



Bulletin sur l'état qualitatif des eaux de la nappe de la Crau

Année 2021

Avec le soutien technique et financier de :



Table des matières

INTRODUCTION.....	3
1. RESEAU SYMCRAU.....	4
2. RESEAU CONTROLE OPERATIONNEL (RCO).....	13
CONCLUSION.....	17

Introduction

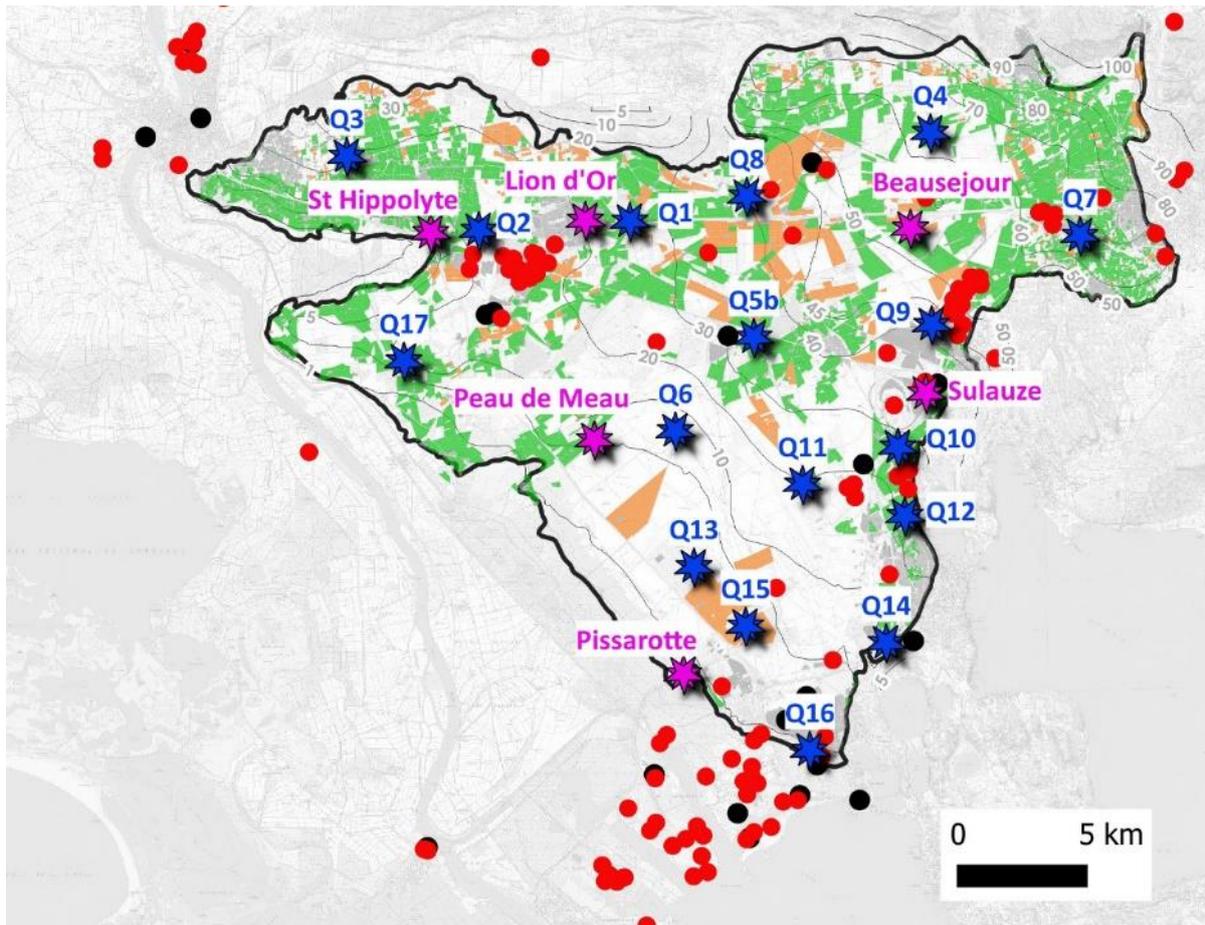
La plaine de la Crau héberge une masse d'eau souterraine classée stratégique pour l'alimentation en eau potable par le SDAGE Rhône-Méditerranée. La préservation de la qualité des eaux est l'un des enjeux majeurs qui ont émergé de la concertation territoriale lors de l'élaboration du contrat de nappe de la Crau.

D'un point de vue de la qualité des eaux souterraines, la vulnérabilité de la ressource est liée au potentiel de transfert vers la nappe de polluants issus des activités en surface. Sur la plaine de la Crau les cailloutis ne sont pas ou peu recouverts par des couches superficielles protectrices. De plus, la nappe phréatique est présente à de faibles profondeurs (10 m en moyenne), ce qui diminue d'autant les temps de transfert des contaminants vers la nappe.

En réponse à l'importante vulnérabilité de l'aquifère, aux pressions des activités de surfaces et aux forts enjeux de préservation, le réseau patrimonial de suivi de l'état chimique de la ressource (code RAQESOU CRAU dans la banque de données ADES) a été mis en place en 2011 par le SYCMRAU afin de suivre l'évolution de la qualité des eaux souterraines, d'identifier les éventuelles sources de pollutions et veiller au maintien du bon état chimique de la ressource (seuils sanitaires¹ et environnementaux²). En parallèle, le réseau de contrôle opérationnel (RCO), géré par l'Agence de l'Eau, est un dispositif de surveillance accru des micropolluants présents au sein des masses d'eau soumis à des pressions anthropiques particulières, et avec identification de risques de non atteinte des objectifs environnementaux. Le RCO compte sur la nappe de la Crau 6 stations actives en 2021 (figure 1), dont 4 captages pour l'AEP (alimentation en eau potable).

¹ Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

² Arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines



Légende

Suivi état chimique

★ Agence de l'eau

★ SYMCRAU

Pressions

● ICPE

● Sites & Sols pollués

Occupation des sols - 2016

■ agriculture extensive

■ agriculture intensive

■ tissus urbains

□ nappe de la Crau

— piezométrie moyenne

FIGURE 1 : POINTS DE SURVEILLANCE DE LA QUALITE DES EAUX DE LA NAPPE DE LA CRAU ET POINTS DE PRESSIONS POTENTIELLES.

1. RESEAU SYMCRAU

1.1. Paramètres chimiques généraux

1.1.1 Comparaison des stations de surveillance

Les concentrations mesurées sur les paramètres physico-chimiques généraux ont été traitées à l'aide d'une analyse en composante principale (ACP) pour chacune des deux campagnes conduites en 2021 (figure 2). Une telle analyse statistique permet d'extraire les stations dont les propriétés physico-chimiques générales s'écartent significativement de la moyenne.

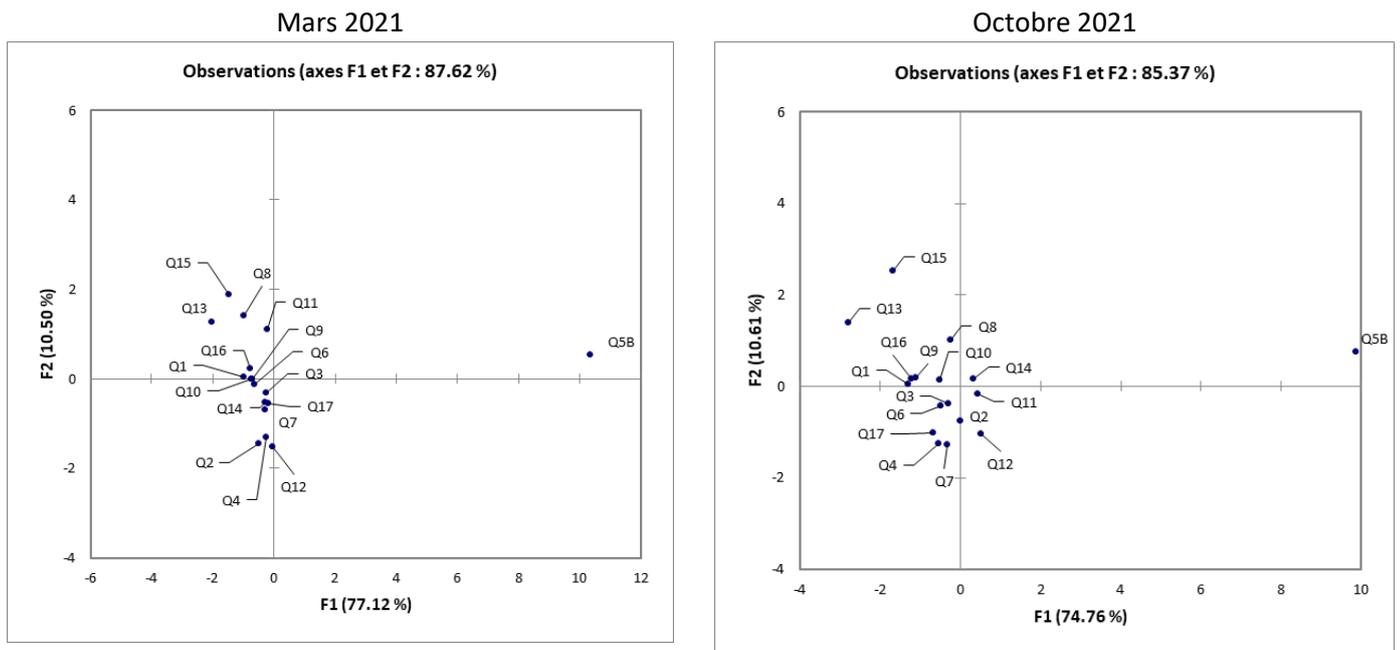


FIGURE 2 : ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE REALISEE SUR LES DEUX CAMPAGNES DE 2021

Selon l'ACP, une station de surveillance se distingue nettement parmi les 17 stations qui composent le réseau : Q5b

Elle se distingue notamment par les éléments suivants :

- Chlorures : 730 et 270 mg/L en mars puis octobre 2021, soit 30 et 11 fois supérieur à la moyenne du reste de la nappe sur ces campagnes de prélèvements, et supérieurs aux seuils sanitaires¹ (200 mg/L).
- Le taux de carbone organique est 4 à 6 fois supérieurs aux autres stations sur les deux campagnes (5,7 et 4,2 mg/L).
- Sur les deux campagnes de 2021, les teneurs en sulfates (530 et 390 mg/L) et sodium (310 et 120 mg/L) dépassent également les seuils sanitaires¹ (250 mg/L pour les sulfates et 200 mg/L pour le sodium).
- Les teneurs en calcium, magnésium, et potassium sont également plus élevées que dans le reste de la Crau.

D'après les connaissances actuelles, l'emprise du panache de polluants qui s'écoule en aval du CSD de la Crau n'explique pas seul ces anomalies.

Cette station avait déjà été identifiée comme dégradée, et aucune amélioration de l'état qualitatif n'est observée en 2021.

1.1.2 Mise en évidence des anomalies ponctuelles (par paramètres)

Après avoir traité les échantillons qui s'écartent significativement de la moyenne, il est procédé à une analyse plus fine des compositions chimiques à l'aide de la méthode graphique des boîtes à moustaches. Cette méthode permet d'identifier les échantillons présentant des écarts significatifs pour chaque élément chimique (figure 3).

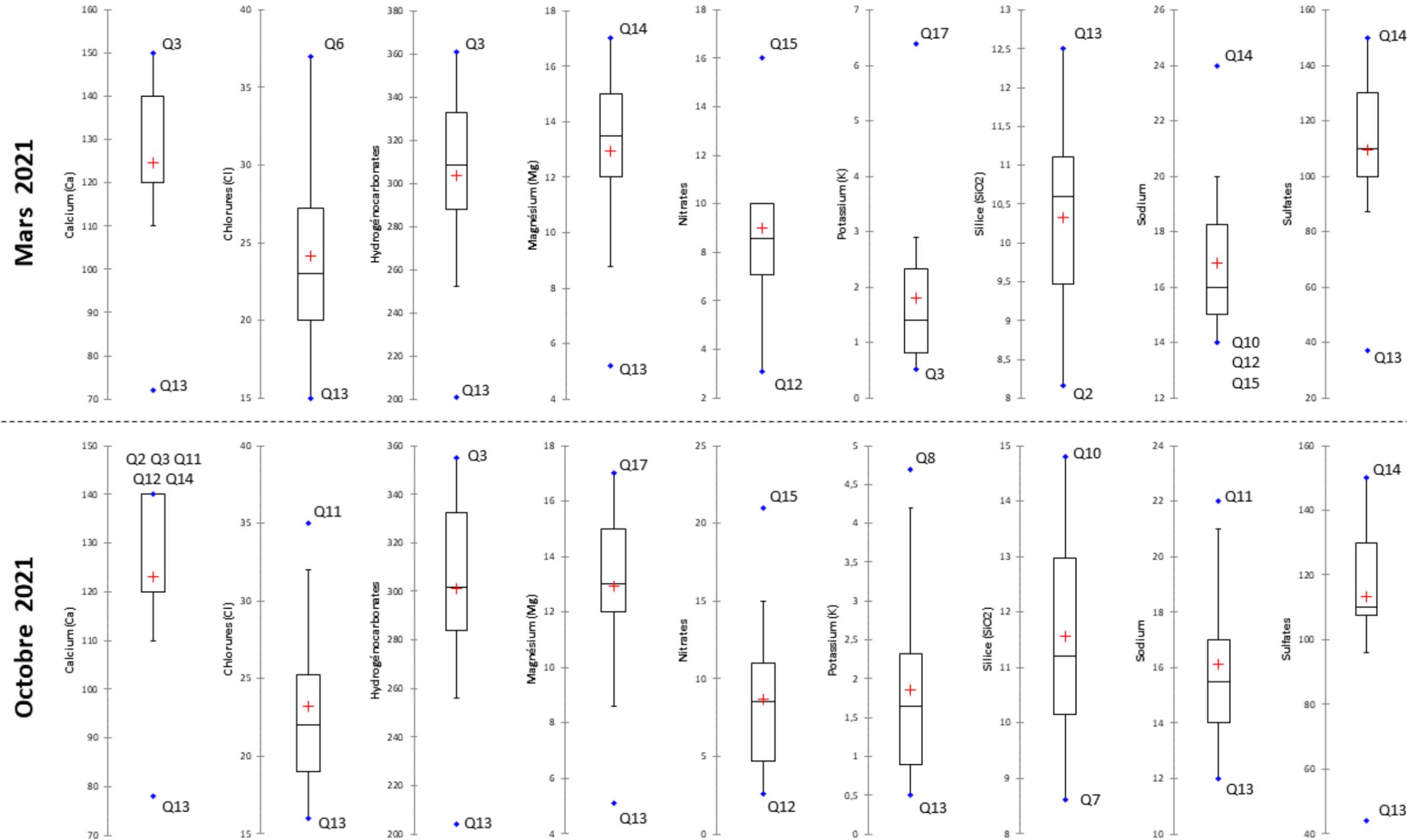


FIGURE 3 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE, SOUS FORME DE BOITES A MOUSTACHES, DES PARAMETRES CHIMIQUES GENERAUX POUR LES CAMPAGNES DE MARS ET OCTOBRE 2021.

La moyenne est représentée par une croix rouge. La valeur du 1er quartile (25% des échantillons) correspond au trait inférieur de la boîte. La valeur du 2nd quartile, ou valeur médiane (50% des échantillons) correspond au trait horizontal à l'intérieur de la boîte. La valeur du 3eme quartile au trait supérieur de la boîte. Les limites des moustaches correspondent aux valeurs adjacentes, déterminées à partir de l'écart entre le 2nd et le 3ème quartile. Les valeurs anormales sont celles situées au-delà des moustaches.

Q13 : Sur l'année 2021, tout comme sur les années précédentes, plusieurs paramètres (Ca, Mg, SO₄, HCO₃) présentent des concentrations significativement inférieures à celles mesurées sur le reste des échantillons. Cela doit être mis en relation avec la nature de l'ouvrage (puits de grand diamètre, pas isolé de l'extérieur). Un phénomène de dilution de la colonne d'eau de l'ouvrage s'est probablement opéré, le protocole de prélèvement mis en œuvre n'ayant pas permis de vidanger correctement l'eau de l'ouvrage. Ces résultats analytiques ne sont donc pas représentatifs de l'eau porale contenue dans l'aquifère. Un audit général du réseau a été réalisé par le SYMCRAU en 2020, et cette station sera abandonnée au profit d'une plus représentative des eaux souterraines de la zone.

1.2. RESEAU SYMCRAU : Nitrates

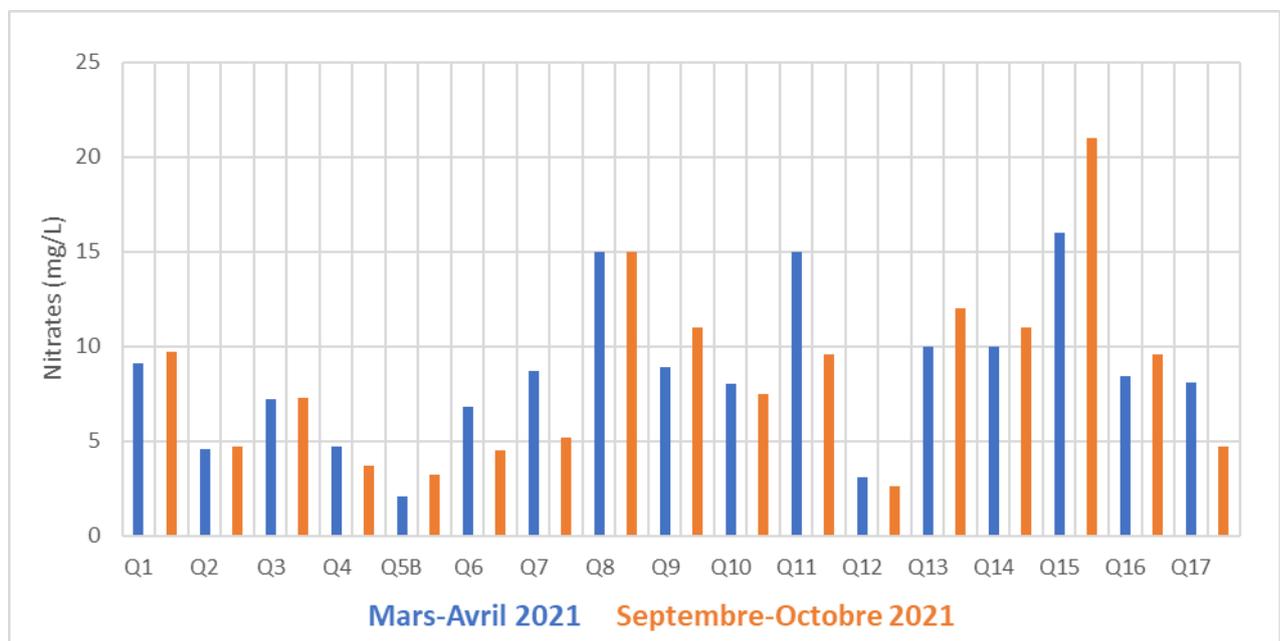


FIGURE 4 : CONCENTRATION EN NITRATES (MG/L) SUR LES CAMPAGNES DE MARS-AVRIL 2021 (BLEU) ET DE SEPTEMBRE-OCTOBRE 2021 (ORANGE)

Le fond géochimique naturel de la nappe de la Crau en nitrates est compris dans la gamme 5 – 10 mg/L, ainsi les stations suivantes présentent des concentrations supérieures (Fig. 4) :

- Q8 : Les cultures arboricoles intensives situées en amont sont très probablement à l'origine de ces excès.
- Q11 : La concentration en nitrates lors de la campagne de mars dépasse les 10 mg/L, et retombe dans la gamme naturelle au mois d'octobre. Cette observation est similaire aux résultats des années précédentes sans qu'une explication précise puissent être avancée à ce stade.
- Q13 : Les concentrations en nitrates sont légèrement au-dessus des valeurs naturelles pour les deux campagnes. Etant un ouvrage ouvert sur la surface, il est fortement probable que

ces anomalies trouvent leurs origines par la contamination par des matières organiques tombées dans l'ouvrage.

- Q15 : Les concentrations en nitrates augmentent nettement entre mars (16 mg/L) et septembre (21 mg/L), cette dynamique saisonnière est observée également les années précédentes. Cette station est située dans un secteur dominé par les grandes cultures arboricoles. Tout comme sur Q8, l'évolution saisonnière des nitrates dans la nappe pourrait être en relation avec l'utilisation de fertilisants.

Toutefois, les concentrations restent sous les seuils des normes sanitaires et environnementales (50 mg/L)^{1,2}.

1.3. RESEAU SYMCRAU : phytosanitaires

Parmi les 17 stations de suivi de la qualité des eaux brutes de la nappe qui composent le réseau SYMCRAU, 14 d'entre elles ont révélé la présence de pesticides en 2021 (Fig. 5 et 6).

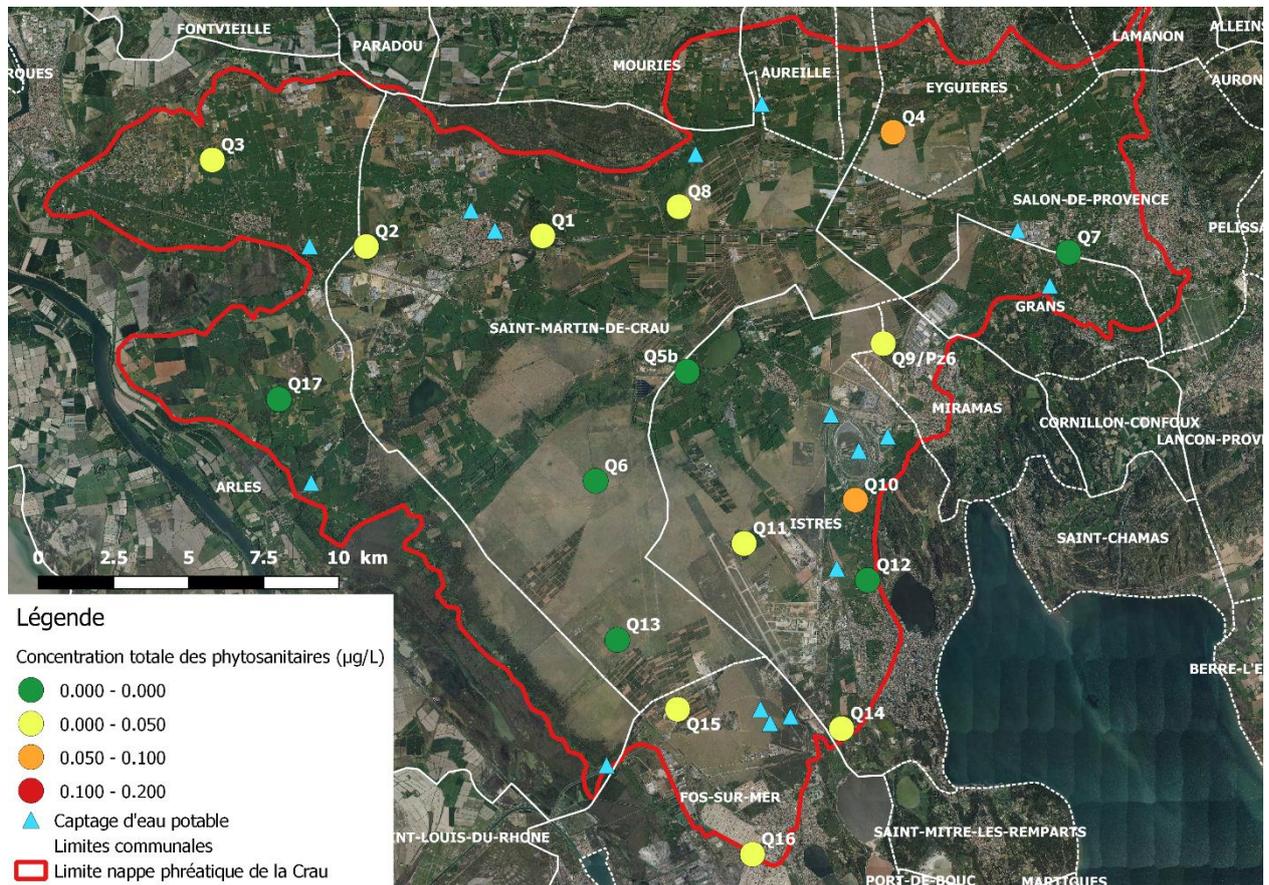


FIGURE 5 : CARTE DES CONCENTRATIONS TOTALES EN PHYTSANITAIRES SUR LA CAMPAGNE DE PRELEVEMENT DE MARS-AVRIL 2021

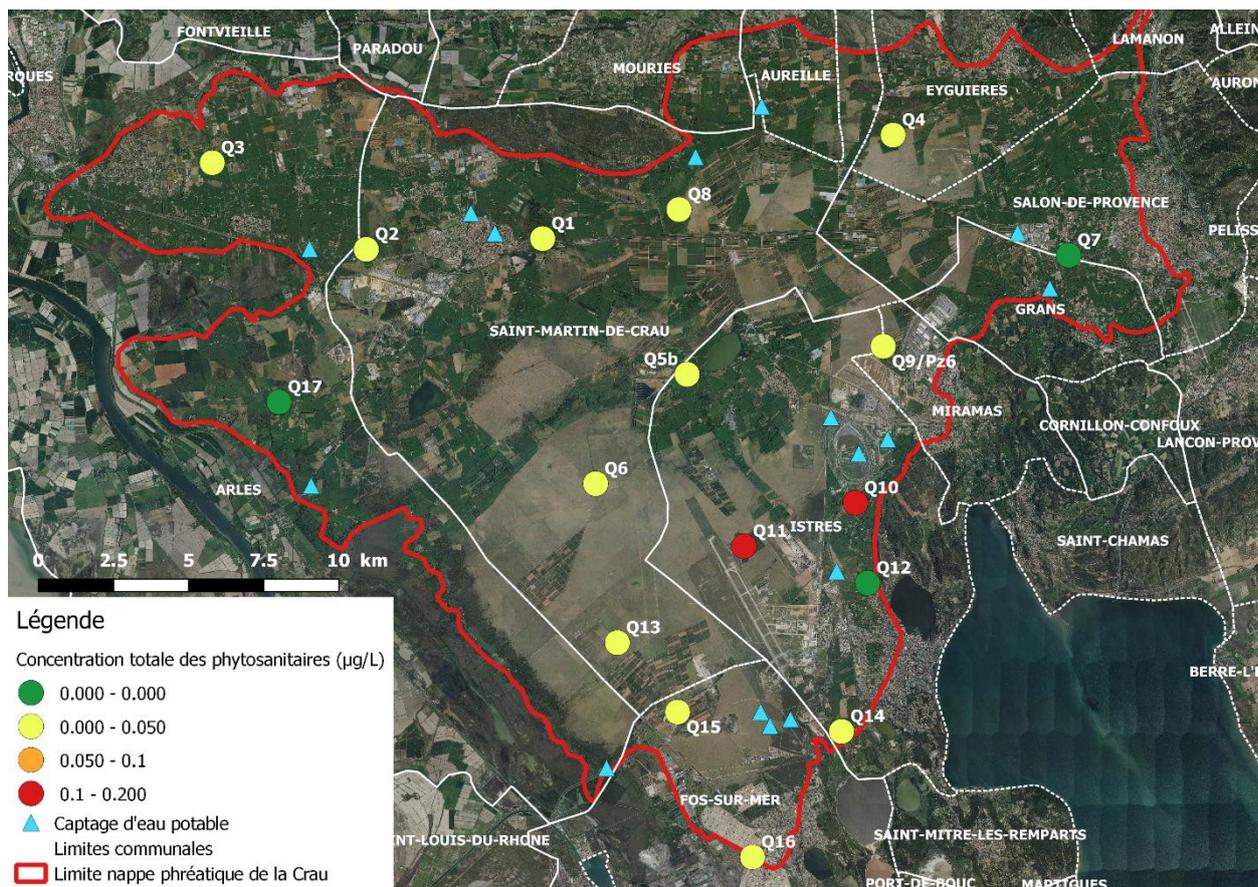


FIGURE 6 : CARTE DES CONCENTRATIONS TOTALES EN PHYTOSANITAIRES SUR LA CAMPAGNE DE PRELEVEMENT DE SEPTEMBRE-OCTOBRE 2021

Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

Les limites de références^{1,2} pour la qualité de l'eau sont :

- Limite par substance individuelle = 0,10 µg/L (sauf Aldrine, dieldrine, heptachlore, heptachlorépoxyde (par substance individuelle) où limite = 0,3 µg/L)
- Limite pour le total des pesticides : 0,50 µg/L

Ces deux seuils ne sont jamais dépassés, excepté pour Q11 sur la campagne de septembre-octobre où le bentazone, un herbicide, a été mesuré à 0,141 µg/L dépassant donc la limite des 0,10 µg/L.

Les substances phytosanitaires les plus fréquemment détectées sont les suivantes :

- Aatrazine et ses métabolites ;
- Dinoterb ;
- Ethidimuron ;
- Simazine.

La fréquence de quantification est un indicateur qui permet d'évaluer le niveau de pression qui s'exerce sur la masse d'eau, sans considération des concentrations mesurées dans les échantillons. En effet, les résultats analytiques bruts intègrent les phénomènes de dilution très importants qui s'opèrent au sein de la nappe, en lien avec l'intensité des flux d'eau de recharge qui transitent annuellement dans l'aquifère. Cet indicateur permet également de normaliser les résultats, et ainsi de pouvoir comparer les stations les unes par rapport aux autres.

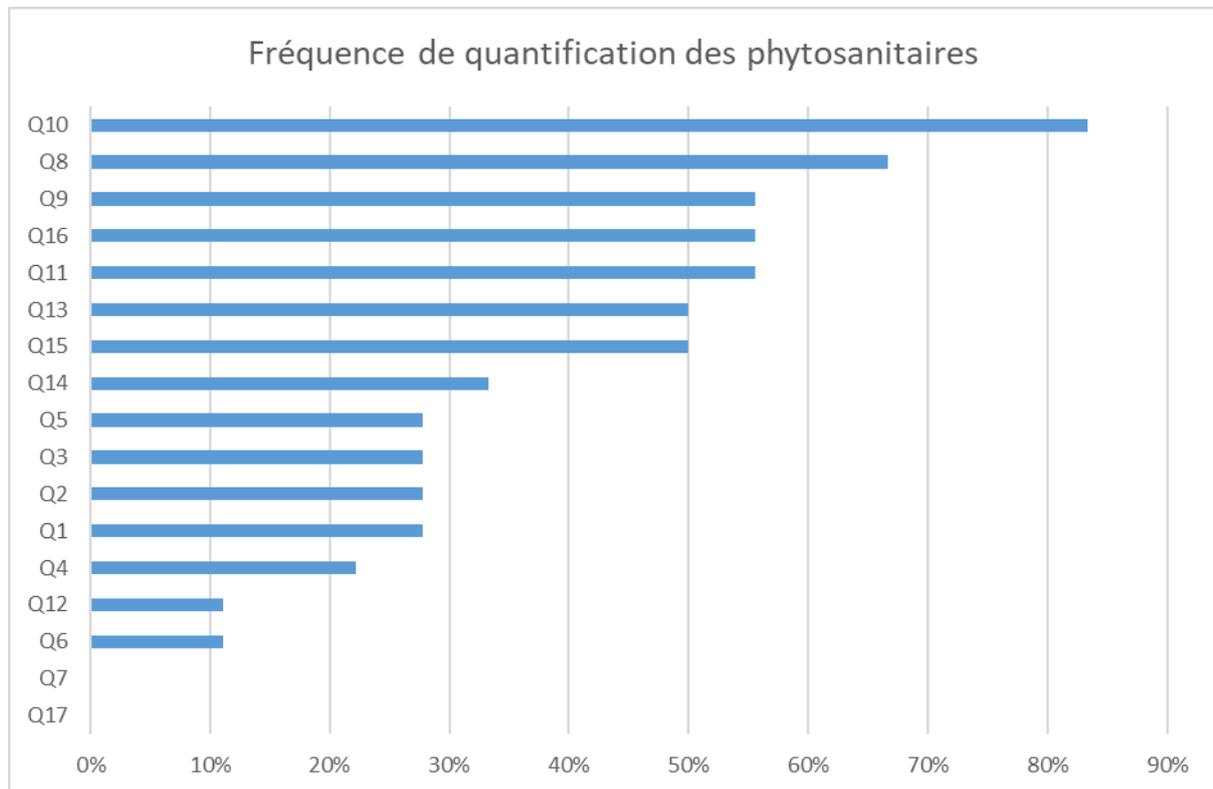


FIGURE 7 : CLASSEMENT (DE HAUT EN BAS) DES STATIONS DE SURVEILLANCE PAR MOYENNE DES FREQUENCES DE QUANTIFICATIONS SUR LES COMPOSES PHYTOSANITAIRES OBSERVEES ENTRE 2013 ET 2021.

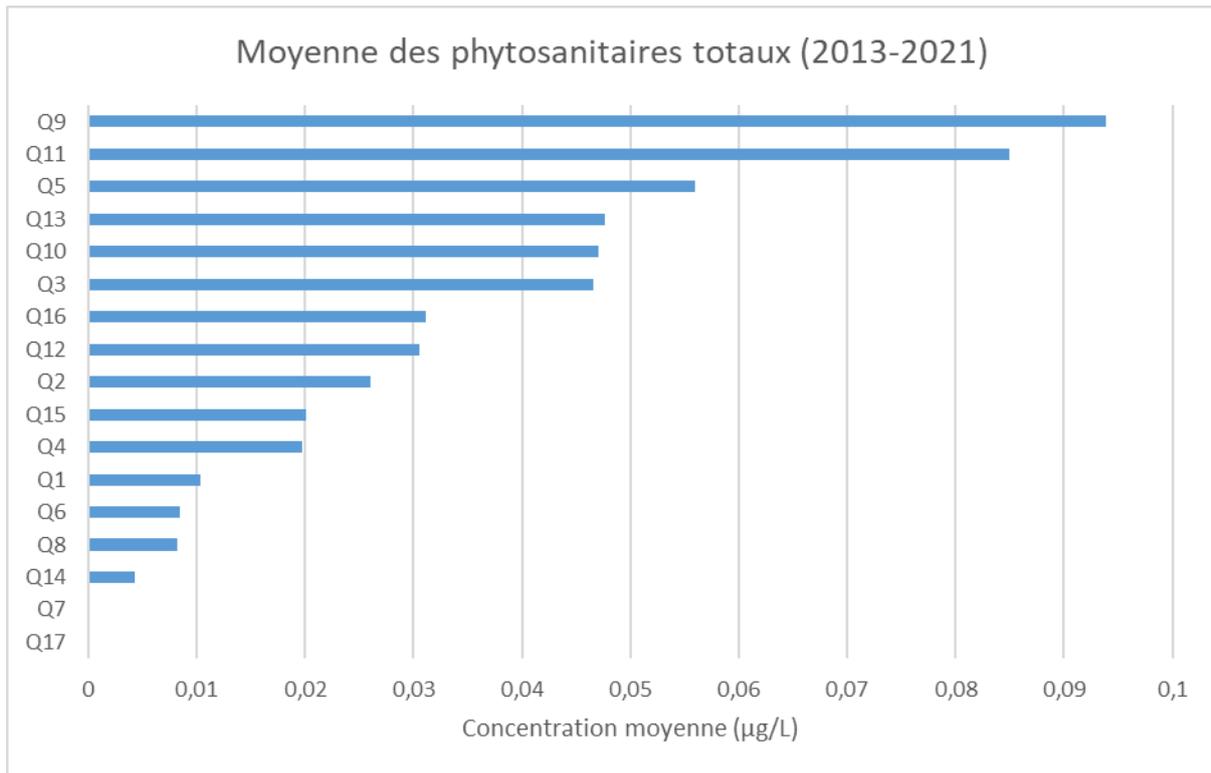


FIGURE 8 : MOYENNE DES CONCENTRATIONS EN PHYTOSANITAIRES (TOTAUX) SUR LA PERIODE 2013-2021

Les stations Q9 et Q10 confirment les pressions importantes qui s'exercent au niveau du sillon de Miramas, en amont de la commune d'Istres. La qualité de nappe qui est révélée par station Q8 souligne très probablement la contamination chronique en lien avec les pratiques agricoles de désherbages par voie chimique sur les grandes surfaces de vergers intensifs située en amont de la station (voir figure 1)

Les fréquences de quantification (c'est-à-dire le % de station ou au moins une substance phytosanitaire a été trouvée) sur les campagnes de mars-avril et septembre-octobre s'élèvent à 65 et 82% (figure 9). Une hausse est observable depuis ces dernières années. Bien que cette augmentation puisse s'expliquer par une augmentation des pressions sur la qualité des eaux de la nappe, il est plus probable qu'elle soit le résultat de l'amélioration des performances analytiques des laboratoires et l'abaissement des limites de quantification (figure 9).

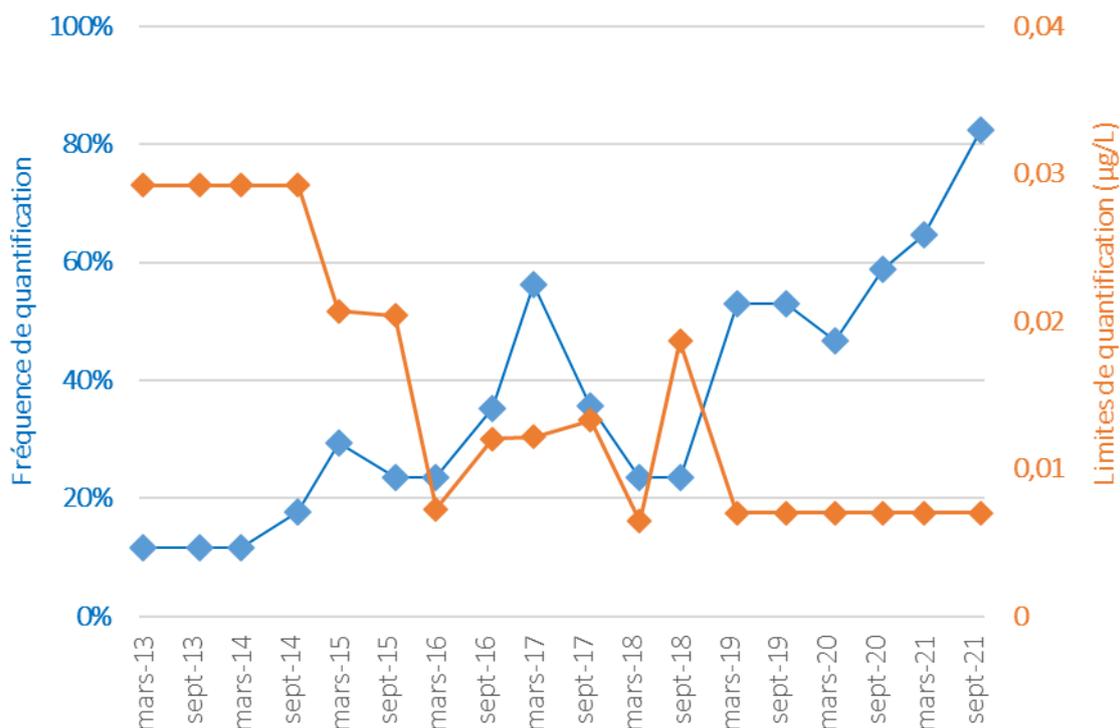


FIGURE 9 : EVOLUTION TEMPORELLE DE LA MOYENNE PAR CAMPAGNE DE LA FREQUENCE DE QUANTIFICATION D'AU MOINS UNE MOLECULE DE LA FAMILLE DES PHYTOSANITAIRES CROISEE AVEC L'EVOLUTION DE LA MOYENNE DES LIMITES DE QUANTIFICATION SUR LES MOLECULES RECHERCHES. 17 STATIONS D'ANALYSES PAR CAMPAGNE EN MOYENNE.

1.4. RESEAU SYMCRAU : autres micropolluants

Concernant les autres polluants, aucune molécule HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) ou PCB (polychlorobiphényles) n'ont été détectées dans la nappe sur les deux campagnes de prélèvements de 2021. En revanche :

- Des composés BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) ont été trouvés :
 - o Mars 2021 : aucun
 - o Octobre 2021 :
 - Q12 m+p-Xylène : 0,04 µg/L
 - Q16 o-Xylène : 0,03 µg/L
 - Q16 m+p-Xylène : 0,07 µg/L

- Ainsi que des COHV (Composés Organiques Halogénés Volatils) :
 - o Mars 2021 :
 - Q10 Tetrachloroéthylène 0,15 µg/L
 - Q16 Trichloroéthylène 0,14 µg/L
 - Q16 Tetrachloroéthylène 0,22 µg/L

- Octobre 2021 :
 - Q10 Tetrachloroéthylène 0,13 µg/L
 - Q16 Trichloroéthylène 0,10 µg/L
 - Q16 Tetrachloroéthylène 0,21 µg/L
- Tétrachloroéthylène et trichloroéthylène limite de 10µg/L pour la somme des deux (arrêté du 11 janvier 2007)

Les stations Q10, 12 et 16 sont situées dans des environnements industriels (zones d'activités, ICPE, sites et sols pollués)

A noter également la présence dans quelques stations de :

- Perchlorates :
 - Mars 2021 :
 - Q1 : 0,6 µg/L
 - Q8 : 0,6 µg/L
 - Q15 : 0,4 µg/L
 - Octobre 2021 :
 - Q1 : 0,6 µg/L
 - Q8 : 0,6 µg/L
 - Q9 : 0,3 µg/L
 - Q13 : 0,4 µg/L
 - Q15 : 0,5 µg/L
 - Q16 : 0,3 µg/L

Au niveau du territoire français, les ions perchlorates peuvent provenir de deux sources principales :

- Usages pyrotechniques (explosifs, munitions)
- Utilisation des « nitrates chiliens » dans l'agriculture entre 1850 et 1930 (blé et betterave)

Sur le territoire de la Crau, l'origine des perchlorates est très probablement en lien avec les sites de stockage de munitions sur le territoire.

2. RESEAU CONTROLE OPERATIONNEL (RCO)

2.1. RESEAU contrôle opérationnel : Nitrates

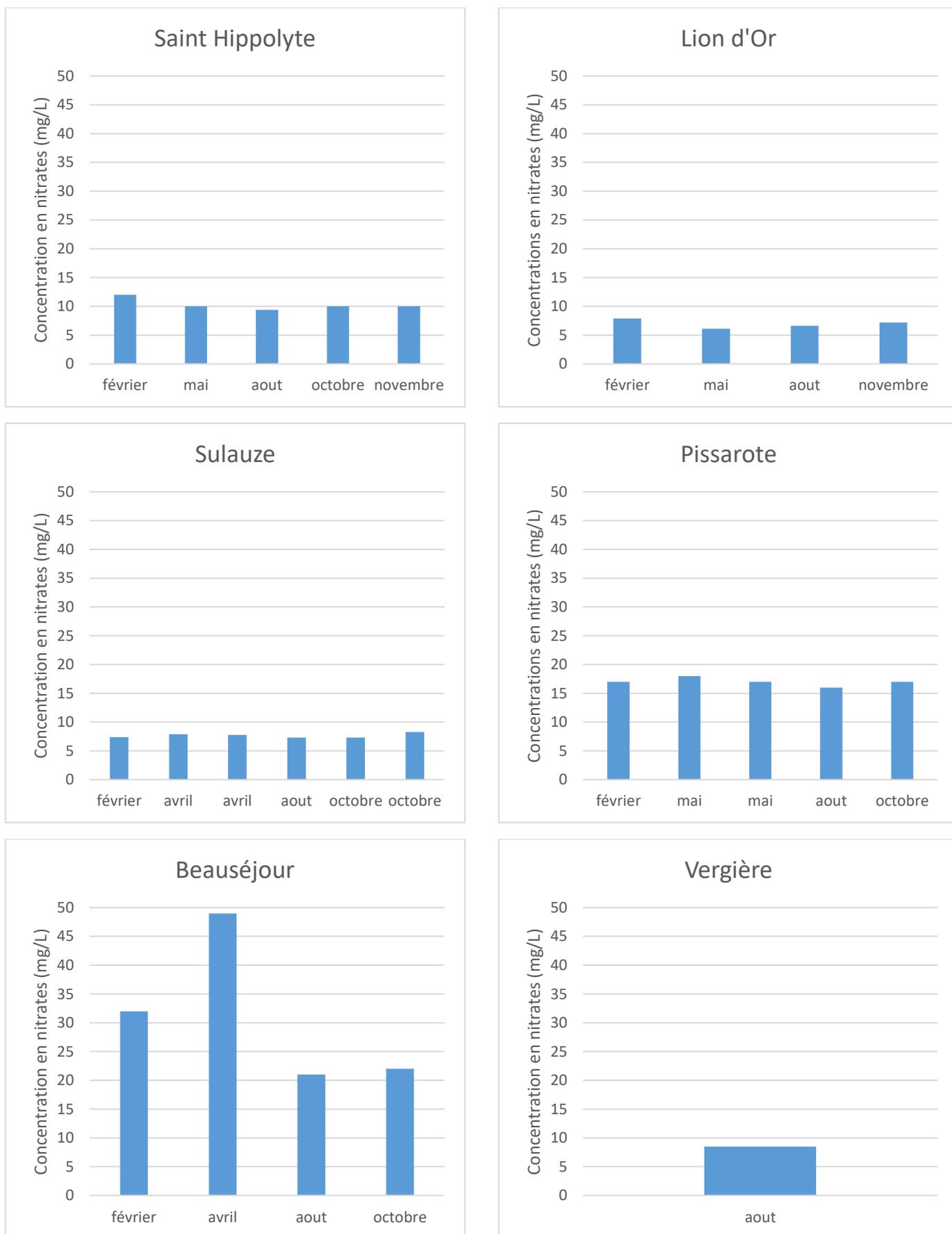


FIGURE 10 : CONCENTRATIONS EN NITRATES (MG/L) DES STATIONS DE CONTROLE DU RESEAU RCO DE L'AGENCE DE L'EAU

Les concentrations en nitrates mesurées dans le cadre du contrôle opérationnel révèlent des teneurs en nitrates plus élevées que dans le reste de la Crau ($[NO_3] > 10 \text{ mg/L}$) sur deux stations (fig. 10) :

- le captage « AEP de la Pissarotte » : Les données de surveillance des concentrations en nitrates sur cette station sont disponibles depuis la fin des années 1980. La concentration moyenne en nitrates sur cette station s'élevé à environ 17 mg/L, et ne montre pas de tendance évolutive (à la hausse ou à la baisse) significative. Les teneurs en nitrates sont probablement naturellement plus élevées que sur le reste du territoire.
- et le forage à usage domestique « Beauséjour » : Cette station a été ajoutée au RCO en 2018 afin d'y mesurer les concentrations en ions majeurs et en nitrates. Entre 2000 et 2005 la concentration moyenne en nitrates était de 140 mg/L. Entre 2010 et 2019 la concentration moyenne en nitrates était de 29 mg/L. En 2021, les concentrations fluctuent entre 21 et 49 mg/L. On note la présence d'un système d'assainissement non collectif à proximité immédiate de l'ouvrage, qui est également situé dans un secteur où l'occupation des sols est à vocation agricole (serres pour cultures de plein champs). Malgré une nette amélioration observée entre 2000 et 2021, les pressions anthropiques expliquent l'état de contamination locale de la nappe vis-à-vis des nitrates.

Il n'y a pas de dépassement des seuils sanitaires et environnementales (50 mg/L).

2.2. RESEAU contrôle opérationnel : Micropolluants

Toutes les stations du RCO qui ont fait l'objet de recherches des micropolluants sur eaux brutes en 2020 révèlent des signes de contaminations, à des degrés variables. Aucun dépassement des normes environnementales et sanitaires n'a cependant été observé.

Les points les plus affectés sont Sulauze (AEP de Miramas et de Saint Chamas) et Pissarotte (AEP Port-Saint-Louis-du-Rhône), mais les autres stations du RCO souffrent également d'une dégradation de la qualité naturelle des eaux contenues dans la nappe de la Crau, en lien avec les pressions liées aux activités anthropiques.

TABLEAU 1 : CONCENTRATIONS EN MICROPOLLUANTS (QUAND CONCENTRATION SUPERIEURE AU SEUIL DE QUANTIFICATION) SUR LES POINTS DE SURVEILLANCE DE RCO

Nom	Code BSS	Date	Paramètre	Famille	Résultat ($\mu\text{g/L}$)
Pissarote	BSS002JFHK	03/05/2021	Acide perfluoro-n-heptanoïque	PFC	0,0042
Pissarote	BSS002JFHK	03/05/2021	Acide perfluoro-n-hexanoïque	PFC	0,013
Pissarote	BSS002JFHK	03/05/2021	Perfluorohexanesulfonic acid	PFC	0,0035
Pissarote	BSS002JFHK	10/08/2021	N-Butylbenzenesulfonamide	BTEX	0,129
Pissarote	BSS002JFHK	18/10/2021	Acide perfluoro-octanoïque	PFC	0,0026
Pissarote	BSS002JFHK	18/10/2021	Acide perfluoro-n-heptanoïque	PFC	0,0137
Pissarote	BSS002JFHK	18/10/2021	Acide perfluoro-n-hexanoïque	PFC	0,043
Pissarote	BSS002JFHK	18/10/2021	Perfluorohexanesulfonic acid	PFC	0,0054
Sulauze	BSS002GXZT	25/02/2021	Simazine	Phytosanitaire	0,005
Sulauze	BSS002GXZT	25/02/2021	Hexachlorobutadiène	COHV	0,08

Sulauze	BSS002GXZT	13/04/2021	Glyphosate	Phyto-sanitaire	0,025
Sulauze	BSS002GXZT	13/04/2021	Hexachlorobutadiène	COHV	0,043
Sulauze	BSS002GXZT	13/04/2021	Ethidimuron	Phyto-sanitaire	0,007
Sulauze	BSS002GXZT	13/04/2021	Somme des pesticides totaux	Phyto-sanitaire	0,075
Sulauze	BSS002GXZT	13/04/2021	Hexachlorobutadiène	COHV	0,03
Sulauze	BSS002GXZT	13/04/2021	4-tert-butylphénol	Autres phénols	0,04
Sulauze	BSS002GXZT	10/08/2021	Simazine	Phyto-sanitaire	0,005
Sulauze	BSS002GXZT	10/08/2021	Hexachlorobutadiène	COHV	0,05
Sulauze	BSS002GXZT	06/10/2021	Hexachlorobutadiène	COHV	0,088
Sulauze	BSS002GXZT	06/10/2021	Ethidimuron	Phyto-sanitaire	0,006
Sulauze	BSS002GXZT	06/10/2021	Somme des pesticides totaux	Phyto-sanitaire	0,094
Sulauze	BSS002GXZT	18/10/2021	Simazine	Phyto-sanitaire	0,007
Sulauze	BSS002GXZT	18/10/2021	Hexachlorobutadiène	COHV	0,14
Lion d'Or	BSS002GXKJ	11/06/2021	Somme des pesticides totaux	Phyto-sanitaire	0,005
Lion d'Or	BSS002GXKJ	10/08/2021	4-tert-butylphénol	Autres phénols	0,049
Lion d'Or	BSS002GXKJ	10/08/2021	N-Butylbenzenesulfonamide	BTEX	0,249
Lion d'Or	BSS002GXKJ	03/11/2021	n-Butyl Phtalate	Phtalates	0,08
Lion d'Or	BSS002GXKJ	03/11/2021	Bisphenol A	Alkylphénols, nonylphénols et bisphénols A	0,197
St Hippolyte	BSS002GXEN	10/08/2021	Formaldehyde	Phyto-sanitaire	1
St Hippolyte	BSS002GXEN	10/08/2021	4-tert-butylphénol	Autres phénols	0,022
Vergiere	BSS002GXJE	10/08/2021	Benzo(a)anthracène	HAP	0,00363
Vergiere	BSS002GXJE	10/08/2021	Benzo(a)pyrène	HAP	0,0071
Vergiere	BSS002GXJE	10/08/2021	Benzo(b)fluoranthène	HAP	0,00724
Vergiere	BSS002GXJE	10/08/2021	Benzo(k)fluoranthène	HAP	0,00664
Vergiere	BSS002GXJE	10/08/2021	Benzo(g,h,i)pérylène	HAP	0,00456
Vergiere	BSS002GXJE	10/08/2021	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	HAP	0,00337
Vergiere	BSS002GXJE	10/08/2021	N-Butylbenzenesulfonamide	BTEX	0,108

AEP de la Pissarotte : Les eaux brutes de cette station de captage est affectée par la présence de molécules appartenant à la famille des acides sulfoniques (PFC), et par les BTEX. Ces deux groupes de molécules sont générées artificiellement par les industries chimiques, principalement. Le fait de les retrouver sur cette station peut s'expliquer par la présence de la ZIP de Fos-sur-Mer qui se trouve à proximité.

AEP de Sulauze : La contamination par les phytosanitaires (insecticides et herbicides) sont le principal problème auquel fait face ce point de captage. La présence de composés Organo Halogéné Volatil (COHV) est également constaté de manière chronique. Ces résultats peuvent s'expliquer d'une part par la présence de la gare de triage en amont (herbicides, COHV) et par les grandes parcelles arboricoles dont l'exploitation nécessite l'utilisation de telles molécules.

AEP du Lion d'Or : L'implantation de ce captage au cœur d'une zone urbaine ne permet pas de pouvoir le préserver efficacement contre les sources de contaminations diverses et variées qui peuvent s'y exercer. En l'absence d'activité économique pouvant générer ce type de pollution en amont, son environnement immédiat explique très probablement la présence de ces molécules dans la nappe à ce niveau.

AEP de Saint-Hippolyte : Les polluants retrouvés ne sont pas mesurés de façon chronique. Le champ captant est implanté dans une zone principalement recouverte par les prairies de foin de Crau avec de l'habitat diffus.

Puits traditionnel de Peau de Meau/Vergière : Cette station est positionnée en aval hydraulique de plusieurs sources de contaminations (décharge d'Entressen et site de stockage de munition de Bausseq) qui peuvent expliquer la présence de ces molécules de différentes familles (BTEX, HAP) dans les eaux du puits.

Conclusion

Les eaux souterraines de la nappe phréatique de la Crau sont globalement de bonne qualité, respectant à la fois les normes sanitaires en vigueur ainsi que les critères environnementaux, excepté pour les stations :

- Q5b pour les chlorures, sulfates, sodium ;
- Q11 qui a dépassé sur le phytosanitaire bentazone en septembre-octobre.

Certaines portions de nappe révèlent également d'autres anomalies non négligeables (pesticides, nitrates, chlorures, perchlorates) sans dépassement des seuils sanitaires et environnementaux.

Leurs origines potentielles sont :

- des sites et sols pollués (SIMT, CSD),
- des parcelles agricoles soumises à une exploitation intensive,
- des sources variées de pollutions diffuses (zone d'activités industrielles, gare de triage, ICPE divers, agriculture intensive) sur le sillon de Miramas à l'est du territoire.

Les concentrations en contaminants dans les échantillons dépendent largement du terme source (volume, fréquences d'émissions etc...), ainsi que des processus de dilution et/ou d'atténuation naturels qui sont induits par le transport dans l'aquifère.

Si aucune tendance à la dégradation n'est constatée en 2021 par rapport à 2020, que cela soit d'un point de vue global ou bien par station considérée individuellement, la qualité chimique des eaux de stations déjà identifiées comme dégradées (en particulier Sulauze, Q5b, Q8, Q9, Q10) ne présente pas de tendance à l'amélioration.

Soulignons enfin la nette évolution des fréquences de quantification des molécules de la famille des phytosanitaires dans les eaux souterraines depuis 2013. Les pratiques agricoles étant relativement stables sur cette période, ces résultats doivent être mis en perspective avec les améliorations constantes des performances analytiques des laboratoires qui sont capables de quantifier des concentrations de plus en plus faibles.