

Bulletin sur l'état quantitatif de la nappe de la Crau

Année 2020



Avec le soutien technique et financier de :



Introduction.....	3
1. Matériels et méthodes.....	4
1.1 Réseaux de surveillance.....	4
1.2 Evolution des niveaux piézométriques.....	4
2. Résultats et Interprétations.....	7
2.1 Conditions de recharge.....	7
2.2 Evolutions des niveaux piézométriques.....	8
2.2.1 Zone de recharge contrôlée par l'irrigation.....	9
2.2.2 Zone de drainage.....	10
2.2.3 Zone de recharge contrôlée par les pluies.....	11
2.3 Bilan hydrique de l'année 2020.....	12
3. Cartes piézométriques.....	13
Conclusion.....	15

Introduction

L'aquifère des cailloutis de la Crau contient une masse d'eau dont le volume moyen est estimé à 550 Mm³. Près de 70% de ce volume provient de la recharge induite par des pratiques agricoles d'irrigation par submersion avec des eaux dérivées depuis la Durance à travers un réseau structuré de canaux. La part des précipitations efficaces au sein de la nappe se situe autour de 30%. De multiples enjeux sont dépendants de l'état quantitatif : prélèvements pour l'eau potable, pour les besoins industriels et agricoles, alimentation des zones humides patrimoniales d'intérêts communautaires, préservation de l'état qualitatif (dilution des micropolluants diffus, maintien de l'équilibre établi avec la masse d'eau salée sous-jacente sur les limites aval au Sud-Ouest).

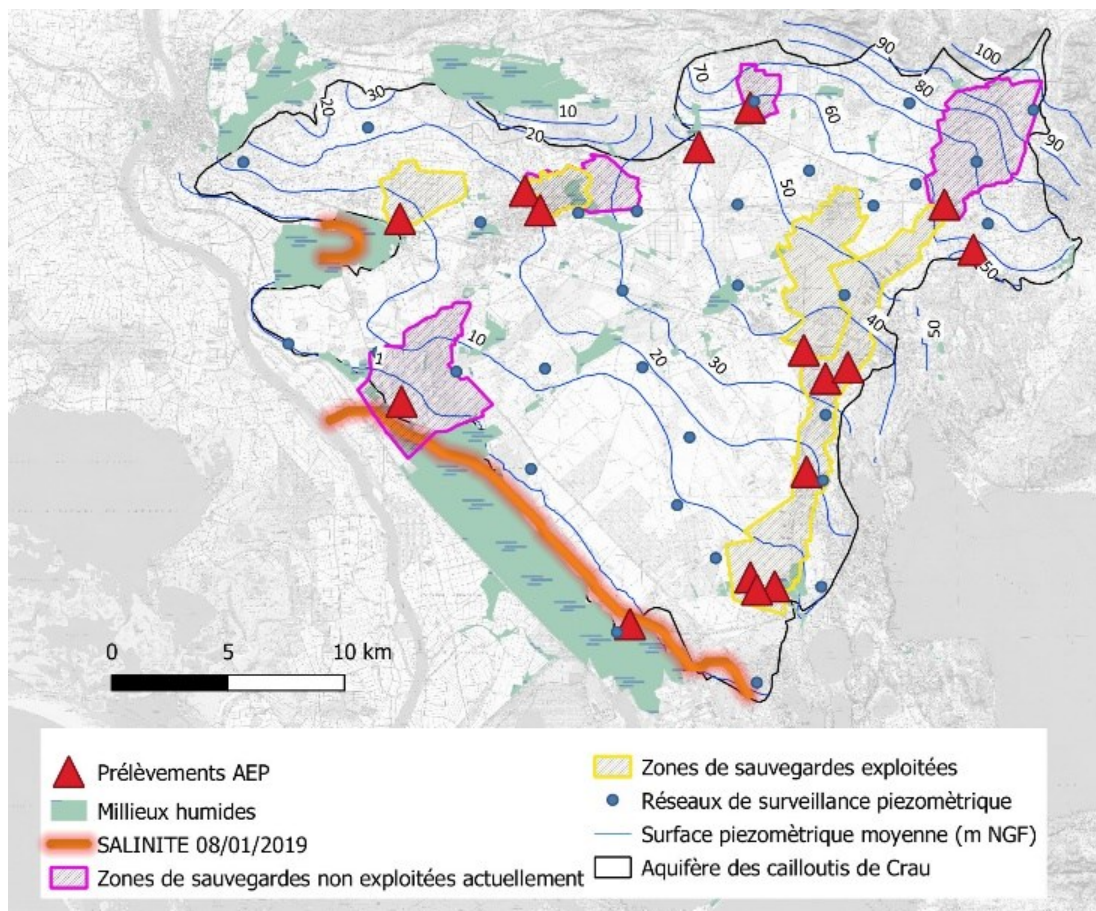


Figure 1 : Localisation des principaux enjeux de préservations sur la nappe des cailloutis de la Crau

Le bulletin annuel sur l'état de la nappe en 2020 décrit comment les conditions de recharge ont contrôlé l'évolution des niveaux piézométriques, et fourni une estimation de la variation du stock d'eau entre le début et la fin de l'année. Les cartes piézométriques résultantes des deux campagnes conduites en période de basses eaux et de hautes eaux sont également présentées.

1. Matériels et méthodes

1.1 Réseaux de surveillance

La surveillance de l'évolution des niveaux de la nappe phréatique de la nappe phréatique repose sur plusieurs réseaux : le réseau patrimonial géré par le SYMCRAU (24 stations, fréquence d'acquisition horaire), le réseau DCE (8 stations, fréquence d'acquisition horaire) géré par le BRGM et le réseau écocitoyen VOCE (45 points, fréquence d'acquisition mensuelle) géré par l'institut écocitoyen (figure 2).

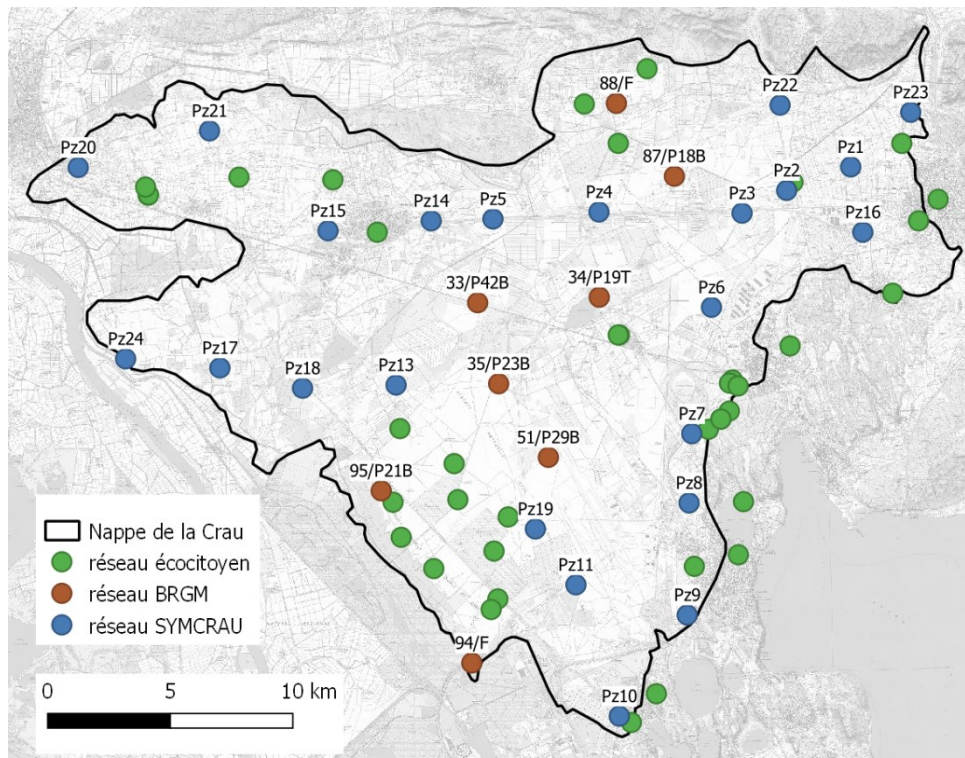


Figure 2 : Les réseaux de surveillance de la nappe phréatique contenue dans les cailloutis de la Crau

Les données climatiques sont extraites à partir de la base de données [infoclimat](#), sur la station d'Istres le Tubé.

1.2 Evolution des niveaux piézométriques

L'état quantitatif de la nappe peut être décrit à l'aide de grandes zones de cohérences piézométriques identifiées dans le cadre du projet SINERGI (SYMCRAU, 2019). Parmi les cinq portions de nappe identifiées (Figure 3), la zone de recharge contrôlée par les irrigations (au nord) et la zone de drainage (à l'est) recouvrent la majeure partie des enjeux, notamment vis-à-vis de l'alimentation en eau potable. La zone de recharge par les pluies au sud-ouest permet l'alimentation de vastes étendues de marais à marisques (ZPS / ZSC), et contribue à la non-dégradation de la position du biseau salé.

Le piézomètre le plus représentatif de chacune de ces zones a été recherché et sélectionné parmi l'ensemble des piézomètres disponibles (Figure 4). Pour cela a été réalisée une comparaison statistique des fréquences de dépassements mensuelles observées pour chaque station avec la moyenne de la

zone considérée. Le calcul des coefficients de Pearson permet de dégager, au sein de chaque zone, la chronique de l'état piézométrique qui est la mieux corrélée à la chronique établie sur la moyenne des piézomètres. Une étape de vérification et de critiques des résultats est ensuite réalisée selon trois critères :

- ✓ le coefficient de corrélation de Pearson est moyenné pour chaque mois de l'année, entre 2013 et 2019, afin de dégager les périodes de l'année dont les tendances s'écarteraient de la moyenne significativement
- ✓ le battement relatif de la nappe (mois n - mois n-1) traduit quantitativement l'intensité des phases de recharges et de vidanges et permet de suivre les variations de stock dans l'aquifère, ce calcul permet de vérifier que le piézomètre est bien représentatif du battement de nappe moyen sur la zone
- ✓ Les chroniques de fréquences de dépassement et de piézométries brutes sont comparées aux moyennes de chaque zone afin de vérifier la pertinence des points nodaux proposés.

Le SYMCRAU utilise également un indicateur statistique relatif pour qualifier au cours du temps l'évolution de la ressource en eau.

Cet indicateur repose sur une analyse fréquentielle réalisée sur les moyennes mensuelles des charges hydrauliques observées sur chacun des piézomètres du réseau DCE. Il est ainsi calculé, par piézomètre et par mois, la fréquence de dépassement des niveaux piézométriques observées par rapport aux observations disponibles.

La fréquence de dépassement est calculée, par piézomètre, à partir des moyennes piézométriques mensuelles. Les moyennes piézométriques sont ensuite classées en rang croissant, pour chacun des mois (i) de l'année et un piézomètre donné (j). Sur la base de cette classification, la fréquence de dépassement est calculée en appliquant la formule suivante :

$$F_{i,j} = \frac{\text{rang}}{n}$$

*Avec : n=nombre d'observation
i=mois (fixé)
j=piézomètre (fixé)*

Finalement l'indicateur est la moyenne des fréquences de tous les piézomètres, pour un mois donné :

$$I_i = \frac{\sum_{j=1}^n F_{i,j}}{n}$$

Par exemple, sur le piézomètre 09941X0261/PZ1 au mois de janvier, entre 2013 et 2018 (avec n = 6) :

	Niveau nappe moyen (m NGF)	Rang	FD (%)
2013	69,4	3	50%
2014	69,4	2	33%
2015	69,6	5	83%
2016	69,4	4	67%
2017	69,0	1	17%
2018	69,6	6	100%

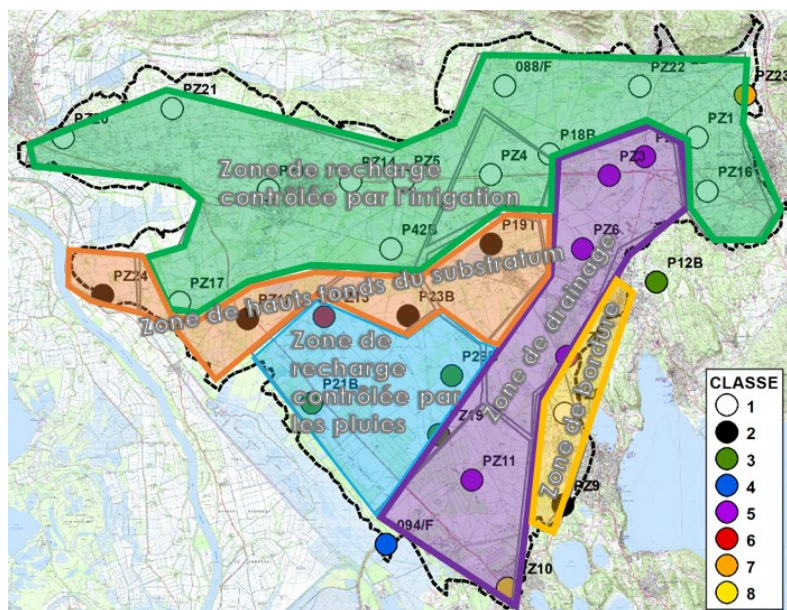


Figure 3 : Zones de cohérence de régime piézométrique

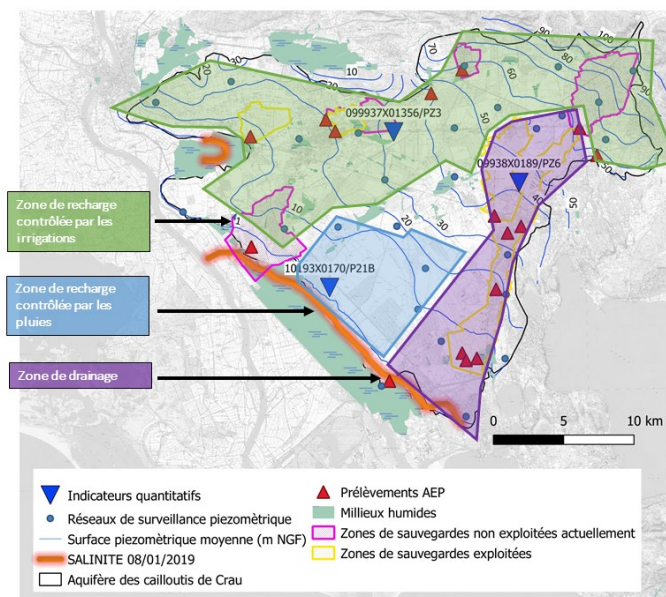


Figure 4 : Localisation des stations représentatives de l'état quantitatif sur la nappe des cailloutis de la Crau, pour chaque zone de cohérences piézométriques et croisées avec les principaux enjeux du territoire.

Dans ce bulletin annuel, l'indicateur statistique relatif est calculé grâce à la moyenne des piézomètres qui se trouve dans chacune des trois principales zones de cohérence piézométrique.

2. Résultats et Interprétations

2.1 Conditions de recharge

- Précipitations

En terme de cumul de précipitations, l'année 2020 se place significativement en dessous de la moyenne observée sur la période 1981 – 2010 (Figure 5) avec un déficit de l'ordre de 40%.

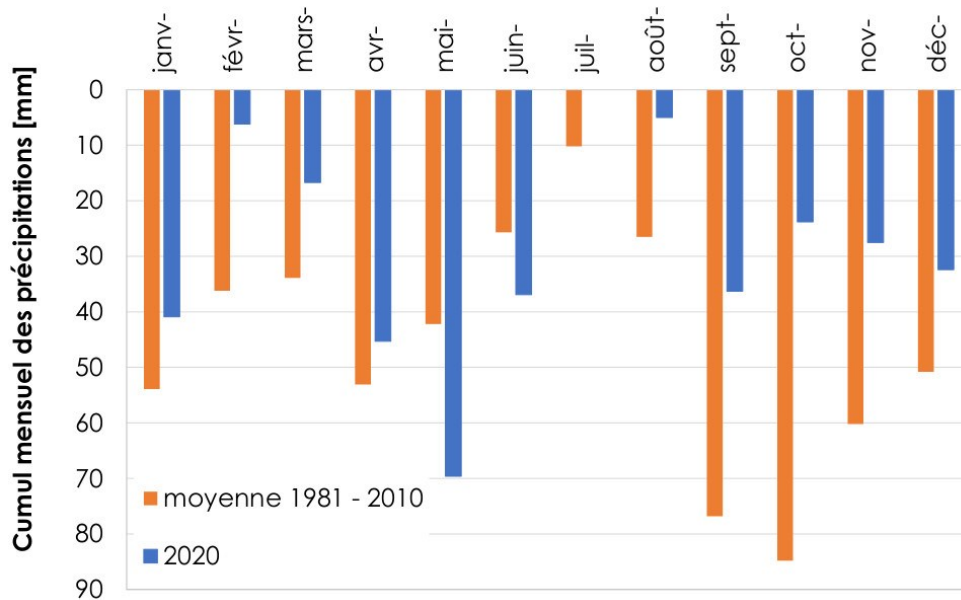


Figure 5 : Comparaison des précipitations mesurées à la station d'Istres – Le Tubé (source infoclimat) en 2019, par rapport à la moyenne 1981 - 2010. Cumul annuel moyen période 1981 - 2010 : 554 mm/an. Cumul annuel moyen année 2020 : 341 mm/an

- Irrigations

Aucune restriction réglementaire sur les dotations en eau durancienne des canaux agricoles de Crau n'a été appliquée au cours de la saison d'irrigation 2020, ce qui a permis d'obtenir une recharge efficace induite par les pratiques d'arrosage gravitaire qui se place dans la moyenne. A l'échelle parcellaire, les hauteurs d'eau cumulée sur les prairies au cours de la saison d'irrigation vont de 1 à 4 mètres, en moyenne (Figure 6).

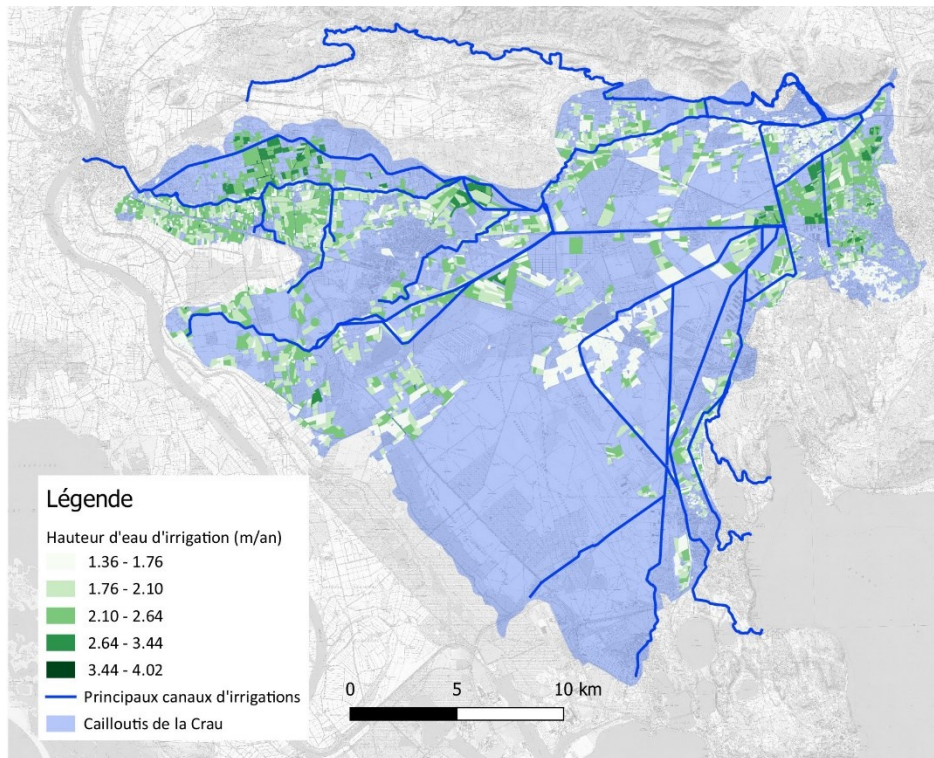


Figure 6 : *Hauteur d'eau cumulée (en mètres) sur les prairies fourragères de la plaine de la Crau. Les données sont estimées à l'aide d'un modèle de culture développé dans le cadre du projet de recherche Astuce&Tic qui a été conduit par l'INRA.*

2.2 Evolutions des niveaux piézométriques

La moyenne annuelle de la fréquence de dépassement calculée sur l'ensemble des piézomètres classe 2020 comme la quatrième année la plus haute depuis 2013 (Figure 7), et similaire à l'année 2018.

Les trois zones présentent une tendance générale à la baisse de l'indicateur statistique tout au long de l'année, passant d'un état relatif « très haut » en début d'année vers un état relatif « moyen » à « très bas » en fin d'année (Figure 8). La zone « irrigations » est celle qui présente l'évolution la plus marquée, en raison notamment des conditions météorologiques en fin de période d'irrigation (septembre – octobre). Les événements pluvieux ont suffi pour subvenir aux besoins agronomiques des prairies, mais ont privé la nappe des volumes de recharges associées à plusieurs tours d'eau.



Figure 7 : Moyenne annuelle des fréquences de dépassement calculée avec l'ensemble des piézomètres du territoire

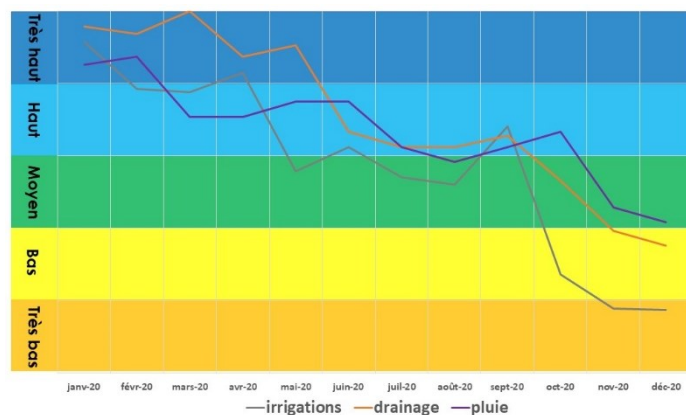


Figure 8 : Evolution mensuelle de l'indicateur statistique sur l'année 2020, en moyenne par zones

2.2.1 Zone de recharge contrôlée par l'irrigation, au nord

Cette zone recouvre les prélèvements d'eaux brutes destinées à l'alimentation en eau potable des communes d'Aureille, Saint-Martin-de-Crau et Arles (21 % des volumes annuels prélevés en Crau). Le piézomètre 09937X0156/PZ3 est représentatif des niveaux de nappe moyens au sein de cette zone (voir Figure 4).

Les plus hautes eaux de la nappe sur cette zone sont atteintes dès le mois de juin, puis se stabilisent à un niveau plafond jusqu'à la fin de la période estivale (Figure 9). L'écart entre les niveaux minimum et maximum est inférieur à 1 mètre en période de hautes eaux, et devient significatif en dehors des périodes d'irrigations (Figure 9). Le classement de l'indicateur fréquentiel au cours de l'année 2020 est cohérent avec l'évolution des niveaux piézométrique. En position très haut à moyen après un premier semestre avec des niveaux proches des maximums observés depuis 2013, l'indicateur révèle un état bas à très bas à partir du mois de juillet ou les niveaux se retrouvent proche des minimums (figure 10).

Le plafond piézométrique atteint au mois de juin est lié à un phénomène d'écrtage de la nappe (soit en lien avec la topographie naturelle, soit en raison de la présence de canaux de drainage). Ensuite, les niveaux bas observés à partir du mois de septembre s'expliquent par l'arrêt prématuré des irrigations due à quelques événements pluvieux. Enfin, le faible cumul de précipitations sur la fin d'année (voir Figure 5) n'ont pas permis de retarder la période de vidange de l'aquifère, plaçant ainsi les niveaux dans un état statistiquement « très bas » au mois de décembre.

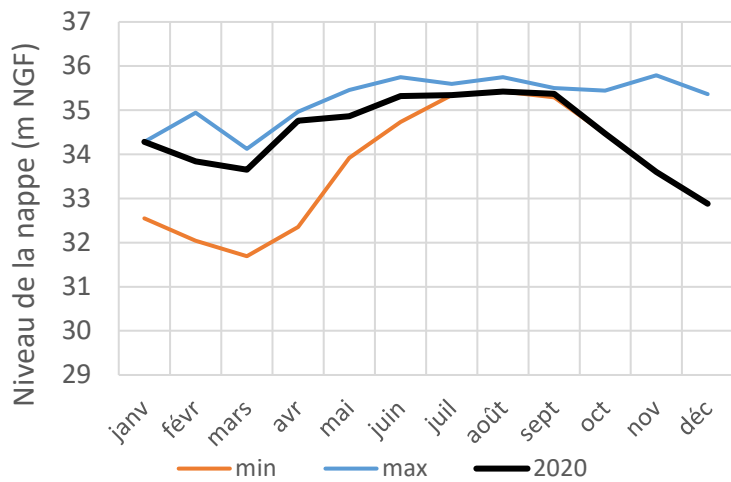


Figure 9 : Evolution de la moyenne piézométrique mensuelle sur le piézomètre 09937X0156/PZ3, comparée aux niveaux moyens mensuels minimum et maximums observés sur ce point depuis 2013.

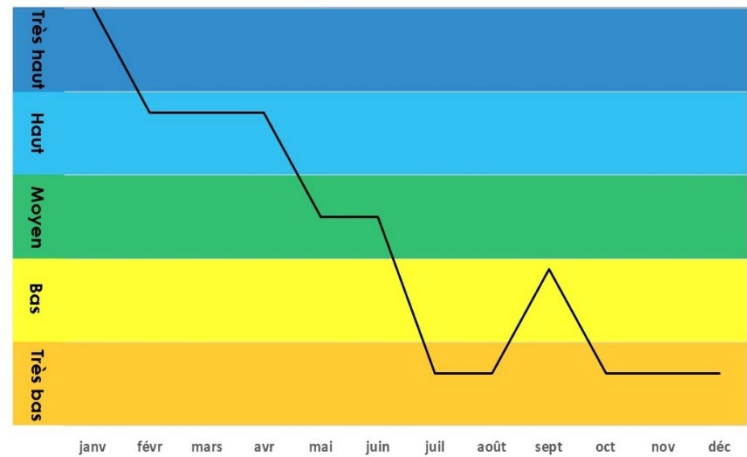


Figure 10 : Evolution mensuelle de l'indicateur statistique sur l'année 2020 pour le piézomètre 09937X0156/PZ3.

2.2.2 Zone de drainage, à l'est

Cette zone recouvre les prélèvements d'eaux brutes destinées à l'alimentation en eau potable des communes de Salon-de-Provence, Miramas, Grans, Istres, Fos-sur-Mer, Port-Saint-Louis-du-Rhône, Martigues, Port-de-Bouc (77 % des volumes annuels prélevés en Crau). Le piézomètre 09938X0189/PZ6 est représentatif des niveaux de nappe moyens au sein de cette zone (voir Figure 4).

Au droit du point 09938X0189/PZ6, les niveaux piézométriques mensuels ont évolué à des niveaux proches des maximums sur le premier semestre avant de tendre vers les niveaux moyens puis minimums en fin d'année (Figure 11). La fréquence de dépassement s'est maintenue en position très haut jusqu'au mois de mai, avant de diminuer pour atteindre des niveaux bas au mois de décembre (Figure 12).

L'important cumul de précipitations de la fin d'année 2019, et le déroulement normal des irrigations au cours du printemps 2020, expliquent les niveaux très hauts des mois de janvier à mai 2020. Des conditions de recharge globalement classique sur la période estivale, tant du point de vue des irrigations que des précipitations, ont ramené les niveaux piézométriques vers la moyenne sur cette période. En revanche, l'arrêt prématuré des irrigations aux mois de septembre et octobre, ainsi que les déficits sur les précipitations efficaces, ont engendré une baisse rapide des niveaux piézométriques qui se rapprochent des minimums en fin d'année. Cette baisse des niveaux se traduit par un indicateur statistique qui tend vers des niveaux relativement bas au mois de décembre.

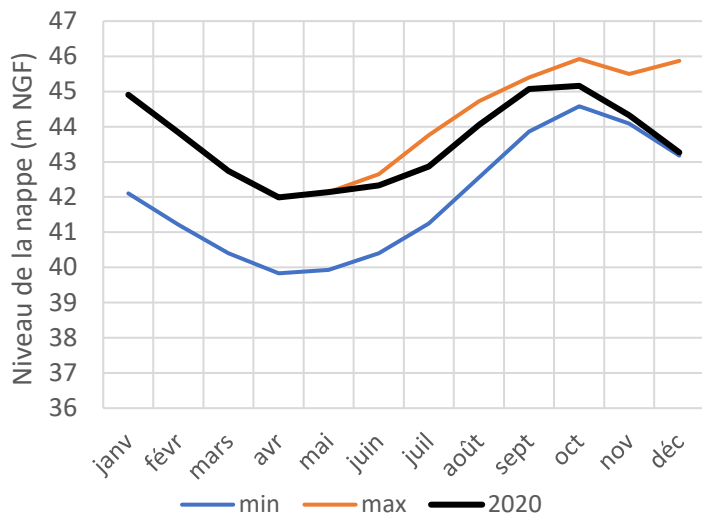


Figure 11 : Evolution de la moyenne piézométrique mensuelle sur le piézomètre 09938X0189/PZ6, comparée aux niveaux moyens mensuels minimum et maximums observés sur ce point depuis 2013.

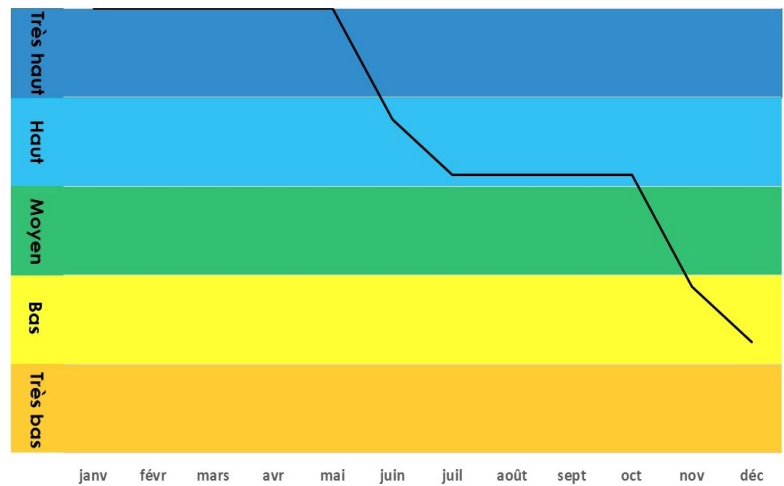


Figure 121 : Evolution mensuelle de l'indicateur statistique sur l'année 2020 pour le piézomètre 09938X0189/PZ6

2.2.3 Zone de recharge contrôlée par les pluies, au sud

Cette zone ne recouvre pas d'enjeu stratégique en terme d'exploitation pour la production d'eau potable. Toutefois, l'état quantitatif dans ce secteur est essentiel au regard des enjeux de non-dégradation de la position du biseau salé, ainsi que pour l'alimentation des zones humides hébergeant de vastes étendues de marais à marisque (classées ZPS et ZSC). Le piézomètre 10192X0095/P21B est représentatif des niveaux de nappe moyens au sein de cette zone. La profondeur de l'interface de transition entre les eaux douces et les eaux salées, tout comme les flux d'eau qui alimentent la zone de marais, dépendent directement des niveaux de charges de la nappe.

La piézométrie mensuelle est passée d'un niveau très haut en début d'année vers des niveaux moyens au cours de l'été. Le faible cumul de précipitations n'a pas permis de faire remonter les niveaux qui s'approche des minimums, mais cela a tout de même permis de les stabiliser (Figure 13). La fréquence de dépassement 10192X0095/P21B présente une tendance générale à la baisse au cours de l'année 2020, avec des remontées ponctuelles liées aux événements pluvieux du printemps et de l'automne (Figure 14).

La dynamique de cette zone en 2019 s'explique par les niveaux très hauts observés en début d'année lesquels, en l'absence de précipitations significatives, ont normalement rejoint une fréquence de dépassement moyenne en période estivale. Les cumuls de précipitations sur la fin d'année n'ont permis qu'une stabilisation des niveaux piézométriques, qui se trouve en dessous des valeurs moyennes observées depuis 2013 avec un indicateur statistique en position « bas ».

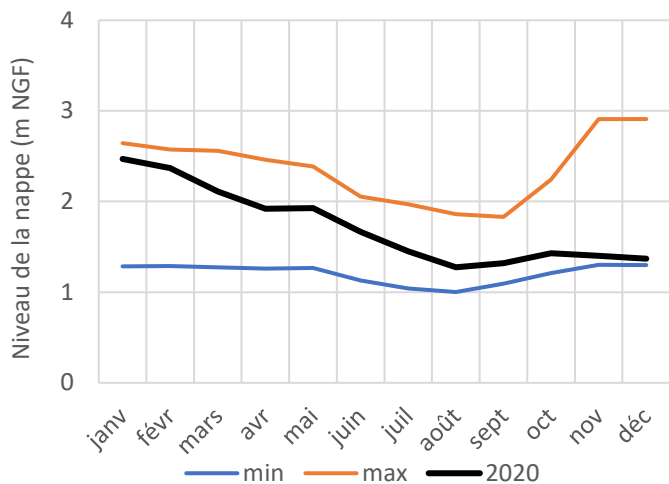


Figure 13 : Evolution de la moyenne piézométrique mensuelle sur le piézomètre 10192X0095/P21B, comparée aux niveaux moyens mensuels minimum et maximums observés sur ce point depuis 2013.

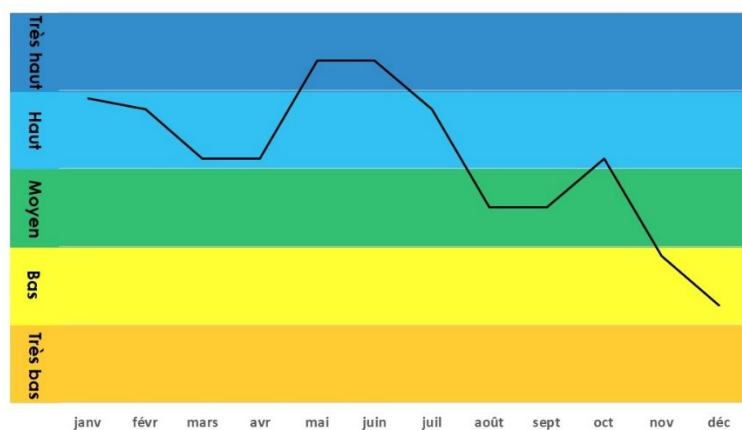


Figure 24: Evolution mensuelle de l'indicateur statistique sur l'année 2020 pour le piézomètre 10192X0095/P21B.

2.3 Bilan hydrique de l'année 2020

Près de 90% des stations révèlent une baisse significative du niveau des eaux souterraines au terme de l'année 2020 (Figure 15). Les niveaux piézométriques ont diminué, en moyenne, de 1,7 mètres entre décembre 2019 et décembre 2020. Les déficits les plus importants (> 4 mètres) sont observés au nord du territoire dans un secteur où les niveaux de nappe sont particulièrement sensibles aux modifications des conditions de recharge. Ces piézomètres sont situés dans le secteur « irrigation », et l'arrêt prématuré des irrigations en septembre 2020, cumulé avec le déficit de précipitations efficaces, ont conduit à une diminution plus rapide des niveaux au cours de l'automne pour atteindre des niveaux relativement bas au mois de décembre 2020.

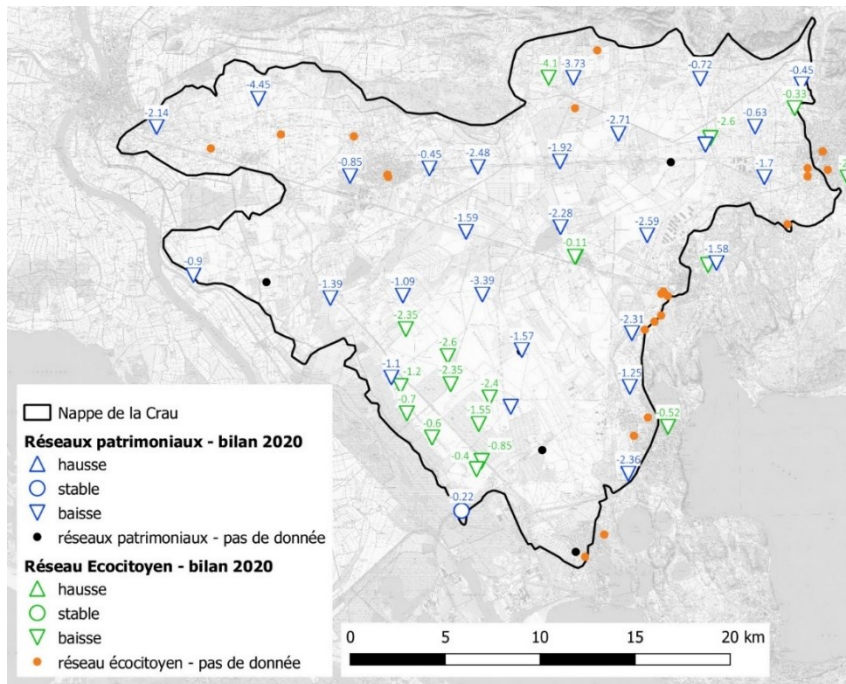


Figure 3 : Evolution de la piézométrie mensuelle moyenne entre les mois de décembre 2019 et de décembre 2020, les étiquettes situées au-dessus de chaque point précisent la différence entre ces deux mois.

Considérant une surface de 550km² et une porosité efficace moyenne de 10%, la différence de niveaux entre décembre 2020 et décembre 2019 (-1.7 m) peut être traduite en une variation de stock d'environ - 93 Mm³. Cette diminution de stock place le réservoir aquifère dans un état de remplissage de relativement bas au terme de l'année.

3. Cartes piézométriques

Les surfaces piézométriques en période de basse eaux (février-mars) et de hautes eaux (septembre-octobre) ont pu être retracées à l'aide des deux campagnes piézométriques conduites en 2020, complétées par les données provenant des réseaux patrimoniaux (SYMCRAU et DREAL/BRGM) et les révélés mis à disposition par les volontaires du réseau écocitoyen. Après traitement des données, 252 points de mesures ont été retenues en février 2020 ; 250 en septembre 2020. Les isopièzes sont représentées tous les cinq mètres entre les côtes 95 m NGF et 5 m NGF, tous les mètres de la côte 4 m NGF à 1 m NGF.

Les caractéristiques majeures de la nappe circulant dans les cailloutis sont clairement visibles :

- Les écoulements souterrains sont orientés nord-est / sud-ouest et sont divergents depuis le nord-est vers le sud-ouest,
- Une ligne de partage des eaux apparaît entre la vieille Crau (villafranchien à l'ouest) et la jeune Crau (riss-wurm, à l'est),
- Les courbes isopiézométriques présentent des espacements variables, distinguant des secteurs où les vitesses d'écoulements sont élevées (courbes proches) d'autres secteurs où les vitesses d'écoulements sont plus faibles (courbes espacées). Cela s'explique soit par une variation du débit d'eau, soit par des variations locales de la conductivité hydraulique des alluvions.

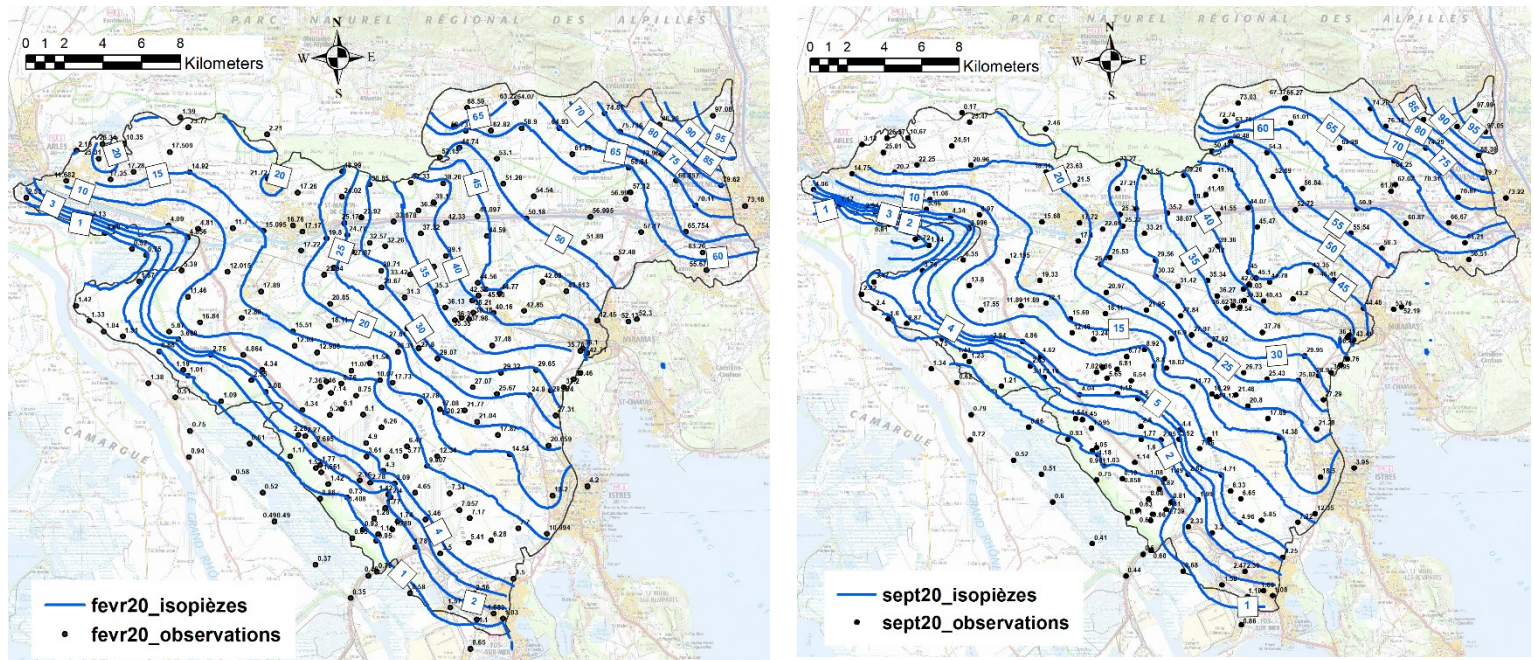


Figure 16 : Cartes piézométriques de la nappe de la Crau en février 2020 (à gauche) et en septembre 2020 (à droite)

Certaines spécificités locales sont également mises en évidence :

- L'affleurement du substratum au niveau de l'étang d'Entressen témoigne de la faible épaisseur d'alluvions, et provoque une divergence des écoulements de part et d'autre de l'étang.
- Dans l'extrême sud-est de la nappe, à l'exutoire du sillon de Miramas, les courbes isopièzes sont repoussées vers l'aval et le gradient hydraulique augmente. Cela souligne la puissance des écoulements souterrain dans ce secteur
- Dans le secteur nord-ouest, la piézométrie laisse percevoir une compartimentation locale du réservoir en période de basses eaux, laquelle est résorbée en période de hautes eaux.

Conclusion

La forte pluviométrie de l'automne 2019, qui avait porté la piézométrie à un niveau très haut, a mécaniquement entraîné un bilan quantitatif négatif de la nappe de la Crau sur l'année 2020. Les niveaux piézométriques ont diminué, en moyenne, de 1,7 mètres entre décembre 2019 et décembre 2020, ce qui représente une variation de stock d'environ - 93 Mm³.

Sur un plan statistique, la moyenne des évolutions mesurées sur l'ensemble des points de surveillance disponibles place la masse d'eau dans un état quantitatif « bas » au terme de l'année. Les trois piézomètres représentatifs des différentes zones de cohérences piézométriques présentent une évolution saisonnière similaires : après un début d'année proche des niveaux maximum sur la période 2013-2019, les niveaux se retrouvent en fin d'année proches des minimas en lien avec une fin de période d'irrigation tronquée et un faible cumul de précipitations automnale.

Cela dit, aucune information quant à d'éventuelles pénuries d'eau en lien avec un déficit de ressource n'a été recensé par le SYMCRAU lors de l'année écoulée. Si l'état quantitatif n'a laisser apparaitre aucune tension sur les prélèvements en 2020, la vulnérabilité des usages en cas de conditions dégradées prolongées sur l'année 2021 n'en demeure pas moins accentuée.

ANNEXE : Cliquez sur le nom des piézomètres pour visualiser la courbe d'évolution du niveau de la nappe

