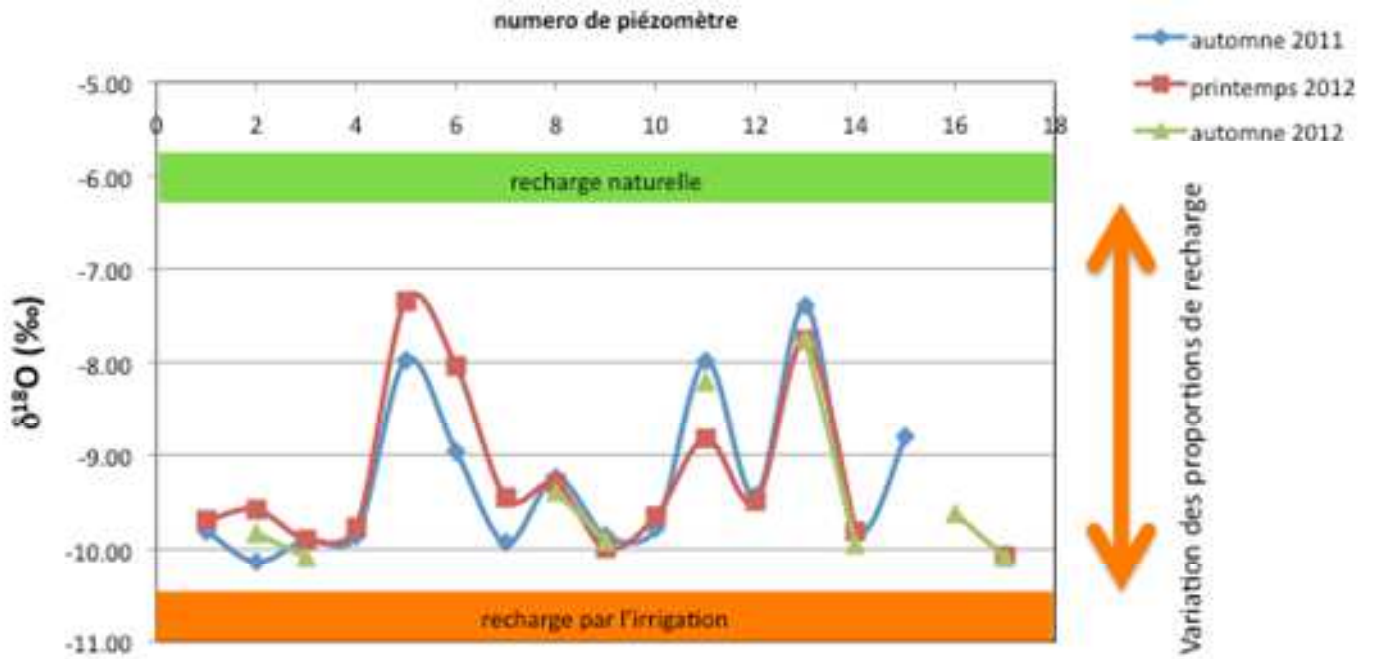


Figure 11 : Résultats d'analyse des trois premières campagnes isotopiques réalisées par le SYMCRAU

Un travail de modélisation hydrodynamique de la nappe a été amorcé au CEREGE dans le cadre d'un stage de Master 2 en 2012 (Simmarano 2012). Ce premier travail a permis de mettre en place le modèle (géométrie, champ de paramètres), de faire une première calibration de la recharge à champ de perméabilité fixé (issu du krigeage des données disponibles) afin de reproduire le niveau piézométrique de régime permanent (voir figure 2).

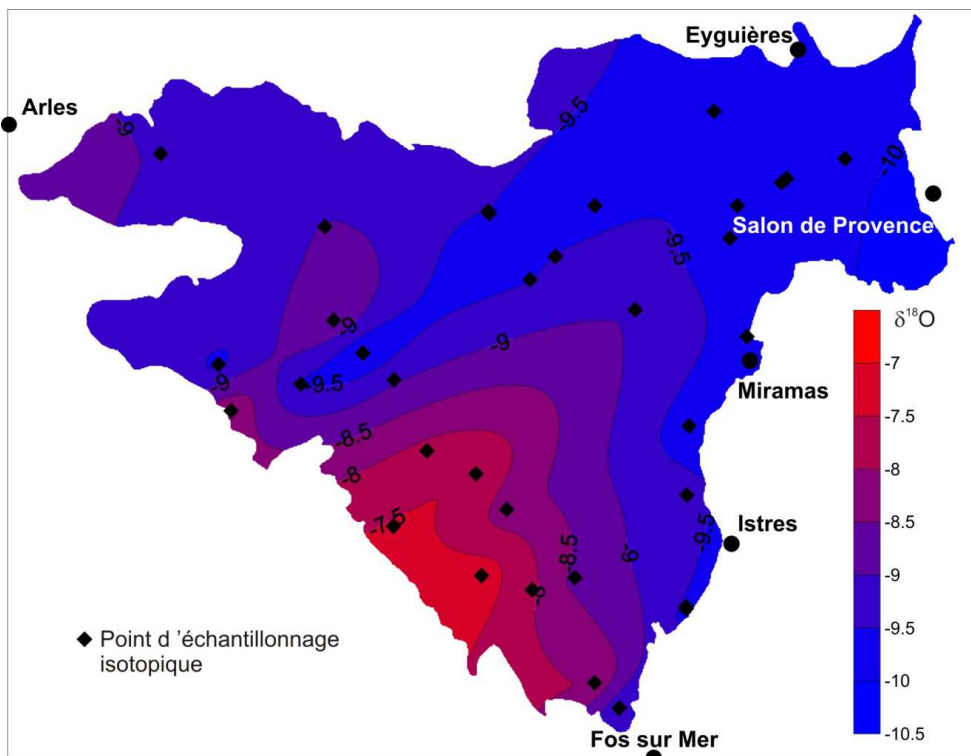


Figure 12 : Interpolation par krigeage du $\delta^{18}O$ de l'eau de la nappe de Crau, basée sur les résultats des premières campagnes d'échantillonnage. Les valeurs sont comprises entre la composition de l'eau d'irrigation ($\delta^{18}O = -10\text{‰}$) et celle de la recharge naturelle par les précipitations locales ($\delta^{18}O = -6\text{‰}$). Ainsi, l'impact bénéfique des pratiques agricoles traditionnelles est mis en évidence. L'irrigation traditionnelle permet d'alimenter une réserve en eau souterraine qui est cruciale pour l'économie de la région.

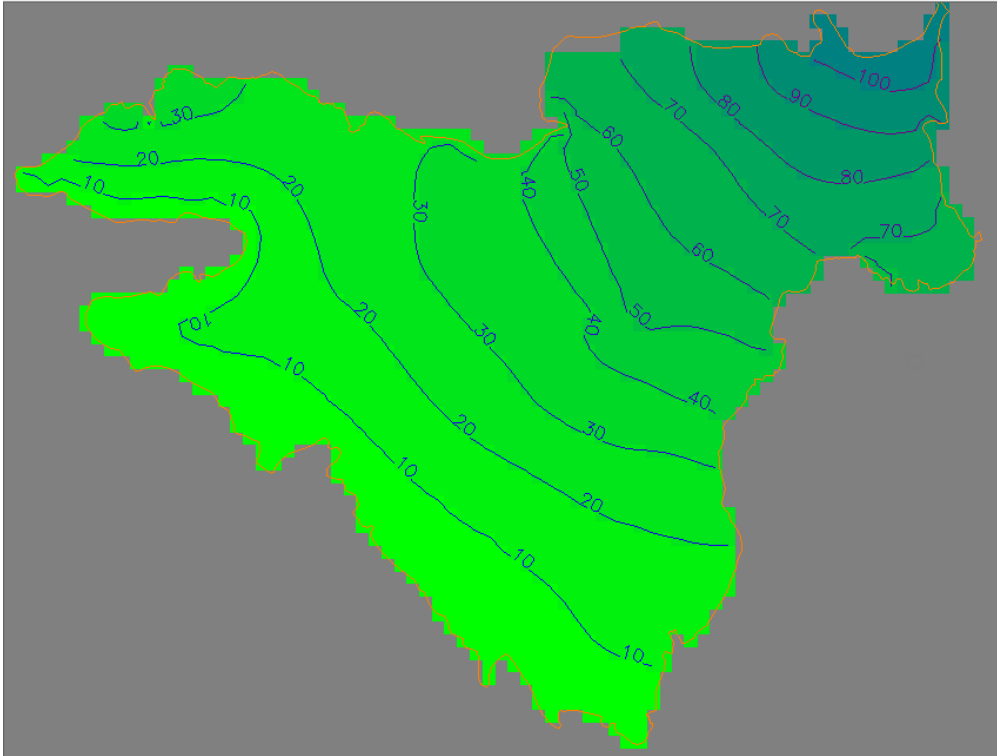


Figure 13 : Surface piézométrique simulée en régime permanent à l'aide de Processing Modflow (Simmarano, 2012).

Dans une deuxième étape, et afin d'affiner les premières estimations sur le champ de perméabilité et la recharge fournies par les approches en régime permanent hydraulique, des simulations en régime transitoire seront menées afin d'appréhender la cyclicité intra-annuelle.

Le modèle hydrogéologique une fois validé permettra de simuler l'évolution de la nappe sous différents scénarios : changement de climat, changement de l'occupation des sols, restriction de l'eau pour l'irrigation, modernisation des canaux et des systèmes de distribution de l'eau.

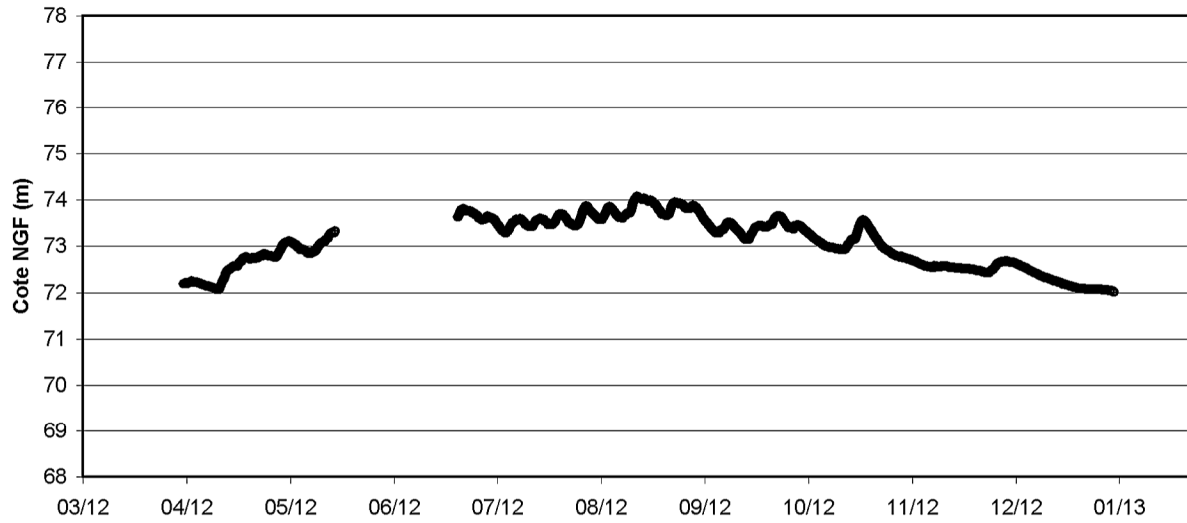
VI. Conclusion

Le niveau piézométrique de la nappe de la Crau est influencé par divers facteurs, principalement par l'irrigation des prairies de foin de Crau, la pluie ou encore les pompages importants. Le suivi effectué en 2012 n'a pas permis de faire le constat de la situation de la nappe par rapport aux années précédentes mais cette première année de suivi a mis en évidence les principaux facteurs influant sur l'ensemble de la nappe. La suite du suivi permettra d'évaluer la situation de la nappe par rapport aux années antérieures et de préciser le fonctionnement général de la nappe.

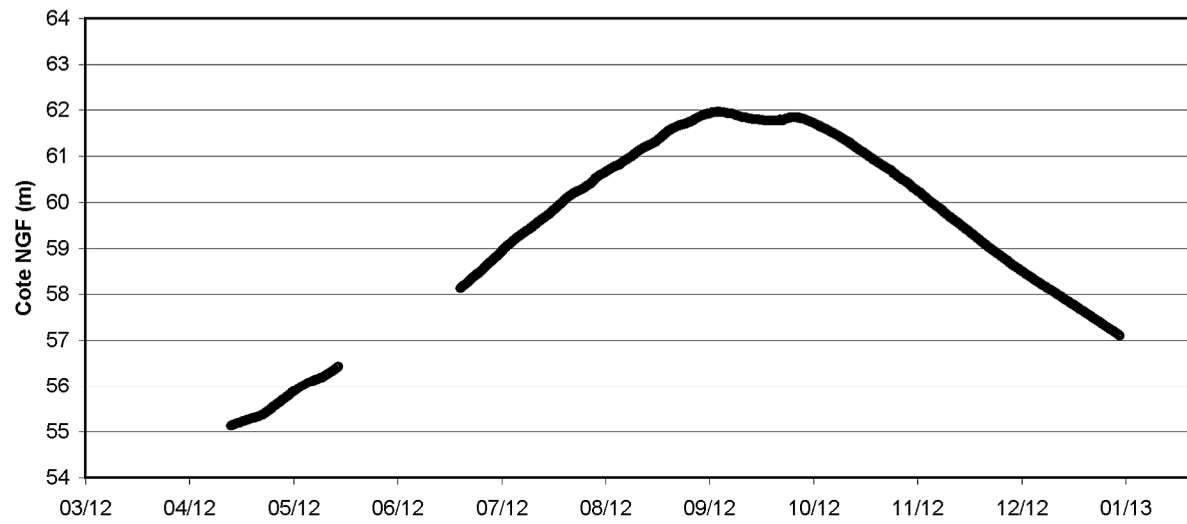
Pour affiner ces analyses, 6 piézomètres seront installés en mars 2013 dans les zones du territoire encore dépourvues de suivi. Des données supplémentaires, issues de la mutualisation des réseaux du Grand Port Maritime de Marseille et du SYMCRAU, aideront à l'analyse fine de la piézométrie de la nappe de la Crau.

ANNEXE :
Variations piézométriques
(par rapport à la cote NGF)

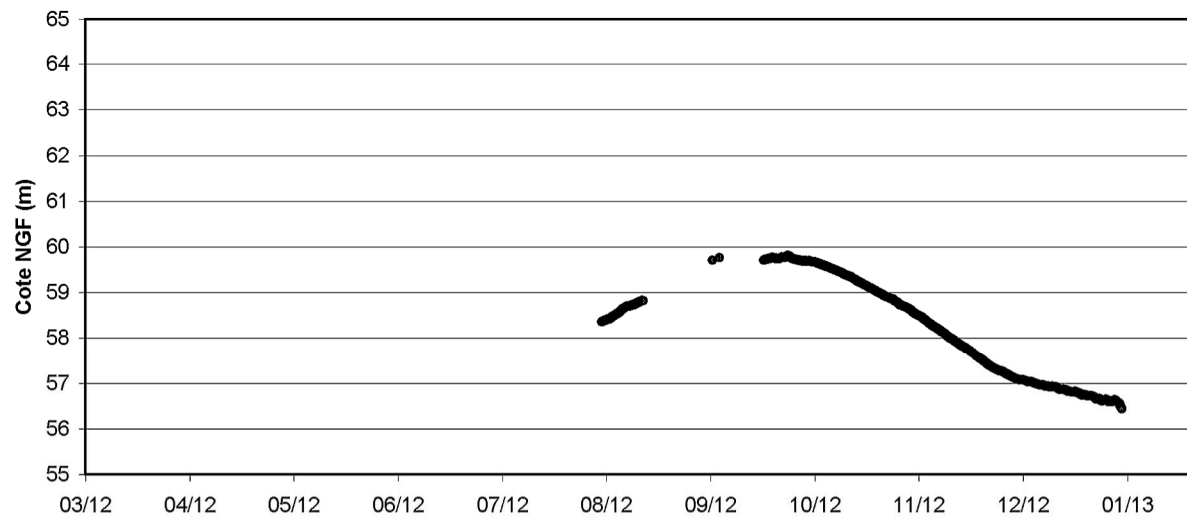
Pz1 (Salon-de-Provence)



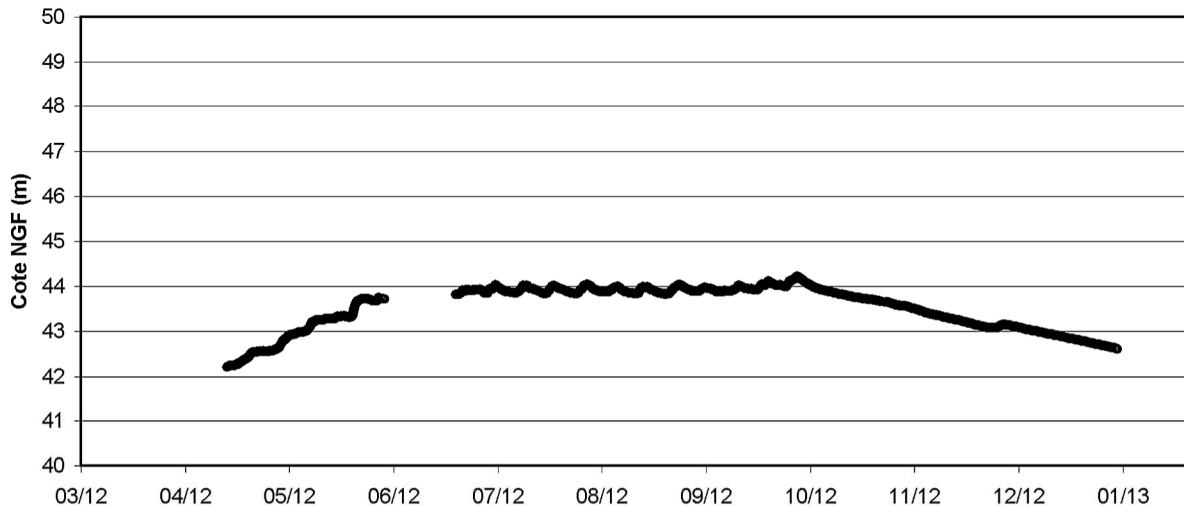
Pz2 (Salon-de-Provence)



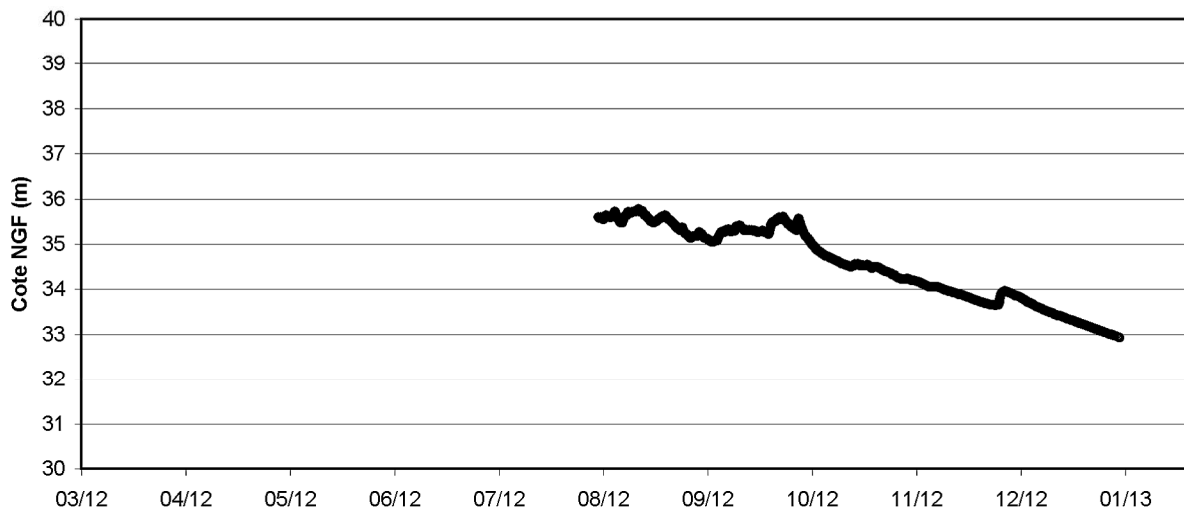
Pz3 (Salon-de-Provence)



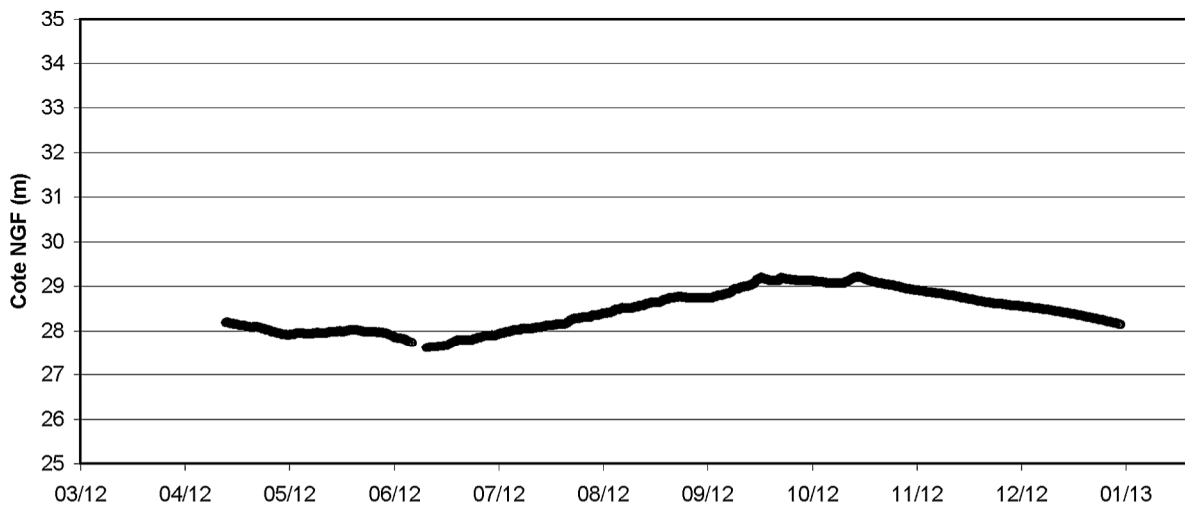
Pz4 (Saint-Martin-de-Crau)



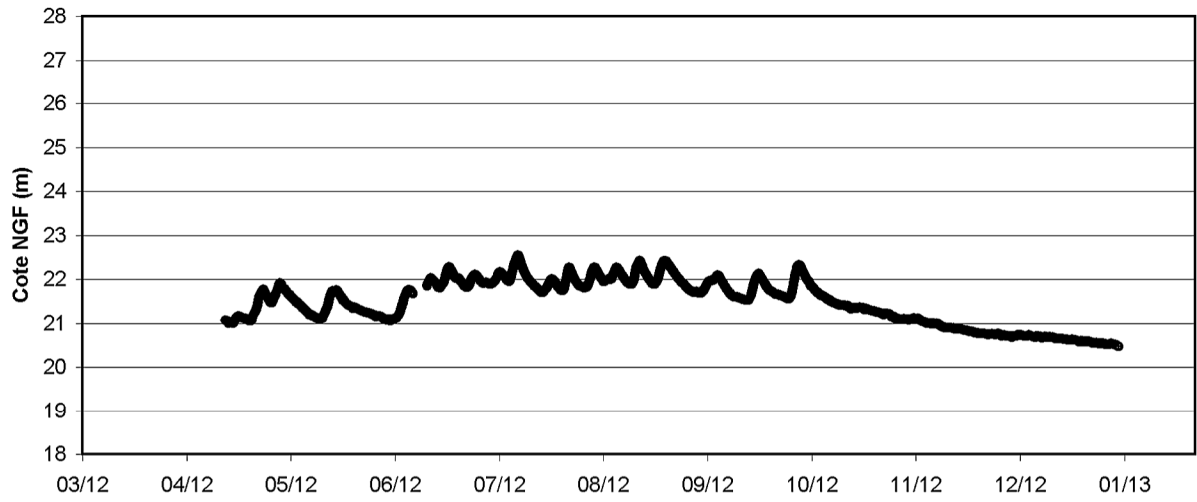
Pz5 (Saint-Martin-de-Crau)



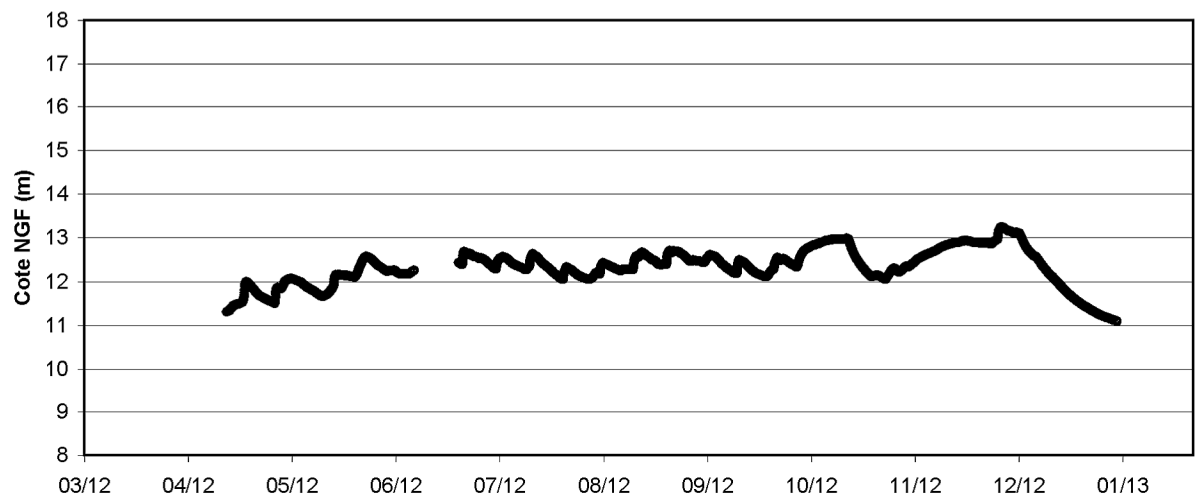
Pz7 (Istres)



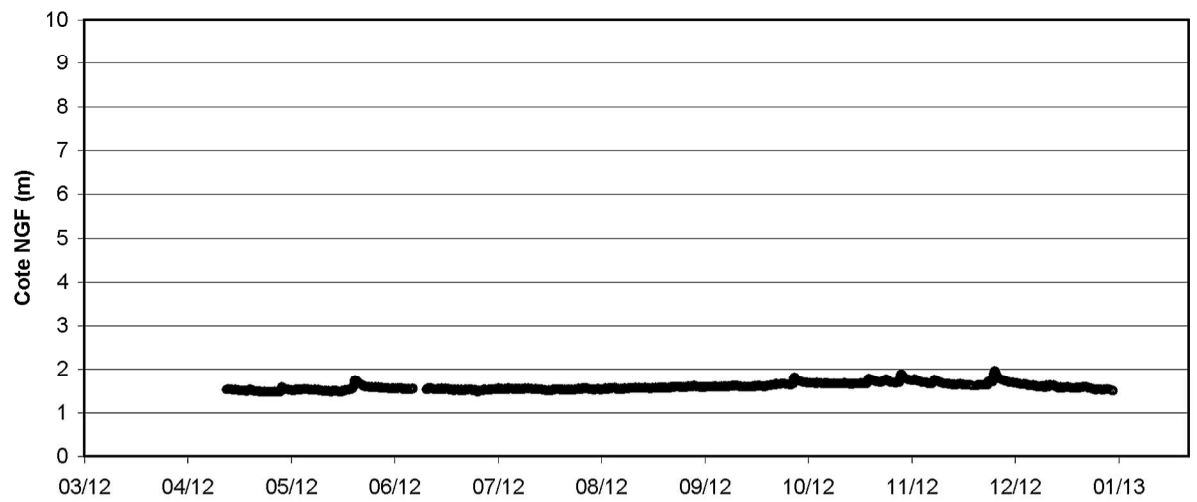
Pz8 (Istres)



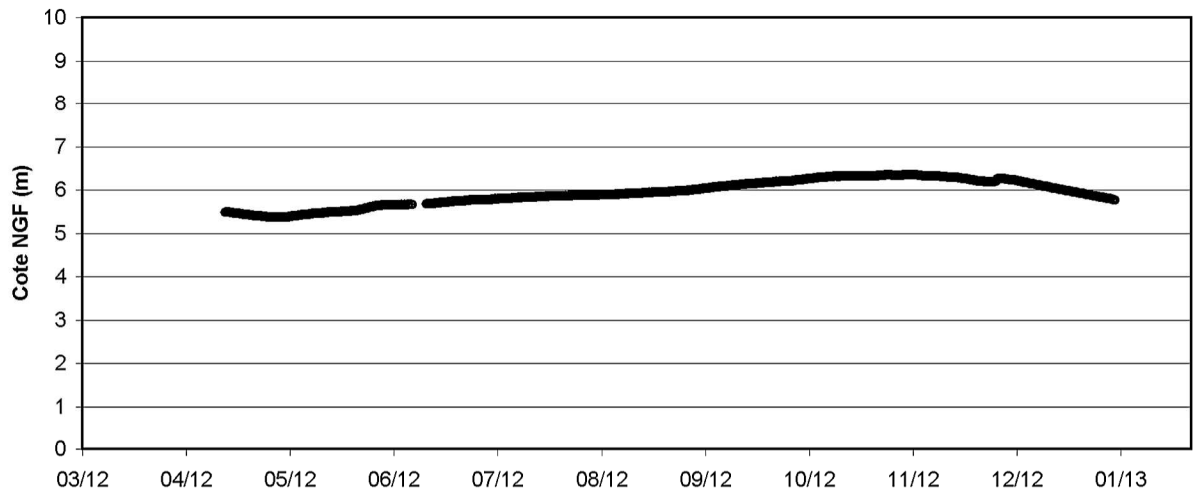
Pz9 (Istres)



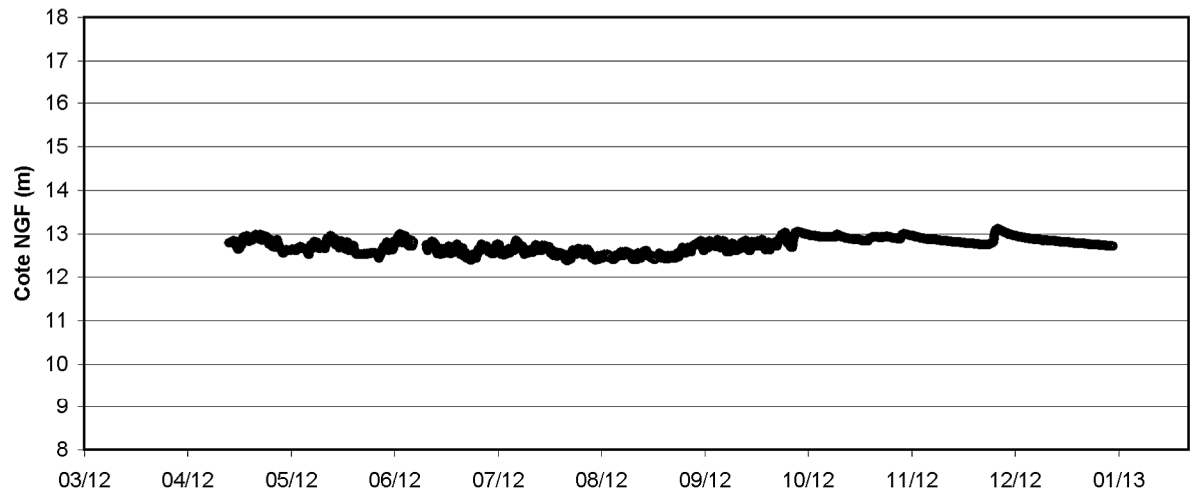
Pz10 (Fos-sur-Mer)



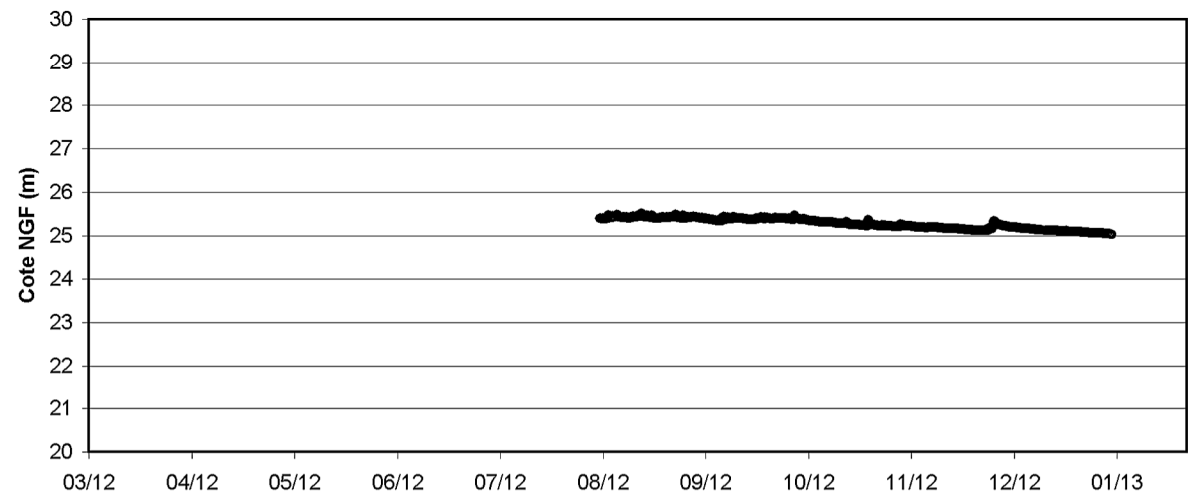
Pz11 (Fos-sur-Mer)



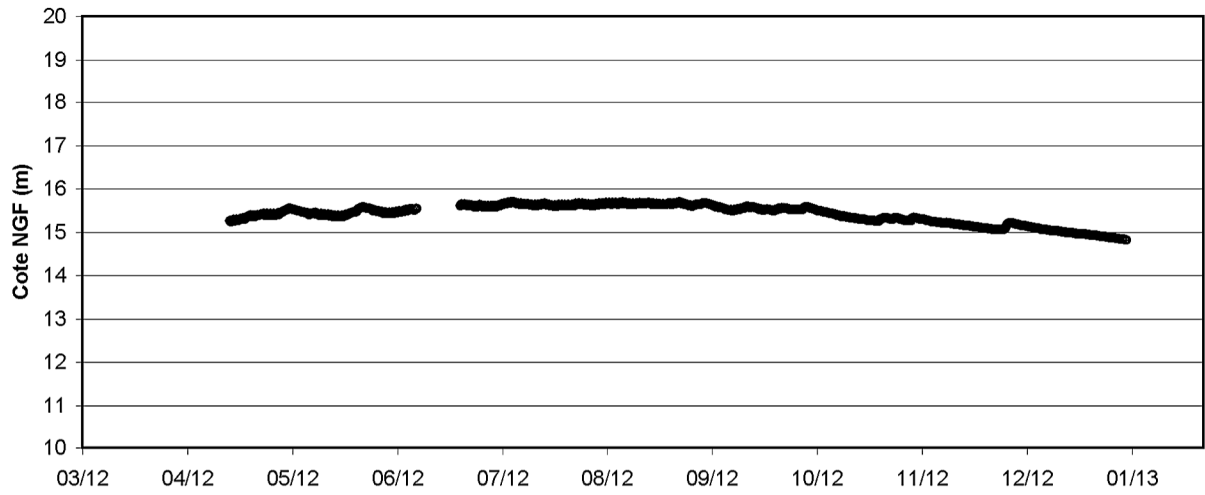
Pz13 (Saint-Martin-de-Crau)



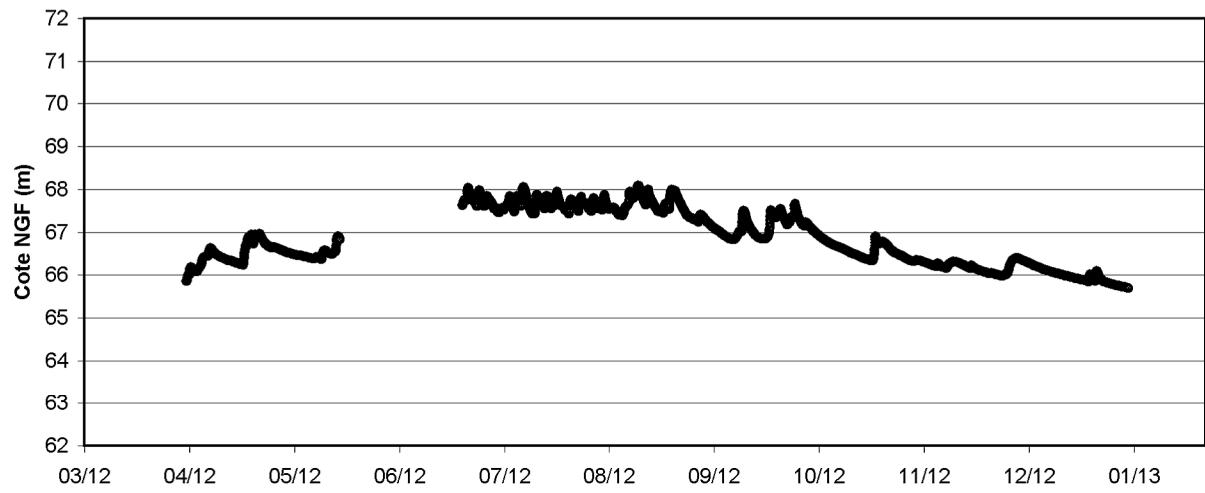
Pz14 (Saint-Martin-de-Crau)



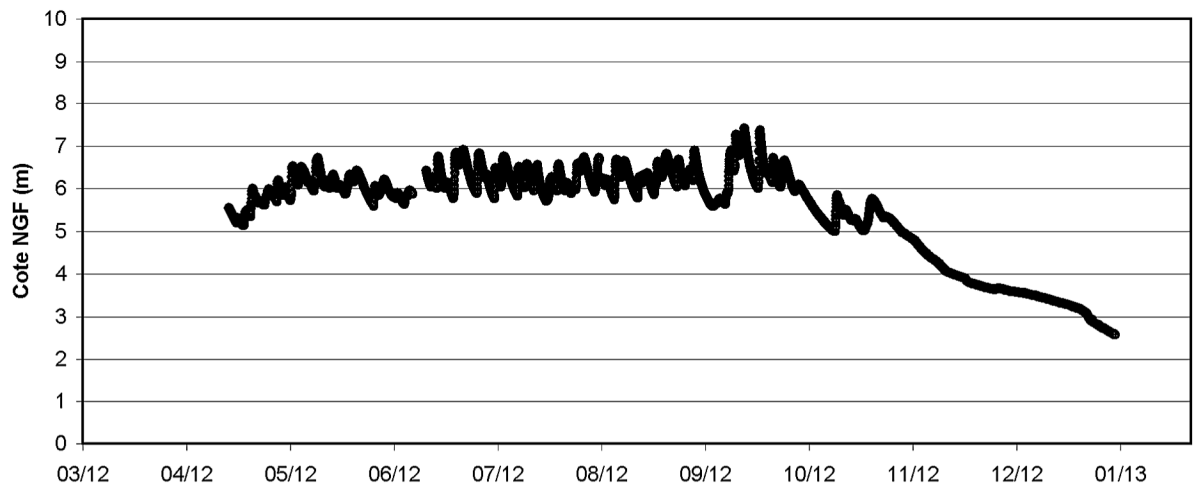
Pz15 (Saint-Martin-de-Crau)



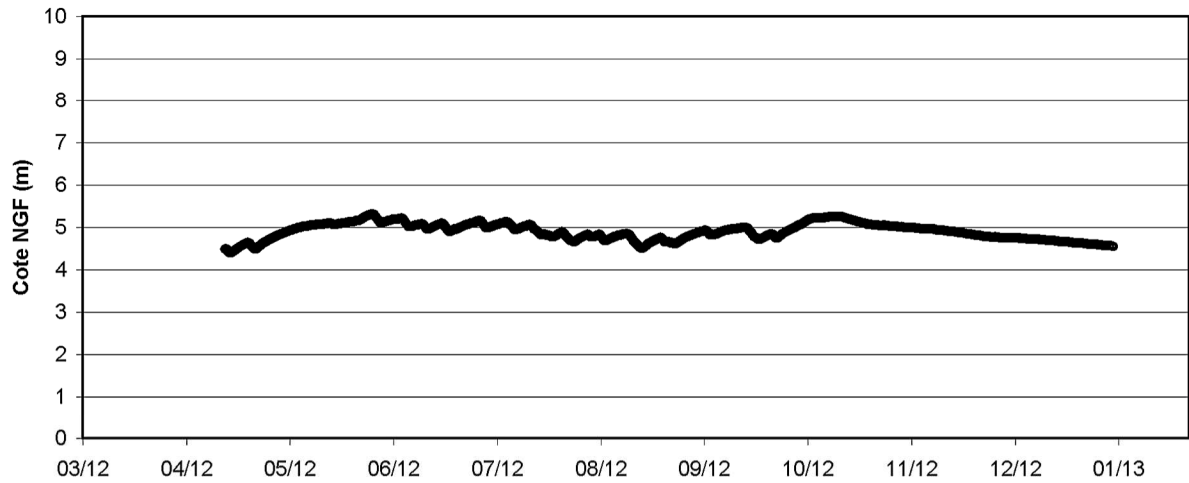
Pz16 (Salon-de-Provence)



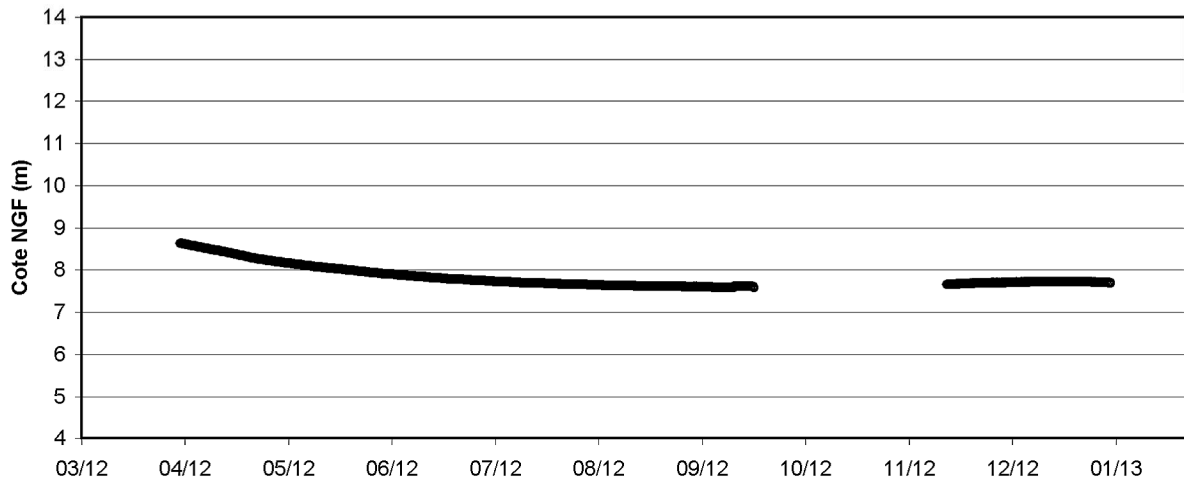
Pz17 (Arles)



Pz18 (Saint-Martin-de-Crau)



Pz19 (Saint-Martin-de-Crau)



Certains enregistrements présentent des trous dans les données ce qui s'explique par une mauvaise manipulation lors de l'installation de la télétransmission par le prestataire en juin et à l'installation en aout de 3 sondes après accord tardif du propriétaire