

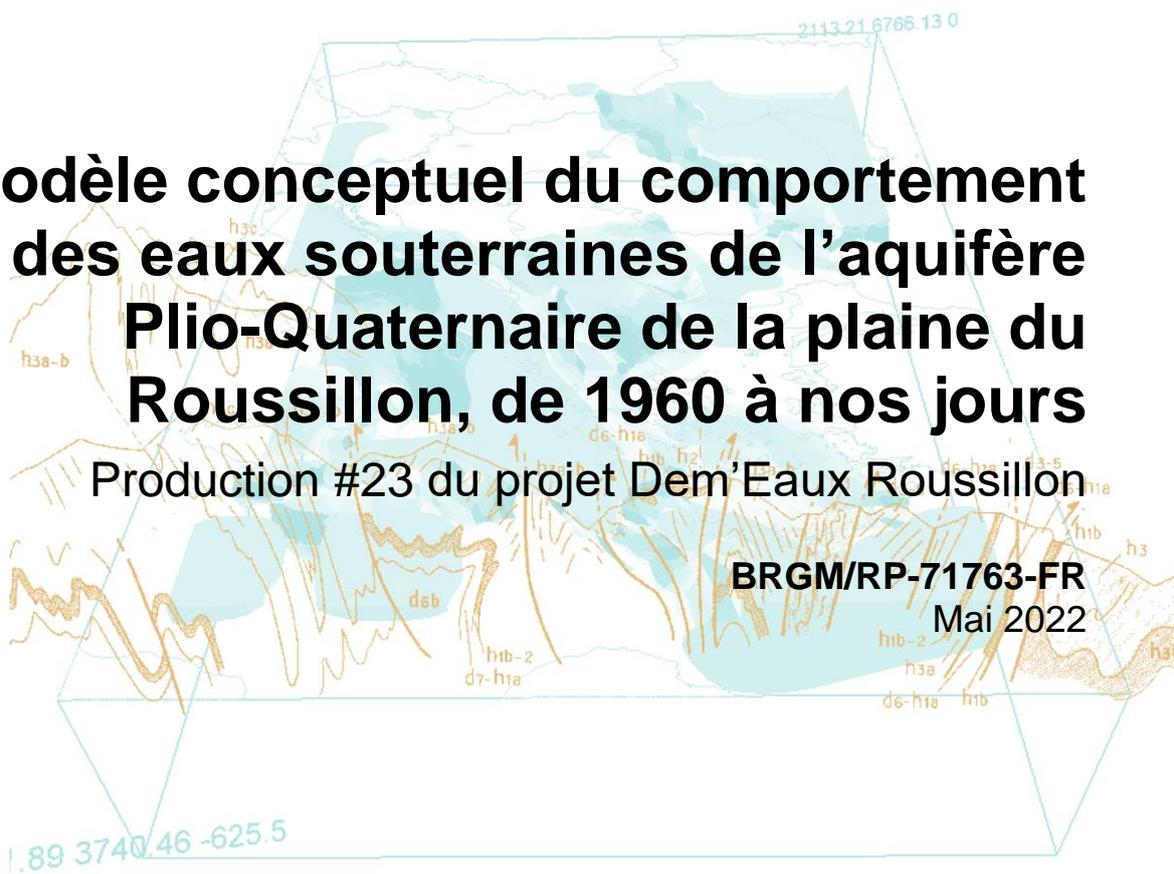


# Modèle conceptuel du comportement des eaux souterraines de l'aquifère Plio-Quaternaire de la plaine du Roussillon, de 1960 à nos jours

Production #23 du projet Dem'Eaux Roussillon

BRGM/RP-71763-FR

Mai 2022





# Modèle conceptuel du comportement des eaux souterraines de l'aquifère Plio-Quaternaire de la plaine du Roussillon, de 1960 à nos jours

Production #23 du projet Dem'Eaux Roussillon

BRGM/RP-71763-FR

Mai 2022

Étude réalisée avec le concours financier de l'Agence de l'eau RMC, de la Région Occitanie Pyrénées-Méditerranée, de l'Etat, de l'Europe, de Perpignan Méditerranée Métropole et du Département des Pyrénées-Orientales



Caballero, Y., Ladouche, B. Dewandel, B.

## Vérificateur :

Nom : Jean-Christophe Maréchal

Fonction : RU DEPA/NRE

Date : 25/04/2022

Signature :

## Approbateur :

Nom : Ariane Blum

Fonction : Directrice Régionale Occitanie

Date : 19/05/2022

Signature :

Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : [qualite@brgm.fr](mailto:qualite@brgm.fr)

**Mots-clés** : Eau souterraine ; Piézométrie ; Géochimie ; Modèle conceptuel ; Pyrénées Orientales ; Plaine du Roussillon.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Caballero Y., Ladouche B., Dewandel B., (2022) – Modèle conceptuel du comportement des eaux souterraines de l'aquifère Plio-Quaternaire de la plaine du Roussillon, de 1960 à nos jours. Production #23 du projet Dem'Eaux Roussillon, BRGM/RP- 71763 -FR, 111 p., 73 fig., 2 ann.,(48 fig)

## Synthèse

Le projet Dem'Eaux Roussillon<sup>1</sup> (2016-2021) s'est fixé pour objectif l'amélioration de la compréhension et la modélisation du comportement des eaux souterraines s'écoulant dans les formations Quaternaires et Pliocènes de la Plaine du Roussillon (Caballero et al., 2022). Pour y parvenir, une approche pluridisciplinaire associant géologie, hydrogéologie, hydraulique, hydrologie, géophysique, dynamique sédimentaire du littoral, économie, sociologie et informatique a été mise en œuvre.

Le travail présenté dans ce rapport a consisté à recenser les données hydrodynamiques et géochimiques que l'on a pu trouver dans la littérature, à l'échelle de la plaine du Roussillon, au cours des 60 dernières années et à les analyser pour proposer un modèle conceptuel du fonctionnement hydrogéologique de l'ensemble de l'hydrosystème.

Le comportement de l'hydrosystème du Plio-Quaternaire du Roussillon sur les 60 dernières années a ainsi été décrit au travers de données piézométriques et hydrodynamiques construites pour différentes périodes et qui mettent en évidence :

- une relative stabilité des niveaux de nappe au sein des formations Quaternaires, sauf en bordure côtière (Barcarés, Tech) où le niveau piézométrique passe sous le niveau de la mer en période estivale ;
- un abaissement de l'ordre de 8 m du niveau des nappes dans les formations Pliocènes, sans pour autant perturber un flux orienté en direction de la mer qui limite le risque d'intrusion d'eau de mer latéralement ;
- Des caractéristiques hydrodynamiques spécifiques à chaque formation, que l'on a pu décrire de manière spatialisée et qui montrent que le Pliocène est 10 fois moins transmissif que le Quaternaire, tout présentant des horizons perméables d'extension ou connectés les uns aux autres sur des distances plurikilométriques, au contraire du Quaternaire qui présente des horizons perméables d'extension kilométrique ou infra-kilométrique. Un modèle de perméabilité en 3D est proposé à partir de l'interprétation des données de transmissivité et de la longueur des forages et des niveaux crépinés. L'emmagasinement dans le Quaternaire est de l'ordre de 1% en moyenne (pouvant localement atteindre 10%) alors qu'il est de l'ordre de  $10^{-4}$ , typique d'un aquifère captif, dans le Pliocène ;
- L'exploitation des eaux souterraines depuis les années 1960 a provoqué une diminution des flux sortants des formations du Pliocène en direction de la mer (sans pour autant les annuler ou les inverser), alors qu'ils semblent stables au sein du Quaternaire ;
- Les cours d'eau qui, dans leur partie aval, étaient alimentés par les nappes du Quaternaire dans les années 1960, sont maintenant en position inverse. C'est également le cas pour les nappes du Pliocène – secteur de la Canterrane. Dans les secteurs où les canaux sont utilisés pour l'irrigation gravitaire (secteurs amont des cours d'eau), c'est toujours les nappes du Quaternaire qui alimentent les cours d'eau ;

---

<sup>1</sup> <https://www.brgm.fr/fr/reference-projet-acheve/dem-eaux-mieux-connaître-volumes-eau-pouvant-etre-prelevés-manière-durable>

Ce comportement a également été analysé à partir des données géochimiques qui ont pu être collectées et analysées pour différentes périodes et qui mettent en évidence :

- Une grande diversité des faciès chimiques pour les eaux du Quaternaire et du Pliocène (globalement de type bicarbonaté calcique ou sulfaté calcique), avec une variabilité des teneurs en Calcium suivant les formations et les secteurs considérés ;
- Suivant les secteurs, des caractéristiques chimiques des eaux du Quaternaire qui montrent l'influence des apports d'eau souterraine des karsts, la proximité des eaux saumâtres (étangs, mer), les apports des cours d'eau ou des canaux d'irrigation et ce, dès les années 1960. Cette situation semble perdurer jusqu'à aujourd'hui ;
- La minéralisation des eaux dans les formations du Pliocène est variable dans l'espace et dans le temps, avec des diminutions des teneurs en chlorures dans certains secteurs (Têt, Canterrane aval) et une augmentation dans d'autres (Salanque). Une pollution diffuse chronique en nitrates s'observe dans les eaux des formations du Quaternaire qui peut localement impacter également les formations du Pliocène, dans les secteurs sous-couverture du Quaternaire (problème de drainance et/ou d'ouvrages défectueux). Des analyses tendanciennes des teneurs en certains éléments ont ainsi été réalisées pour un grand nombre d'ouvrages de la plaine du Roussillon, qui permettent d'illustrer ces évolutions ;
- Les processus d'interaction eau-roche et de mélange entre eau douce et eau de mer ont été étudiés en détail et ont conduit à mettre en évidence un processus d'échange d'ions associé au phénomène de drainance provoqué par les pompages dans les formations du Pliocène, qui met en contact l'eau souterraine des formations du Quaternaire avec les formations argileuses du Pliocène ;

Sur la base de tous ces résultats, un modèle conceptuel du comportement de l'hydrosystème est proposé qui souligne l'influence prépondérante de la drainance sous l'effet des pompages, sur les conditions de recharge des formations du Pliocène. Le flux de drainance en provenance du Quaternaire provoqué par les pompages dans le Pliocène est ainsi susceptible d'alimenter une partie non négligeable de la ressource pompée au bout d'une centaine de jours de pompage. Les canaux d'irrigation représentent un facteur de recharge très important pour les formations du Quaternaire, pendant les périodes d'irrigation. Sous l'effet de la drainance, ils contribuent donc indirectement à la recharge des formations du Pliocène. Ces constats permettent d'affirmer qu'il ne semble pas y avoir, à ce stade des connaissances, de risque majeur d'intrusion saline dans les formations du Pliocène, par arrivée latérale d'eau salée, en provenance de la mer. Si un risque de salinisation des eaux du Pliocène existe, il est probablement lié en premier lieu à l'infiltration d'eau salée en provenance du Quaternaire, sous l'effet de la drainance provoquée par les pompages dans le Pliocène. Le maintien d'une ressource en eau souterraine de bonne qualité dans les formations du Quaternaire pourrait ainsi représenter la meilleure manière de limiter le risque d'intrusion saline dans les formations du Pliocène, tout en optimisant l'exploitation de sa ressource en eau souterraine.

## Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Cartes piézométriques de la plaine du Roussillon, estimations des propriétés dynamiques et des flux .....</b>	<b>13</b>
2.1. DONNEES DISPONIBLES .....	13
2.2. CARTES PIEZOMETRIQUES DANS LE QUATERNAIRE .....	14
2.3. CARTES PIEZOMETRIQUES DANS LE PLIOCENE .....	20
2.4. FLUX DE DRAINANCE ENTRE LE QUATERNAIRE ET LE PLIOCENE .....	26
2.5. PROPRIETES HYDRODYNAMIQUES DU QUATERNAIRE ET DU PLIOCENE	28
2.5.1. Transmissivité du Quaternaire et du Pliocène .....	28
2.5.2. Emmagasinement du Quaternaire et du Pliocène .....	32
2.5.3. Essai d'estimation d'un champ de perméabilité 3-D dans le Pliocène .....	36
2.5.4. Comportements hydrodynamiques dans le Pliocène .....	41
2.6. FLUX AUX LIMITES DES AQUIFERES ET AU NIVEAU DES COURS D'EAU PRINCIPAUX .....	44
2.6.1. Flux aux limites des aquifères .....	44
2.6.2. Flux au niveau des cours d'eau principaux .....	48
<b>3. Bilan et valorisations des données géochimiques de la plaine du Roussillon.</b>	<b>55</b>
3.1. CONSTRUCTION DE LA BASE DE DONNEES DU PROJET DEM'EAUX ROUSSILLON	56
3.1.1. Base de données géochimiques .....	56
3.1.2. Recensement des informations par périodes en vue de la création des cartes d'évolutions spatiales .....	58
3.2. CARACTERISATION DE L'ETAT GEOCHIMIQUE DE REFERENCE (PERIODE 1961-1963) DES DIFFERENTES ENTITEES HYDROGEOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE	60
3.2.1. Entités hydrologiques de la zone d'étude et faciès chimiques des eaux ..	60
3.2.2. Analyses statistiques descriptives des paramètres chimiques des eaux échantillonnées entre 1961 et 1963 (période de référence) .....	62
3.2.3. Evolution spatiale de la qualité des eaux du quaternaire du Pliocène (Période de référence : 1961-1963) .....	67
3.3. CARTES D'EVOLUTIONS SPATIO-TEMPORELLES DE LA QUALITE DES EAUX DU QUATERNAIRE ET DU PLIOCENE DEPUIS LES ANNEES 1960 .....	71
3.3.1. Evolutions spatio-temporelles de la qualité des eaux du quaternaire depuis les années 1960 .....	71

3.3.2. Evolutions spatio-temporelles de la qualité des eaux du pliocène depuis les années 1960. ....	72
3.4. CARTES D'EVOLUTIONS DES TENEURS EN NITRATE MESUREES SUR LA PERIODE 1995-1996 .....	77
3.5. TENDANCE D'EVOLUTION DES PARAMETRES CHIMIQUES (CHLORURE, SULFATE ET CONDUCTIVITE ELECTRIQUE).....	78
3.6. PROCESSUS GEOCHIMIQUES DANS LES EAUX DU PLIOCENE REVELES PAR LES ELEMENTS MAJEURS .....	87
3.6.1. Processus de minéralisation par interaction eau-roche .....	89
3.6.2. Processus d'absorption sur les minéraux argileux, oxydes et/ou matière organique	89
3.6.3. Processus géochimiques impliquant le soufre .....	90
<b>4. Modèle conceptuel : synthèse .....</b>	<b>99</b>
4.1. INFLUENCE DES POMPAGES SUR LA RECHARGE DU PLIOCENE .....	99
4.2. INFLUENCE DES CANAUX ET DES POMPAGES SUR LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES DANS LE PLIOCENE .....	101
4.3. CONSEQUENCES SUR LE RISQUE D'INTRUSION SALINE DANS LES FORMATIONS DU PLIOCENE .....	103
<b>5. Conclusions .....</b>	<b>107</b>
<b>6. Bibliographie .....</b>	<b>111</b>

## Liste des figures

Figure 1 : carte piézométrique du Quaternaire, années 1960.....	16
Figure 2 : carte piézométrique du Quaternaire – Salanques uniquement, Mai 1987. Point : mesures (n=211). Bleu : cours d'eau. Isovaleurs tous les 10 mètres (mNGF). Insert : variogramme de la profondeur du niveau piézométrique, modèle : sphérique (var. : 4,5 ; portée : 3 900 m) +effet pépité (var. : 0,2). Carte sur maillage de 200x200m. ....	17
Figure 3 : carte piézométrique du Quaternaire – Salanques uniquement, Septembre 1987. Point : mesures (n=206). Bleu : cours d'eau. Isovaleurs tous les 10 mètres (mNGF). Insert : variogramme de la profondeur du niveau piézométrique, modèle : sphérique (var. : 4,95 ; portée : 4 300 m) +effet pépité (var. : 0,2). Carte sur maillage de 200x200m. ....	18
Figure 4 : carte piézométrique du Quaternaire, Août 2012. ....	19
Figure 5 : carte piézométrique du Quaternaire, Avril 2013. Point : mesures (n=77). Bleu : cours d'eau. Isovaleurs tous les 10 mètres (mNGF). Insert : variogramme de la profondeur du niveau piézométrique, modèle : exponentiel (var. : 3, 2 ; portée : 2 200 m). Carte sur maillage de 200x200m.....	20
Figure 6 : carte piézométrique du Pliocène, années 1960.....	22

Figure 7 : carte piézométrique du Pliocène, Déc.1989-Mars 1990.....	23
Figure 8 : carte piézométrique du Pliocène, Août 2012.....	24
Figure 9 : carte piézométrique du Pliocène, Avril 2013.....	25
Figure 10 : carte de différence de niveaux piézométriques à l'étiage entre 1989-1990 et les années 1960 (à gauche), env. -5 - -4 m, et entre Août 2012 et 1989-1990 (à droite), env. -4 - -3 m.....	26
Figure 11 : flux de drainage verticale entre le Quaternaire et le Pliocène, années 1960 (étiage), août 2012 (étiage) et avril 2013 (hautes eaux), >0 flux du Quaternaire vers le Pliocène (tons bleus) et <0 du Pliocène vers le Quaternaire (tons beige-marron). .....	28
Figure 12 : distribution des transmissivités (en Log). Gauche : Quaternaire (n=127), droite : Pliocène (n=279).....	29
Figure 13 : carte de transmissivité (en Log) de l'aquifère du Quaternaire. Points : estimations (n=127). Insert : variogramme du Log de la transmissivité, modèle : exponentiel (var. : 0,485 ; portée : 1 350 m) +effet pépité (var. : 0,06). Carte sur maillage de 500x500m.....	30
Figure 14 : carte de transmissivité (m <sup>2</sup> /s) de l'aquifère du Quaternaire.....	31
Figure 15 : carte de transmissivité (en Log) de l'aquifère du Pliocène. Points : estimations (n=279). Insert : variogramme du Log de la transmissivité, modèle : sphérique (var. : 0,085 ; portée : 12 000 m) +effet pépité (var. : 0,105). Carte sur maillage de 500x500m.....	31
Figure 16 : carte de transmissivité (m <sup>2</sup> /s) de l'aquifère du Pliocène.....	32
Figure 17 : distribution des emmagasineurs (en Log). Gauche : Quaternaire (n=32), droite : Pliocène (n=62).....	33
Figure 18 : carte d'emmagasinement (en Log) de l'aquifère du Quaternaire. Points : estimations (n=32). Carte sur maillage de 1000x1000m.....	34
Figure 19 : carte d'emmagasinement (en Log) de l'aquifère du Pliocène. Points : estimations (n=62). Carte sur maillage de 1000x1000m.....	34
Figure 20 : carte d'emmagasinement de l'aquifère du Quaternaire. Points : estimations (n=32). Carte sur maillage de 1000x1000m.....	35
Figure 21 : carte d'emmagasinement de l'aquifère du Pliocène. Points : estimations (n=62). Carte sur maillage de 1000x1000m.....	35
Figure 22 : carte de perméabilité globale de l'aquifère du Pliocène (Pliocène continental et marin confondus). Points : estimations (n=238). Carte sur maillage de 1000x1000m. Insert : variogramme du Log de la perméabilité, modèle : sphérique (var. : 0,19 ; portée : 10 000 m) +effet pépité (var. : 0,1), et distribution du Log de la perméabilité... 36	36
Figure 23 : distribution verticale de la perméabilité au sein du Pliocène (Pliocène continental et marin confondus). a) ensemble des données disponibles (n=183), b) perméabilité moyenne par intervalles d'épaisseur (tous les 50 ou 25 m suivant le nombre de données) et c) données disponibles par intervalle (en %). ....	38
Figure 24 : statistiques et variogrammes des données de perméabilité du Pliocène sur différents intervalles d'épaisseur : 0-50 m (n=55), 50-75 (n=164), 75-100 m (n=132), 100-125 m (n=111), 125-150 m (n=80) et 150 -200 m (n=39).....	39
Figure 25 : cartes de perméabilité du Pliocène sur différents intervalles d'épaisseur : 0-50 m (n=55), 50-75 (n=164), 75-100 m (n=132), 100-125 m (n=111), 125-150 m (n=80) et 150 - 200 m (n=39). La figure précédente présente les variogrammes qui ont été utilisés pour l'établissement de chaque carte. Maillage : 1 000x1 000 m. ....	40
Figure 26 : comportements hydrodynamiques dans le Pliocène. Sont encadrés en rouge les essais pour lesquels des effets de limites ont été identifiés. 2 lim.// : deux limites étanches	

parallèles, 2L : distance entre ces deux limites. Fond de carte : perméabilité moyenne du Pliocène (en Log), en gris la limite du Quaternaire.....	42
Figure 27 : valeurs de perméabilité des niveaux semi-perméables dans le Pliocène (pour un niveau d'épaisseur unitaire). Valeurs en Log, n.d. : absence de donnée (essai trop court). Fond de carte : perméabilité moyenne du Pliocène (en Log), en gris la limite du Quaternaire.....	43
Figure 28 : calculs des flux entrants et sortants (en m <sup>3</sup> /s) aux limites de l'aquifère du Pliocène. Etiages années 1960 et 1990, août 2012 et avril 2013. Sont également représentés les cartes piézométriques et les points qui ont servi à leur établissement ; ces informations permettent de juger de la qualité des calculs de flux. Ces cartes sont disponibles en format plus grand à l'Annexe 1.....	45
Figure 29 : calculs des flux entrants et sortants (en m <sup>3</sup> /s) aux limites de l'aquifère du Quaternaire. Etiage années 1960, mai et septembre 1987, août 2012 et avril 2013. Sont également représentés les cartes piézométriques et les points qui ont servi à leur établissement ; ces informations permettent de juger de la qualité des calculs de flux. Ces cartes sont disponibles en format plus grand à l'Annexe 1.....	46
Figure 30 : flux aux limites du Quaternaire (haut) et du Pliocène (bas) au niveau de la mer et des étangs en Mm <sup>3</sup> /an. Flux entrant: mer → aquifère ; sortant: aquifère → mer. Notons que les valeurs août 2012 et avril 2013 sont peu fiables et que les estimations sur la partie ouest de la plaine sont aussi peu fiables.....	47
Figure 31 : flux au niveau de l'étang du Barcarès, de la Mer entre Barcarès et la Têt, et entre l'étang de Canet et le Tech, pour le Quaternaire (gauche) et le Pliocène (droite) en Mm <sup>3</sup> /an. Flux entrant: mer → aquifère ; sortant: aquifère → mer. Notons que les valeurs août 2012 et avril 2013 sont très peu fiables.....	47
Figure 32 : schéma de calcul pour les flux sous les cours d'eau. Ici les flux horizontaux sont négligés.....	49
Figure 33 : calculs des flux entrants et sortants (en m <sup>3</sup> /s) au niveau des cours d'eau pour l'aquifère du Pliocène (Réart amont). Etiages années 1960 et 1990, août 2012 et avril 2013. Sont également représentés les cartes piézométriques et les points qui ont servi à leur établissement ; ces informations permettent de juger de la qualité des calculs de flux.....	50
Figure 34 : calculs des flux entrants et sortants (en m <sup>3</sup> /s) au niveau des cours d'eau pour l'aquifère du Quaternaire (Agly, Têt, Tech, Réart aval). Etiage années 1960, mai et septembre 1987, août 2012 et avril 2013. Sont également représentés les cartes piézométriques et les points qui ont servi à leur établissement ; ces informations permettent de juger de la qualité des calculs de flux.....	51
Figure 35 : évolution des flux au niveau des cours d'eau du Pliocène (amont du Réart ; en Mm <sup>3</sup> /an). Notons que les valeurs août 2012 et avril 2013 sont très peu fiables. Flux sortant : le cours d'eau alimente la nappe, flux entrant : la nappe alimente le cours d'eau.....	52
Figure 36 : évolution des flux au niveau des cours d'eau du Quaternaire. De haut en bas : Agly, Têt, Réart, Tech (en Mm <sup>3</sup> /an). Notons que les valeurs Têt amont 1960, Tech amont (toutes les années) sont très peu fiables. La partition amont-aval pour la Têt et le Tech correspond approximativement aux moitiés de cours d'eau dans la plaine. Flux sortant : le cours d'eau alimente la nappe, flux entrant : la nappe alimente le cours d'eau.....	53
Figure 37. Schéma explicatif de la procédure de compilation de la base de données Dem'Eaux Roussillon.....	56
Figure 38. Recensement des données disponibles dans ADES sur les 308 ouvrages de la zone d'étude (extraction ADES du 29/01/2019).....	57

Figure 39. Recensement des données disponibles sur les éléments majeurs dans la base de données géochimiques constituées dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon .....	58
Figure 40. Bilan des données chimiques disponibles pour chacune des périodes sélectionnées.	59
Figure 41. Localisation des entités hydrogéologique de la zone d'étude. ....	60
Figure 42. Diagrammes de piper des eaux des différentes entités hydrogéologiques du quaternaire. ....	61
Figure 43. Diagrammes de piper des eaux des eaux du pliocène. ....	62
Figure 44. Statistiques descriptives (Box Plot) de la conductivité électrique des eaux des différentes entités hydrogéologique de la zone d'étude, (periode 1961-1963, calculé à partir des données des thèses de Dazy (1961), Biscaldi (1964), Patternot (1964), Got (1965) et Gadel (1966). ....	65
Figure 45. Statistiques descriptives (Box Plot) des teneurs en chlorure (Cl) des eaux des différentes entités hydrogéologiques de la zone d'étude, (periode 1961-1963), calculée à partir des données des thèses de Dazy (1961), Biscaldi (1964), Patternot (1964), Got (1965) et Gadel (1966) .....	65
Figure 46. Statistiques descriptives (Box Plot) des teneurs en sulfate (SO <sub>4</sub> ) des eaux des différentes entités hydrogéologiques de la zone d'étude, (periode 1961-1963), calculée à partir des données des thèses de Dazy (1961), Biscaldi (1964), Patternot (1964), Got (1965) et Gadel (1966) .....	66
Figure 47. Statistiques descriptives (Box Plot) des teneurs en calcium (Ca) des eaux des différentes entités hydrogéologiques de la zone d'étude, (periode 1961-1963), calculée à partir des données des thèses de Dazy (1961), Biscaldi (1964), Patternot (1964), Got (1965) et Gadel (1966) .....	66
Figure 48. Evolution spatiale de conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C) des eaux du quaternaire et du pliocène (periode de référence : 1961-1963). ....	67
Figure 49. Evolution spatiale des teneurs en Chlorure (Cl en mg/l) des eaux du quaternaire et du pliocène (periode de référence : 1961-1963). ....	68
Figure 50. Evolution spatiale des teneurs en sulfate (SO <sub>4</sub> en mg/l) des eaux du quaternaire et du pliocène (periode de référence : 1961-1963). ....	69
Figure 51. Evolutions de la conductivité électrique des eaux du quaternaire depuis les années 1960. ....	71
Figure 52. Evolutions de la conductivité électrique des eaux du pliocène depuis les années 1960. ....	73
Figure 53. Evolutions des teneurs en chlorure des eaux du pliocène depuis les années 1960. ....	74
Figure 54. Evolutions des teneurs en sulfate des eaux du pliocène depuis les années 1960....	75
Figure 55. Evolutions du rapport Ca/Cl des eaux du pliocène depuis les années 1960.....	76
Figure 56. Carte d'évolution spatiale des teneurs en nitrate des eaux du quaternaire et du pliocène en periode de basses eaux (aout 1995) et suite à une periode de recharge (Novembre 1996).....	77
Figure 57. Exemple de fiche de synthèse produite par l'outil Qualistat/Hype.....	79
Figure 58. Carte d'évolution des tendances Man Kendall des chlorures des eaux du pliocène calculées par l'outil Qualistat/Hype (les périodes d'analyse dépendent de l'historique de chaque point). ....	80
Figure 59. Carte d'évolution des tendances Man Kendall des sulfates des eaux du pliocène calculées par l'outil Qualistat/Hype.....	81

Figure 60. Carte d'évolution des tendances Man Kendall de la conductivité électrique des eaux du pliocène calculées par l'outil Qualistat/Hype. Zoom sur le secteur du Barcares(Le) et Saint-Laurent-de-la-Salanque.....	83
Figure 61. Carte d'évolution des tendances Man Kendall des teneurs en chlorures des eaux du pliocène calculées par l'outil Qualistat/Hype. Zoom sur le secteur du Barcares(Le) et Saint-Laurent-de-la-Salanque.....	84
Figure 62. Evolutions des teneurs en chlorures mesurées aux piézomètres d'observations BarcaN3 [10912X0112] et BarcaN4 [10912X0111] et résultats des calculs statiques produit par l'outil Qualistat/Hype. L'évolution des charges hydrauliques mesurées dans les 2 ouvrages sont également reportées. ....	85
Figure 63. Evolution des teneurs en sodium (Na <sup>+</sup> ) et du rapport molaire Na/Cl des eaux du pliocène en fonction des concentrations en chlorures .....	93
Figure 64. Evolution des paramètres Na-React, SO <sub>4</sub> -React, Mg-React et Ca-React en fonction du pourcentage d'eau de mer (f <sub>sea</sub> ).....	94
Figure 65. Evolution des teneurs en sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) et du rapport molaire SO <sub>4</sub> /Cl des eaux du pliocène en fonction des concentrations en chlorures.....	95
Figure 66. Synthèse de principaux processus géochimiques dans les eaux du pliocène révélés par les éléments majeurs. ....	96
Figure 67. Evolution du paramètre B-React des eaux du pliocène en fonction des paramètres Na-React et Ca_React.....	97
Figure 68 : modélisation de l'effet d'un pompage sur le processus de drainance entre les formations du Quaternaire et du Pliocène, en fonction des caractéristiques hydrodynamiques de ces formations sur la plaine du Roussillon. ....	99
Figure 69 : Schéma conceptuel de l'influence des pompages sur le comportement hydrodynamique au sein des formations du Pliocène.....	100
Figure 70 : Report des teneurs en silice et de la signature isotopique en oxygène 18 de l'ensemble des eaux échantillonnées dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon, dans le contexte géochimique du secteur d'étude. ....	102
Figure 71 : Synthèse sur le rôle des processus de mélange sur les caractéristiques géochimiques de l'ensemble des eaux souterraines échantillonnées dans les formations du Pliocène, à ce jour. ....	104
Figure 72 : Information de datation des eaux souterraines reportées dans le contexte hydrogéologique des aquifères de la plaine du Roussillon (Dewandel et al., 2022). ....	105
Figure 73 : Présentation synthétique des principales caractéristiques et processus qui contrôlent le comportement des eaux souterraines dans les formations de la plaine du Roussillon. Haut gauche : recharge des aquifères ; haut droite : caractéristiques hydrodynamiques ; bas : drainance et risque d'intrusion saline.....	108

## Liste des annexes

Annexe 1 Elements complémentaires du chapitre « Hydrodynamique ».....	115
Annexe 2 Eléments complémentaires du chapitre « Géochimie ».....	133

# 1. Introduction

Le projet Dem'Eaux Roussillon (2016-2021) avait pour objectif l'amélioration de la compréhension et de la modélisation du comportement des eaux souterraines s'écoulant dans les formations Quaternaires et Pliocènes de la Plaine du Roussillon (Caballero et al., 2022). Plusieurs approches ont ainsi été développées en lien avec l'ensemble des disciplines mobilisées par les participants au projet (géologie, hydrogéologie, hydraulique, hydrologie, géophysique, dynamique sédimentaire du littoral, économie, sociologie, informatique).

Le travail présenté dans ce rapport a consisté à recenser l'ensemble des données hydrodynamiques et géochimiques que l'on a pu trouver dans la littérature à l'échelle de la plaine du Roussillon au cours des 60 dernières années et à les analyser en intégrant les nouvelles données acquises dans le cadre du projet.

L'analyse et l'interprétation croisée de ces observations permet de proposer une compréhension améliorée des principaux processus qui contrôlent les écoulements de l'eau souterraine, ses interactions avec les autres masses d'eau en présence (cours d'eau, étangs, mer) et son évolution au cours du temps. Dans un premier temps, les données hydrodynamiques sont analysées et interprétées pour fournir des caractérisations spatialisées des propriétés hydrodynamiques du système. Ensuite, les données géochimiques sont intégrées pour expliquer plus finement les processus de recharge, d'interaction surface-souterrain et l'évolution de l'état qualitatif de la ressource en eau souterraine au cours des 60 dernières années. Pour finir, un modèle conceptuel du fonctionnement du système aquifère du Plio-Quaternaire de la plaine du Roussillon est proposé.



## 2. Cartes piézométriques de la plaine du Roussillon, estimations des propriétés dynamiques et des flux

Un important travail de récupération de données piézométriques a été mené sur l'ensemble des documents techniques et scientifiques ayant trait à la ressource en eau souterraine de la Plaine du Roussillon depuis les années 1960. A partir de ces données, nous avons produit des cartes piézométriques des aquifères du Quaternaire et du Pliocène du Roussillon. Il n'a pas été fait de nouvelles acquisitions à cette fin dans le cadre du projet. En effet, il s'agissait pour nous de valoriser les données anciennes afin d'établir un état piézométrique « initial » ou « naturel » dans les deux aquifères, c'est-à-dire avant la mise en place des pompages dans ces réservoirs et de suivre l'évolution de la situation quantitative des eaux souterraines jusqu'à nos jours. Ensuite, à partir des données disponibles et de la réinterprétation d'essais par pompage, des cartes des propriétés hydrodynamiques (transmissivité, perméabilité, emmagasinement) des aquifères ont été réalisées. Enfin, les cartes piézométriques et les cartes de propriétés ont été utilisées pour évaluer les flux : en limites de aquifères, au niveau des cours d'eau, de drainance, etc...

### 2.1. DONNEES DISPONIBLES

Le Tableau 1 présente les données disponibles pour la réalisation des cartes piézométriques. Les plus anciennes données, correspondant à l'état de référence du système, proviennent des travaux de thèses des années 1961 à 1966 (Dazy, 1961 ; Biscaldi, 1964 ; Patternot, 1964 ; Got , 1965 ; Gadel, 1966). Chacun de ces travaux s'est intéressé à un secteur, ou un sous bassin versant particulier de la plaine du Roussillon, mais il n'a jamais été réalisé de synthèse des données piézométriques à l'échelle de la plaine, tel qui proposé dans ce rapport. On notera que, du fait de la succession des thèses dans le temps, toutes les données n'ont pas été acquises au même moment, voire au cours de la même année. Afin de minimiser les erreurs, seules les données acquises durant les étiages ont été analysées. On suppose donc que durant la période de mesures, les conditions d'étiage sont similaires. Les données piézométriques ont été récupérées à partir des documents papiers (tableau ou cartes). On totalise ainsi 756 mesures piézométriques pour le Quaternaire et 225 pour le Pliocène pour la période « années 1960 ».

Au cours de l'année 1987, deux jeux de données à l'étiage et en condition de hautes eaux (DRAF, 1988) ont été retrouvées mais pour le seul secteur de la Salanques et uniquement pour le Quaternaire (206 à 211 mesures). En 1990, des données piézométriques ont été recueillies sur l'ensemble de la plaine mais pour le Pliocène seul (227 mesures ; Marchal et al., 1990). Puis en 2012, à l'étiage, et en 2013, en hautes eaux, des jeux de données sont disponibles pour les deux aquifères mais avec une densité de mesures beaucoup plus faible (50 à 77 mesures ; Tableau 1 ; Hydiad, 2013).

Ainsi, on dispose de données pour l'établissement de cartes piézométriques à l'échelle de la plaine du Roussillon et pour les deux aquifères pour les années 60 à l'étiage, en 2012 à l'étiage et en 2013 en hautes eaux. D'autres cartes sont disponibles, seulement pour le Pliocène en 1990, et que pour une partie du Quaternaire (Salanques) en 1987 (étiage et hautes eaux).

**Nombre de mesures piézométriques et localisation des secteurs dans le Pliocène**

Nombre mesures	périodes	Source	Secteurs étudiés
101	Fin Juin-Oct.Nov.1961	Dazy, 1961	Bassin Inf. de la Têt
10	Juin-Aout1963	Got, 1965	Salanques
53	Juin-Juill.Oct.1963	Paternot, 1964	Bassin du Réart
22	Oct.-Nov.1963	Gadel, 1966	Corbières Orientales (Bassin de l'Aggly)
39	Juin-Juill.Sept.Oct.Nov.1963	Biscaldi, 1964	Bassin Inf. du Tech
<b>225</b>	<b>Total années 1960</b>		
227	Déc.1989-Mars 1990	Marchal, 1990	Plaine du Roussillon
56	Août 2012	Hydriad, 2013	Plaine du Roussillon
50	Avril 2013	Hydriad, 2013	Plaine du Roussillon

**Nombre de mesures piézométriques et localisation des secteurs dans le Quaternaire**

Nombre mesures	périodes	Source	Secteurs étudiés
138	Fin Juin-Oct.Nov.1961	Dazy, 1961	Bassin Inf. de la Têt
268	Juin-Aout1963	Got, 1965	Salanques
63	Juin-Juill.Oct.1963	Paternot, 1964	Bassin du Réart
85	Oct.-Nov.1963	Gadel, 1966	Corbières Orientales (Bassin de l'Aggly)
202	Juin-Juill.Sept.Oct.Nov.1963	Biscaldi, 1964	Bassin Inf. du Tech
<b>756</b>	<b>Total années 1960</b>		
211	Mai 1987	Dépt.PO (Dir.Dépt. Agri et Forêt), 1988	Salanques
206	Sept. 1987	Dépt.PO (Dir.Dépt. Agri et Forêt), 1988	Salanques
74	Août 2012	Hydriad, 2013	Plaine du Roussillon
77	Avril 2013	Hydriad, 2013	Plaine du Roussillon

Tableau 1 : données disponibles pour l'établissement des cartes piézométriques ; mesures réalisées sur forage et puits (surtout pour le Quaternaire).

## 2.2. CARTES PIEZOMETRIQUES DANS LE QUATERNAIRE

Afin de produire les cartes piézométriques les plus pertinentes possibles, il a été choisi d'utiliser l'outil géostatistique, c'est-à-dire de procéder à une analyse variographique de chaque jeu de données (établissement et modélisation du variogramme), puis d'interpoler les mesures par méthode de krigeage. Par contre, étant donné que l'aquifère du Quaternaire est un aquifère libre, il a été choisi d'interpoler les profondeurs du niveau piézométrique plutôt que les côtes piézométriques (en m NGF). La carte piézométrique a ensuite été obtenue par simple différence au MNT. Cette opération explique le caractère irrégulier des courbes de niveaux. L'avantage de cette méthode est qu'elle contraint le krigeage à la topographie, évitant ainsi de faire passer la piézométrie d'un aquifère libre au-dessus du niveau d'un talweg ou d'une dépression ne contenant pas de cours d'eau. De plus, les principaux cours d'eau (Agly, Têt, Tech, Réart) ont servi à contraindre la carte en imposant au krigeage de passer par leur cote altimétrique. Afin de n'émettre aucune hypothèse sur les échanges Nappe-Etang/Mer aucune condition n'a, par contre, été imposée pour le krigeage. Ceci permettra de visualiser, s'ils s'existent, les secteurs où le niveau piézométrique est en dessous du niveau de la mer et donc les lieux potentiels d'une éventuelle intrusion marine au sein de l'aquifère du Quaternaire.

L'analyse variographique des données de chacune des périodes montrent des variogrammes bien structurés avec des portées s'établissant entre 7 et 8 km dans les années 1960 et pour les autres périodes entre 3 et 4 km, montrant ainsi que dans un rayon de plusieurs kilomètres la donnée est très fortement corrélée et que l'interpolation, dans ce périmètre, est en moyenne fiable. La portée beaucoup plus importante dans les années 1960 est liée à la forte densité et l'importante couverture de la donnée pour cette période de mesures. On notera, ce qui n'est pas une chose courante pour des niveaux d'eau, la présence d'un effet pépité sur les variogrammes (années 1960 et 1987). Il indique, dans un périmètre très proche d'une mesure, une variabilité « importante » de la mesure. Elle s'explique, du moins pour les années 1960, par la composition du jeu de données issu de périodes différentes (par exemple deux valeurs situées à proximité

mais où la mesure a été faite sur deux périodes distinctes donc significativement différente). Elle s'explique aussi pour les deux périodes par la présence, vraisemblablement, de mesures réalisées au niveau de forages ou de puits pompés, ou très proches de ces ouvrages. En quelque sorte, l'effet pépite traduit l'« erreur » de mesure.

Les figures ci-dessous présentent les différentes cartes piézométriques obtenues (Figure 1 à Figure 5). Les secteurs libellés « non fiable » indiquent les zones où les cartes piézométriques, faute de points de mesure, ne sont pas fiables. Les cartes d'écart type associées à ces cartes sont disponibles en annexe.

En règle générale, les cartes piézométriques sont relativement similaires d'une année à l'autre, exceptée à proximité de l'étang du Barcarès où dans les années 60, le niveau dans la nappe est en charge par rapport à celui de l'étang (côte de la nappe > 0 mNGF), puis probablement en raison des pompages dans le Quaternaire, mais aussi dans le Pliocène, le niveau est descendu. Ce phénomène a démarré au moins à partir de 1987, et la situation semble avoir progressé depuis car la côte de la nappe à 0 mNGF a progressé dans les terres (cf. carte de 2012-2013). Concernant le Quaternaire dans la zone aval du Tech, la carte des années 1960 ne montre rien de probant (fort écart type associé : env. 1m), par contre il semble (mais il y a peu de mesures) que dans sa partie sud le niveau 0 mNGF de la nappe ait progressé à l'intérieur des terres en 2012-2013.

Concernant l'aspect dynamique entre hautes et basses eaux, la période 2012-2013 montre un écart moyen de 0,8 m répartie de manière relativement homogène à l'échelle de la plaine. La valeur est très similaire pour leur secteur de la Salanques entre mai et septembre 1987.

#### **Ce qu'il faut retenir :**

- Les données permettent une interpolation fiable,
- Les cartes piézométriques dans le Quaternaire sont, en moyenne, assez comparables, et ne montrent pas, en moyenne de différences significatives entre les années 1960, et 2012-2013, sauf à proximité de l'étang du Barcarès, voire au sud de la partie aval du Tech, où le niveau piézométrique est descendu sous le niveau de la mer (Barcarès : au moins depuis 1987), ce qui de ce fait peut entraîner un risque d'intrusion d'eau saline/saumâtre.

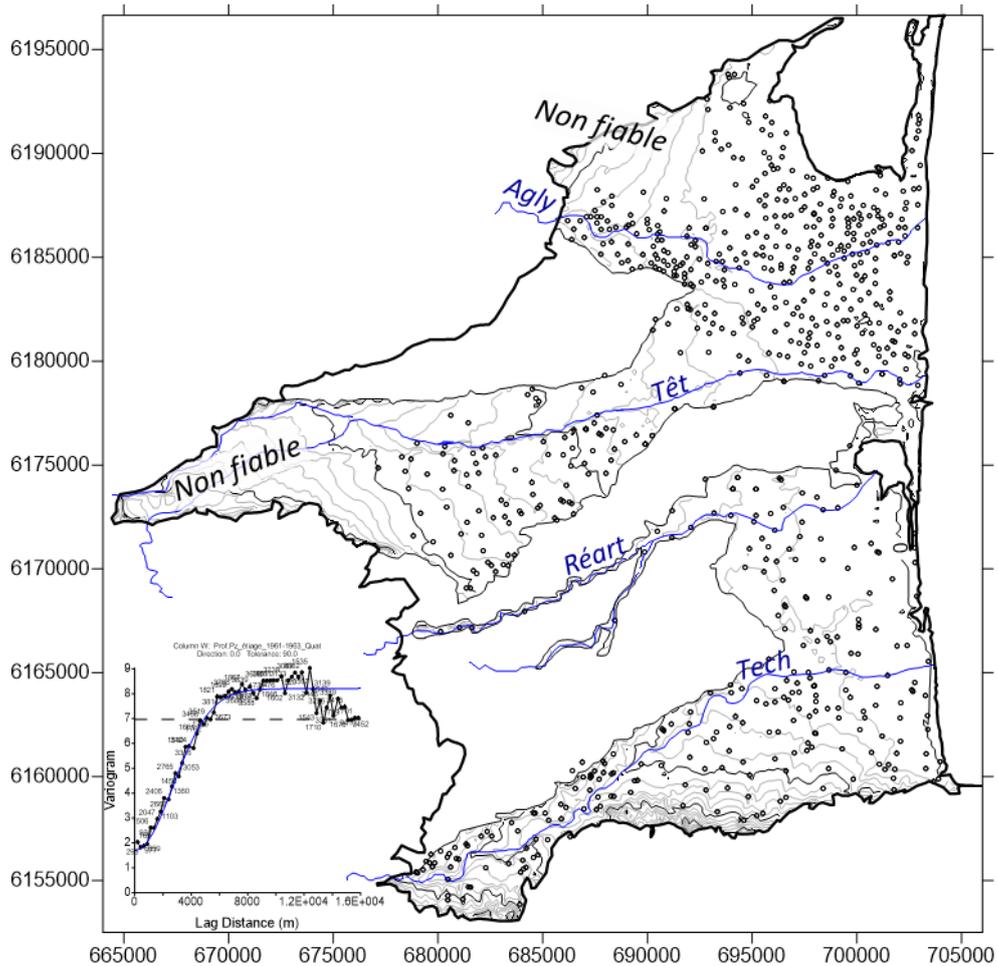


Figure 1 : carte piézométrique du Quaternaire, années 1960.

Point : mesures (n=756). Bleu : cours d'eau. Isovaleurs tous les 10 mètres (mNGF). Insert : variogramme de la profondeur du niveau piézométrique, modèle : Gaussien (var. : 6,7 ; portée : 3 800 m) +effet pépité (var. :1,7). Carte sur maillage de 200x200m.

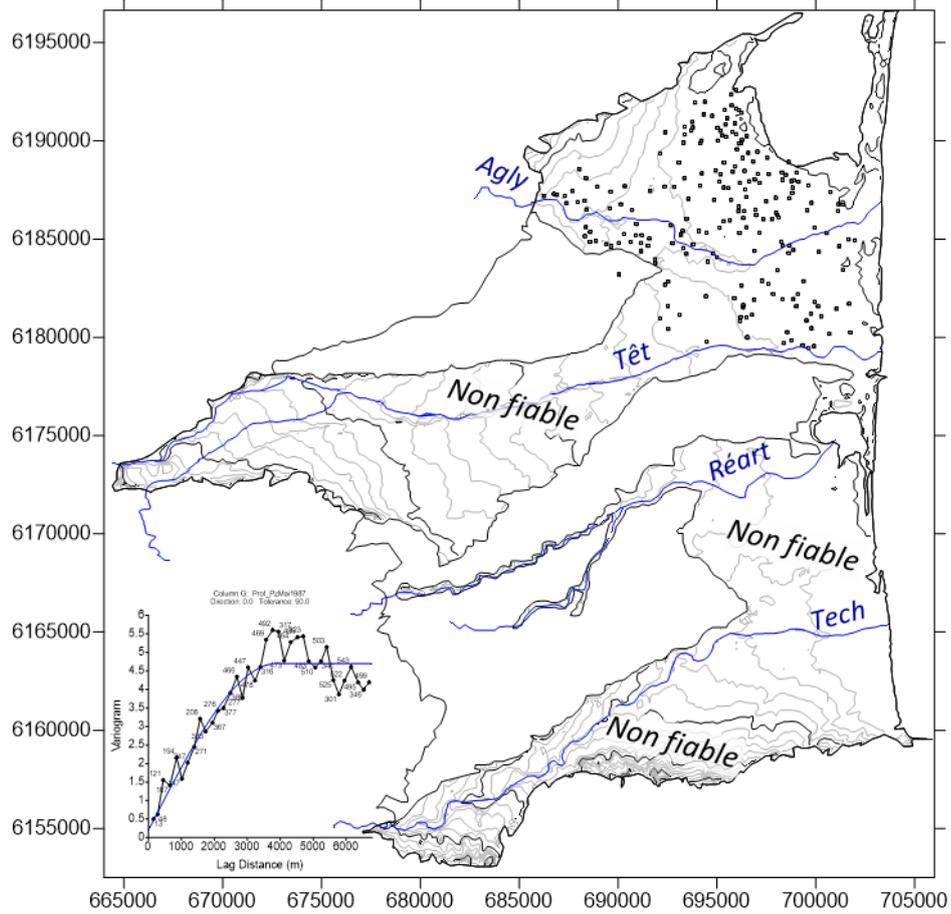


Figure 2 : carte piézométrique du Quaternaire – Salanques uniquement, Mai 1987. Point : mesures (n=211). Bleu : cours d'eau. Isovaleurs tous les 10 mètres (mNGF). Insert : variogramme de la profondeur du niveau piézométrique, modèle : sphérique (var. : 4,5 ; portée : 3 900 m) + effet pépité (var. :0,2). Carte sur maillage de 200x200m.

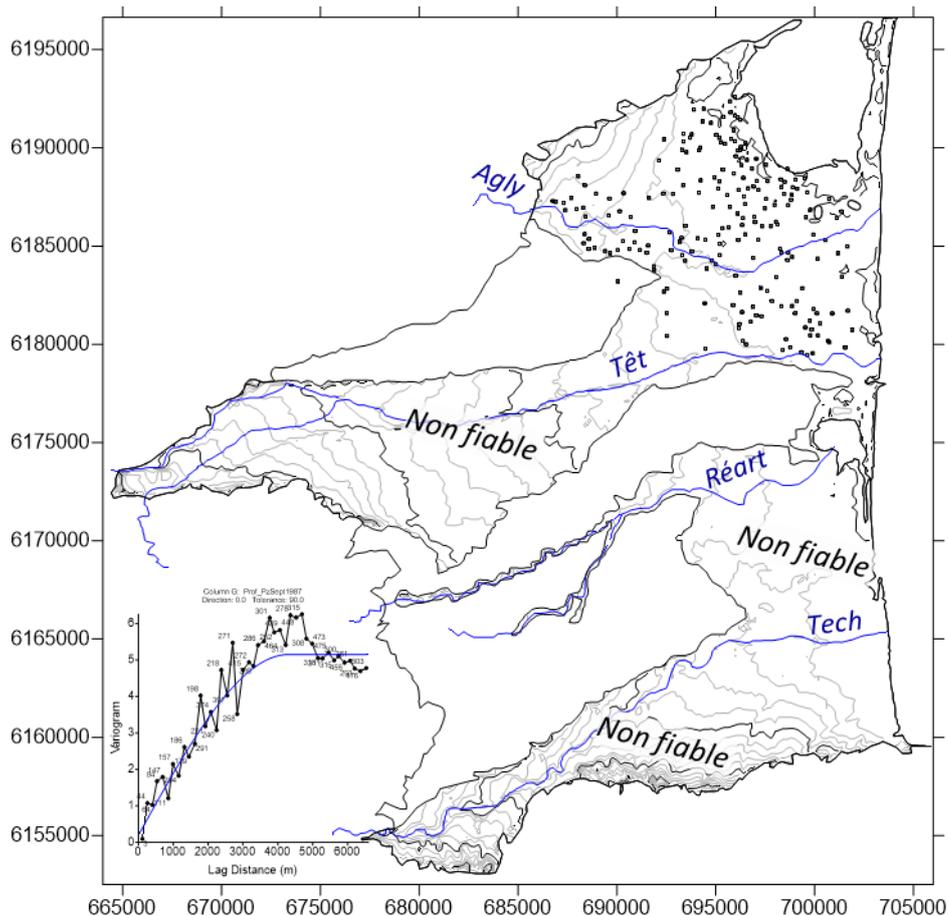


Figure 3 : carte piézométrique du Quaternaire – Salanques uniquement, Septembre 1987. Point : mesures (n=206). Bleu : cours d'eau. Isovaleurs tous les 10 mètres (mNGF). Insert : variogramme de la profondeur du niveau piézométrique, modèle : sphérique (var. : 4,95 ; portée : 4 300 m) +effet pépité (var. : 0,2). Carte sur maillage de 200x200m.

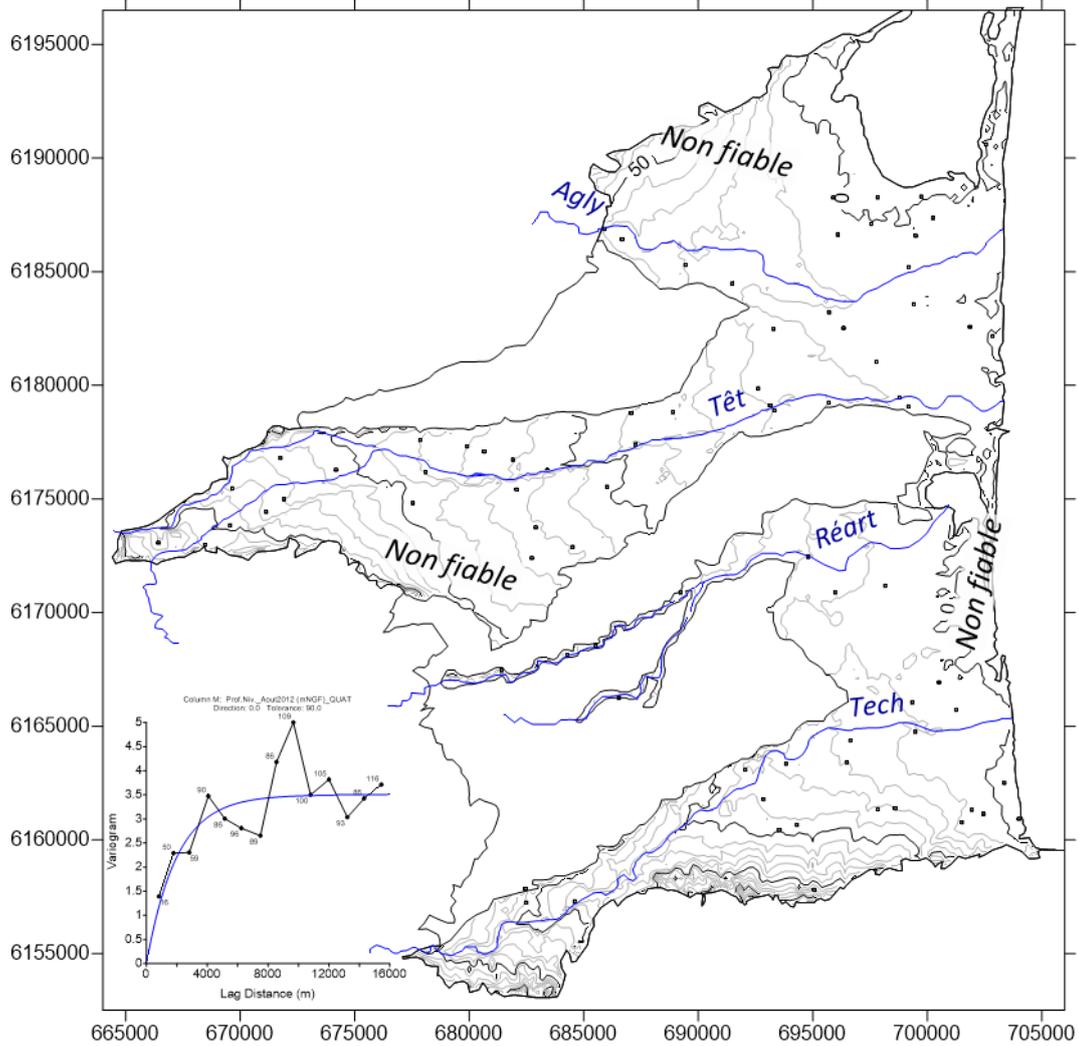


Figure 4 : carte piézométrique du Quaternaire, Août 2012.

Point : mesures (n=74). Bleu : cours d'eau. Isovaleurs tous les 10 mètres (mNGF). Insert : variogramme de la profondeur du niveau piézométrique, modèle : exponentiel (var. : 3,5 ; portée : 2 000 m). Carte sur maillage de 200x200m.

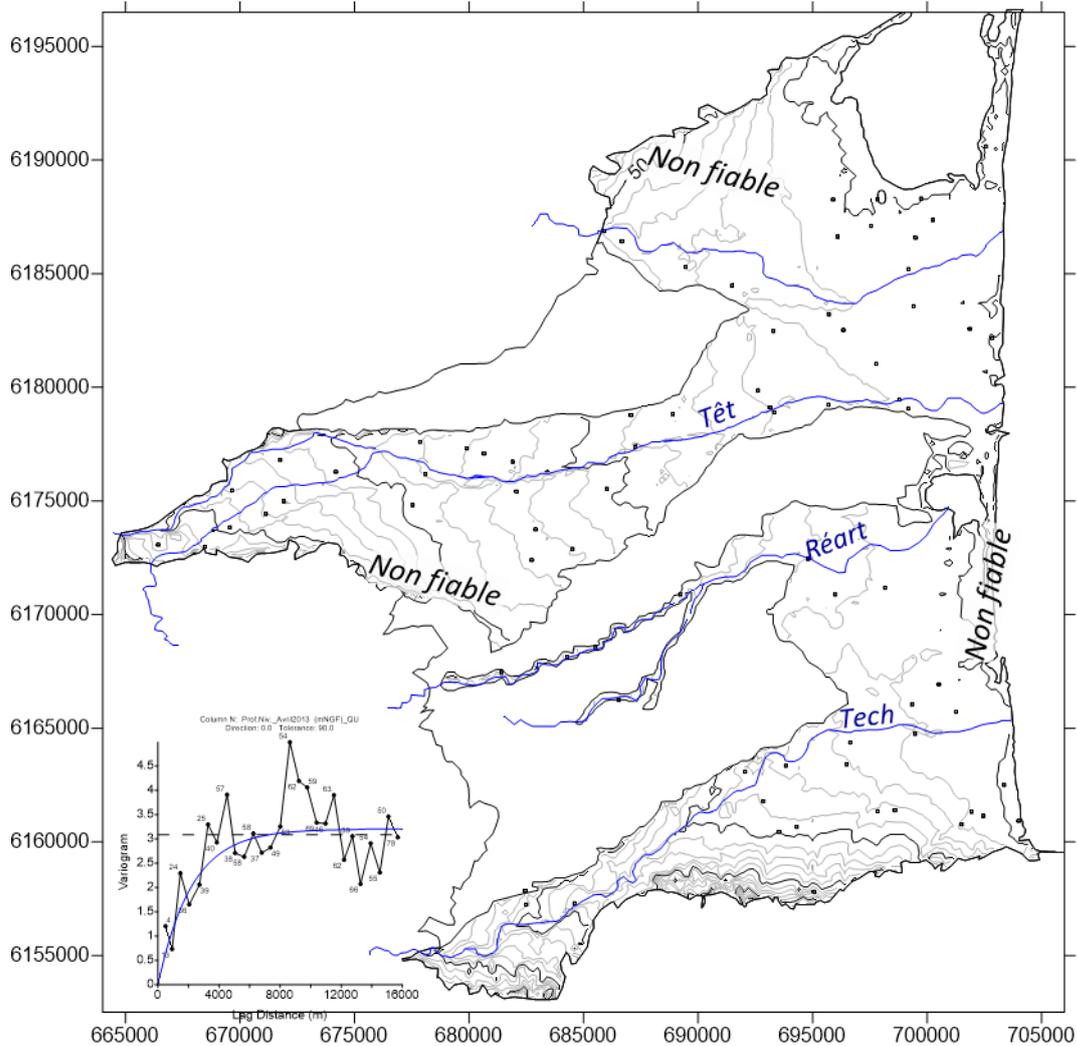


Figure 5 : carte piézométrique du Quaternaire, Avril 2013. Point : mesures (n=77). Bleu : cours d'eau. Isovaleurs tous les 10 mètres (mNGF). Insert : variogramme de la profondeur du niveau piézométrique, modèle : exponentiel (var. : 3, 2 ; portée : 2 200 m). Carte sur maillage de 200x200m.

### 2.3. CARTES PIEZOMETRIQUES DANS LE PLIOCENE

Les cartes produites pour le Pliocène ont, contrairement à celles du Quaternaire, été établies directement à partir des niveaux piézométriques (et non des profondeurs de niveau d'eau) puisque l'aquifère est dans sa majeure partie captif. Concernant les cours d'eau, seul le Réart amont (amont isopièze 50 mNGF, carte années 1960) a servi de contrainte, car dans ce secteur, le cours d'eau coule directement sur le Pliocène. Aucune autre condition n'a été imposée. Les figures ci-dessous présentent les différentes cartes (Figure 6 à Figure 9), les secteurs libellés « non fiable » indiquent les zones où les cartes piézométriques, fautes de points de mesure, ne sont pas fiables. Les cartes d'écart type associées à ces cartes sont disponibles en Annexe 1.

L'analyse variographique des données de chacune des périodes montrent des variogrammes bien structurés avec des portées s'établissant entre 8 et 10 km, indiquant que dans un rayon de près de 10 kilomètres la donnée est très fortement corrélée et que l'interpolation, dans ce périmètre, est en moyenne fiable.

La portée plus importante de la donnée piézométrique dans le Pliocène que dans le Quaternaire suggère une connexion hydraulique très importante à l'échelle de la plaine. Dans le Quaternaire, la connexion hydraulique moins importante, de l'ordre quelques km, peut s'expliquer par la présence des cours d'eau, distants en moyenne de 7-10 km, qui jouent le rôle de barrière hydraulique au sein de cet aquifère (nota : les variogrammes sont réalisés avec les données brutes et ne tiennent pas compte de la présence ou non de cours d'eau). Des effets pépites caractérisent les variogrammes de la piézométrie du Pliocène. Ils sont attribuables soit au fait que les mesures n'ont pas été réalisées sur la même période (cas des années 1960), soit au fait que des mesures ont été réalisées sur des ouvrages exploités (cas de toutes les années). Ce type d'effet, non attendu pour des données piézométriques, traduit en quelque sorte l'« erreur » de mesure. Il est à noter que cette effet est relativement important pour la carte d'août 2012 (valeur : 40 ; Figure 8), indiquant qu'en moyenne l'erreur de la carte interpolée est d'environ  $\pm 6,3$  m ( $\sqrt{40}$ ). Ainsi, les cartes sont assujetties à une erreur importante, introduite par ce phénomène, en particulier à proximité de la mer. La courbe 0 mNGF (secteur Salanques) de la carte d'août 2012 est à considérer avec précaution puisqu'elle est définie avec une erreur de  $\pm 6,3$  m en moyenne, elle est donc probablement exagérée mais elle existe bien dans ce secteur (une autre carte sans effet pépité mais plus bruitée est proposée en Annexe 1). Excepté dans le secteur de la Salanques en août 2012, les autres cartes ne permettent pas de mettre en évidence de manière significative des secteurs à proximité de la mer, ou d'étangs côtiers, où le niveau piézométrique de la nappe du Pliocène serait inférieur à 0 mNGF.

De manière générale, le niveau piézométrique à l'étiage entre les années 1960 et 2012 est descendu d'environ 8 m à l'échelle de la plaine, 4 à 5 mètres entre les années 1960 et 1989-1990 et, 3 à 4 m entre 1989-1990 et août 2012 (Figure 10). Cette baisse est liée à l'exploitation de l'aquifère et, notamment, à l'augmentation des prélèvements sur le Pliocène depuis les années 1960. D'après les cartes d'août 2012 et avril 2013, la remontée de la nappe due à la recharge de l'aquifère est estimée à 3-4 m.

### **Ce qu'il faut retenir :**

- les données permettent une interpolation fiable. Cependant, de forts effets pépité (traduisant une sorte d'erreur sur la donnée) limitent la précision des cartes ;
- les cartes piézométriques dans le Pliocène montrent un abaissement du niveau de la nappe depuis les années 1960, estimé aux environs de 8 m ;
- excepté dans le secteur de la Salanque à l'étiage 2012, aucun secteur où le niveau piézométrique est descendu sous le niveau de la mer n'a été identifié sur les cartes produites. Ceci suggère que des flux sortent de cet aquifère en direction de la mer au sein du Pliocène et qu'il n'y aurait pas, à l'échelle des cartes produites et au droit de la bordure côtière, de secteur favorisant l'intrusion d'eau saline ou saumâtre (excepté secteur Salanques) de manière directe (latéralement). Par contre, d'autres phénomènes, comme la drainance d'aquifères sous- ou sus-jacents (Quaternaire) provoquée par les pompages pourraient en être responsables de manière indirecte (transit d'eau saumâtre via le Quaternaire).

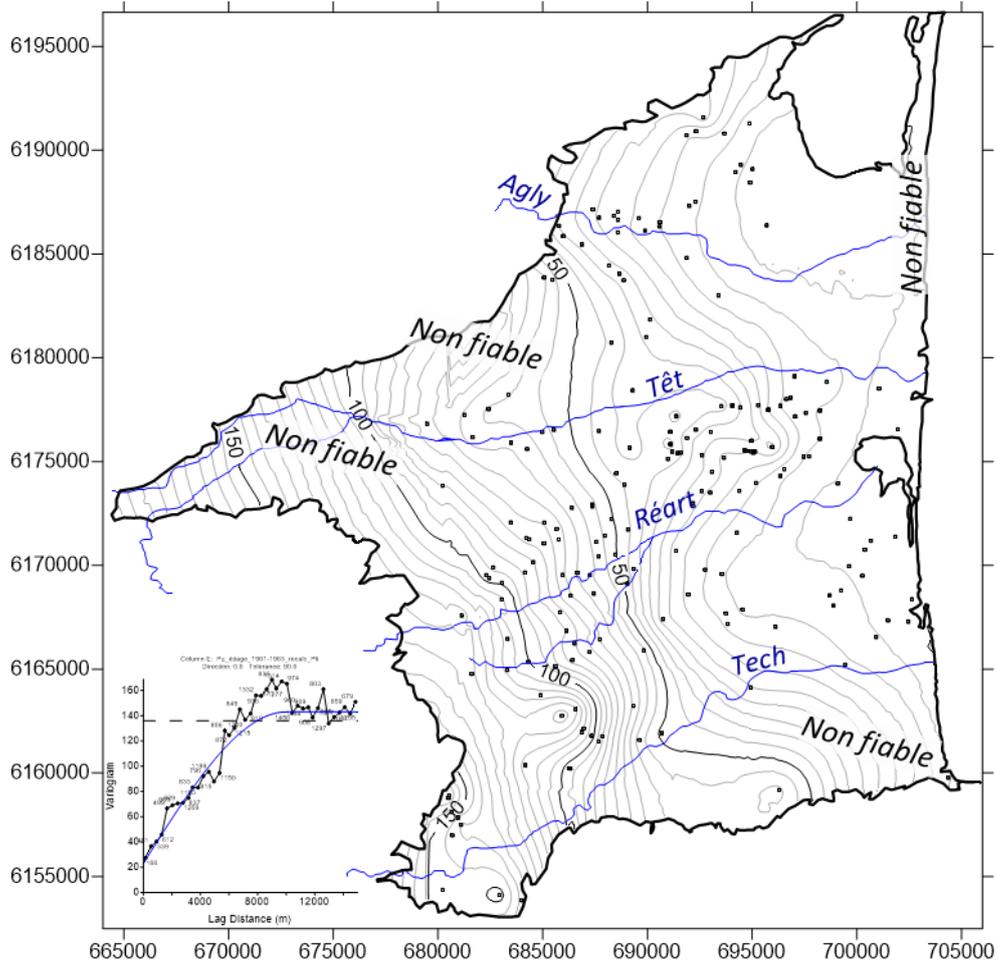


Figure 6 : carte piézométrique du Pliocène, années 1960.

Point : mesures (n=225). Bleu : cours d'eau. Isovaleurs tous les 5 mètres (mNGF). Insert : variogramme du niveau piézométrique, modèle : sphérique (var. : 120 ; portée : 10 000 m) +effet pépité (var. : 23).  
Carte sur maillage de 200x200m.

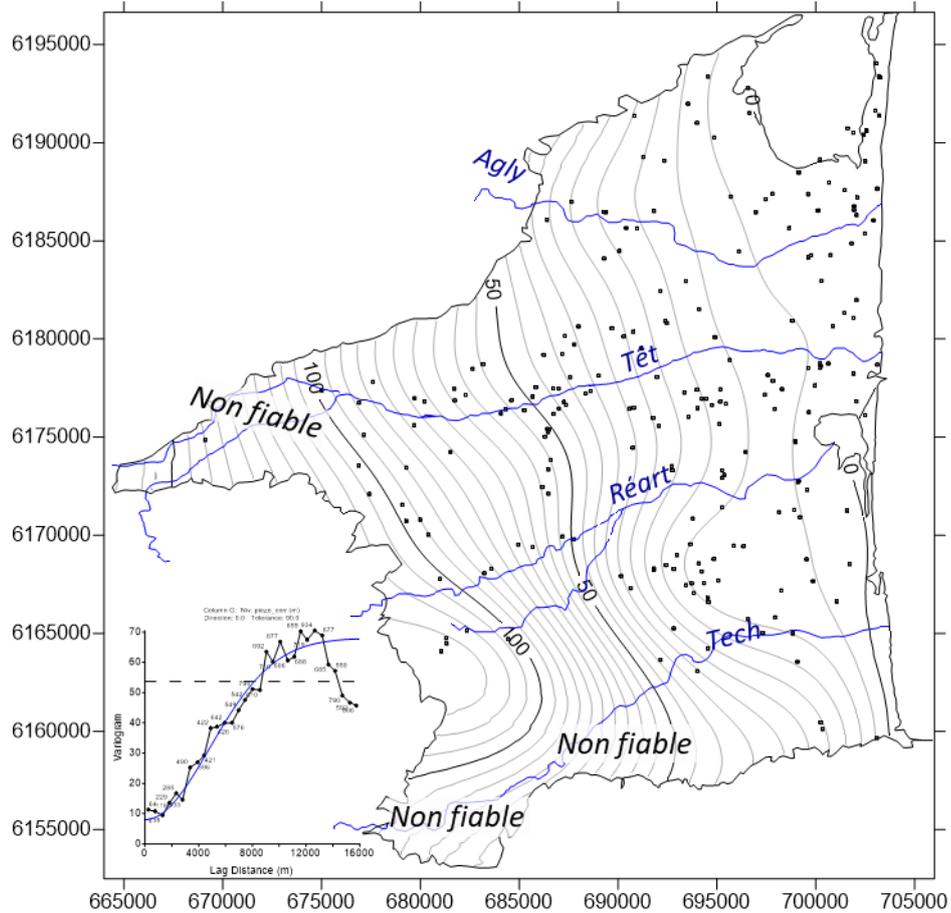


Figure 7 : carte piézométrique du Pliocène, Déc. 1989-Mars 1990.

Point : mesures (n=227). Bleu : cours d'eau. Isovaleurs tous les 5 mètres (mNGF). Insert : variogramme du niveau piézométrique, modèle : gaussien (var. : 60 ; portée : 6 800 m) + effet pépité (var. : 8). Carte sur maillage de 200x200m.

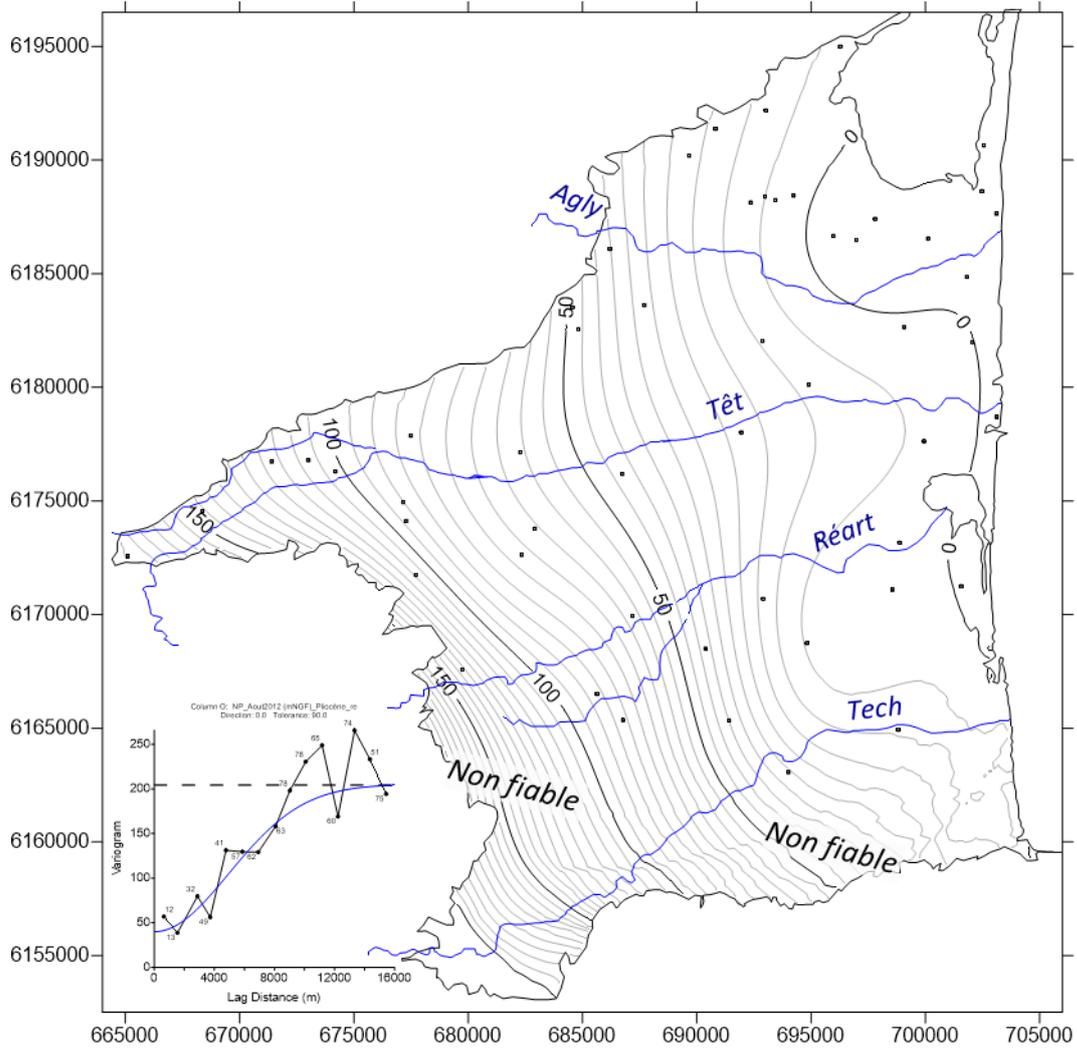


Figure 8 : carte piézométrique du Pliocène, Août 2012.

Point : mesures (n=56). Bleu : cours d'eau. Isovaleurs tous les 5 mètres (mNGF). Insert : variogramme du niveau piézométrique, modèle : gaussien (var. : 165 ; portée : 7 000 m) +effet pépité (var. : 40). Carte sur maillage de 200x200m.

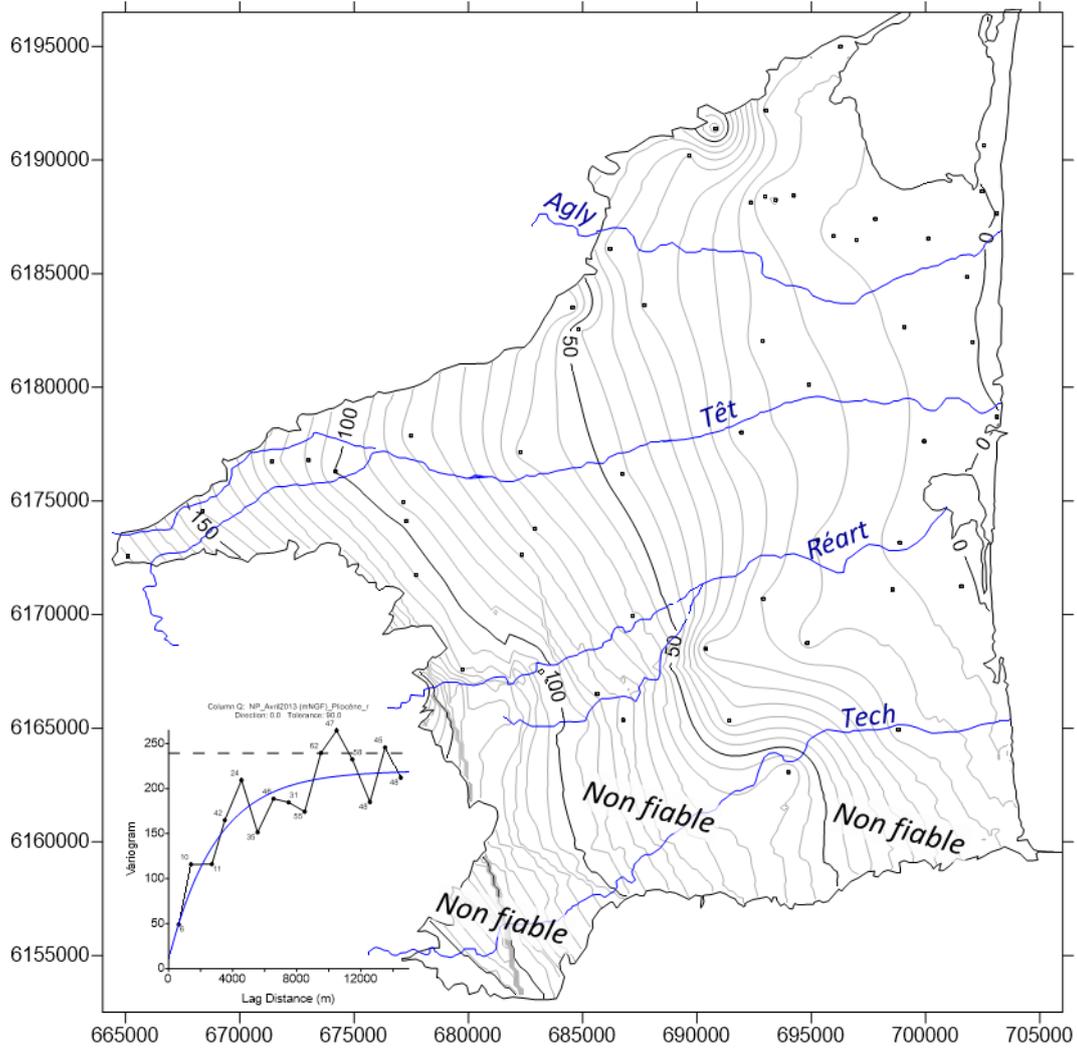


Figure 9 : carte piézométrique du Pliocène, Avril 2013.

Point : mesures (n=50). Bleu : cours d'eau. Isovaleurs tous les 5 mètres (mNGF). Insert : variogramme du niveau piézométrique, modèle : exponentiel (var. : 210 ; portée : 3 000 m) + effet pépite (var. : 10). Carte sur maillage de 200x200m.

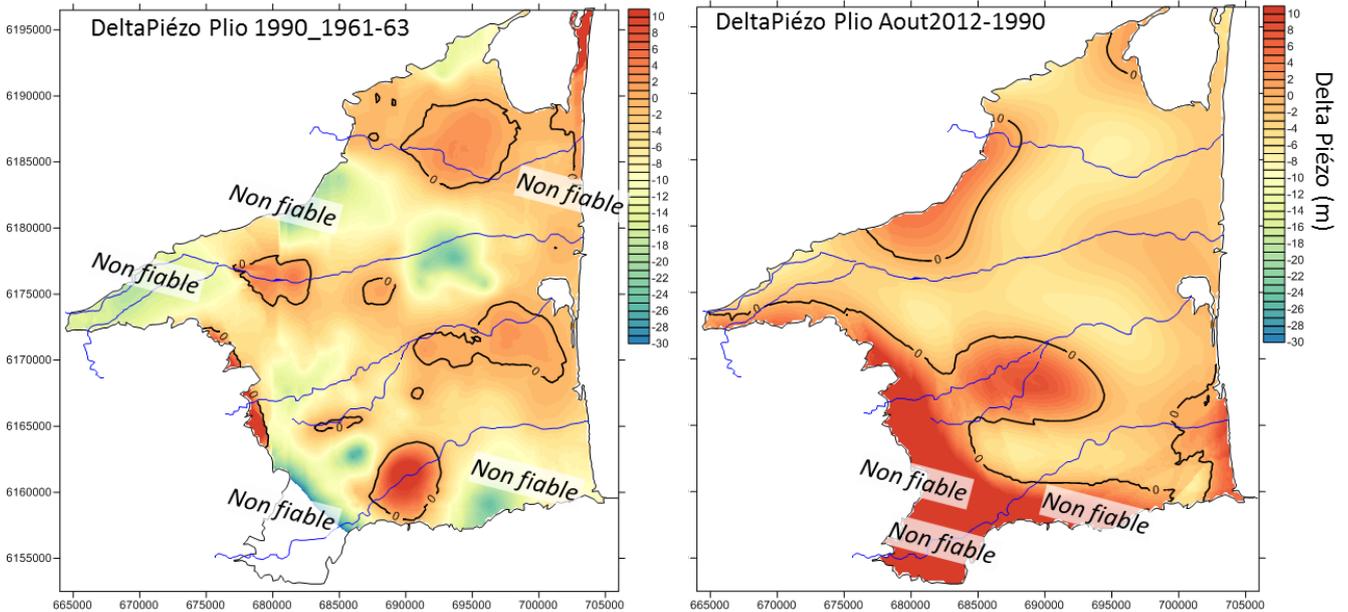


Figure 10 : carte de différence de niveaux piézométriques à l'étiage entre 1989-1990 et les années 1960 (à gauche), env. -5 - -4 m, et entre Août 2012 et 1989-1990 (à droite), env. -4 - -3 m.

## 2.4. FLUX DE DRAINANCE ENTRE LE QUATERNAIRE ET LE PLIOCENE

Afin de visualiser les secteurs de flux ascendants (Pliocène vers Quaternaire) ou descendants (Quaternaire vers Pliocène,) des cartes de flux de drainance ont été réalisées pour les périodes années 1960 et 2012-2013, seules périodes où l'on dispose de cartes à la fois pour le Pliocène et le Quaternaire. Le flux est calculé par l'expression suivante (loi de Darcy) :

$$\text{Flux}_{\text{drainance}} = K * \text{Surf.} * (H_{\text{Quat}} - H_{\text{Plio}}) / e$$

Où  $H_{\text{Quat}}$  et  $H_{\text{Plio}}$  sont les piézométries situés dans le Quaternaire et le Pliocène respectivement,  $K$  la perméabilité de l'éponte séparant les deux niveaux et  $e$  son épaisseur. La valeur de  $K$  a été fixée à  $5 \times 10^{-10}$  m/s, en accord avec les précédentes études sur la plaine, et  $e$  arbitrairement à 1 m<sup>2</sup>.  $\text{Surf.}$  est la surface de la zone sur laquelle le calcul est effectué, ici des mailles carrées de 500 m de côté.

Lorsque le flux est positif (>0) l'écoulement se fait du Quaternaire vers le Pliocène, et lorsqu'il est négatif (<0) du Pliocène vers le Quaternaire (Figure 11).

Si les valeurs calculées (en m<sup>3</sup>/s) sont discutables en raison de l'incertitude de la piézométrie sur certains secteurs de la plaine, mais aussi sur les valeurs d'épaisseur et de perméabilité d'éponte (ici considérées constantes à l'échelle de la plaine), ces cartes ont l'avantage d'identifier les secteurs de flux verticaux descendants (Quaternaire vers Pliocène ; >0 couleurs bleues) et ceux à flux ascendants (Pliocène vers Quaternaire ; <0 couleurs beige-marron). Ainsi, durant les années 1960 on note une dominance des flux ascendants sur quasiment l'ensemble de la plaine. Cette tendance est inversée en 2012 (août, étiage) où dans la majorité de la plaine, exceptée l'aval du Tech, les flux sont descendants indiquant que l'aquifère du Pliocène est rechargé par drainance par le Quaternaire. Ce changement de comportement hydraulique est à mettre en

<sup>2</sup> Notons que c'est le rapport  $K/e$  qui est important, ainsi si l'épaisseur est de 3 m, le même résultat sera obtenu pour une perméabilité 3 fois plus importante.

relation avec l'augmentation des pompages et des prélèvements depuis les années 1960. L'appel au vide créé par les pompages dans le Pliocène a entraîné un phénomène de drainance des eaux des aquifères du haut vers le bas à l'échelle de la plaine. Concernant la carte d'avril 2013, en conditions de hautes eaux, il y a relativement peu de différence avec la carte d'août 2012 (étiage) hormis à proximité du Barcarès (Salanques), voire au niveau du Tech, où l'espace d'une saison le flux se ré-inverse (flux du Pliocène vers le Quaternaire).

**Ce qu'il faut retenir :**

- au cours des années 1960, le flux de drainance vertical s'opère majoritairement du Pliocène vers le Quaternaire. Le long de la côte, le Pliocène est en charge par rapport au Quaternaire ;
- depuis les années 1960, l'exploitation de l'aquifère du Pliocène a créé d'importants flux de drainance verticale du Quaternaire vers le Pliocène à l'échelle de la plaine, le flux s'est donc inversé. Le long de la côte, excepté en aval du Tech, le Pliocène n'est plus en charge par rapport au Quaternaire. L'eau du Quaternaire, potentiellement saumâtre/salée sur ces secteurs, peut donc potentiellement s'y infiltrer ;
- la carte en période de hautes eaux vient confirmer ces observations, sauf au niveau de la Salanque (Barcarès) où le Pliocène se remet en charge par rapport au Quaternaire (réduction de l'éventuelle infiltration d'eau salée du Quaternaire vers le Pliocène pour cette période).

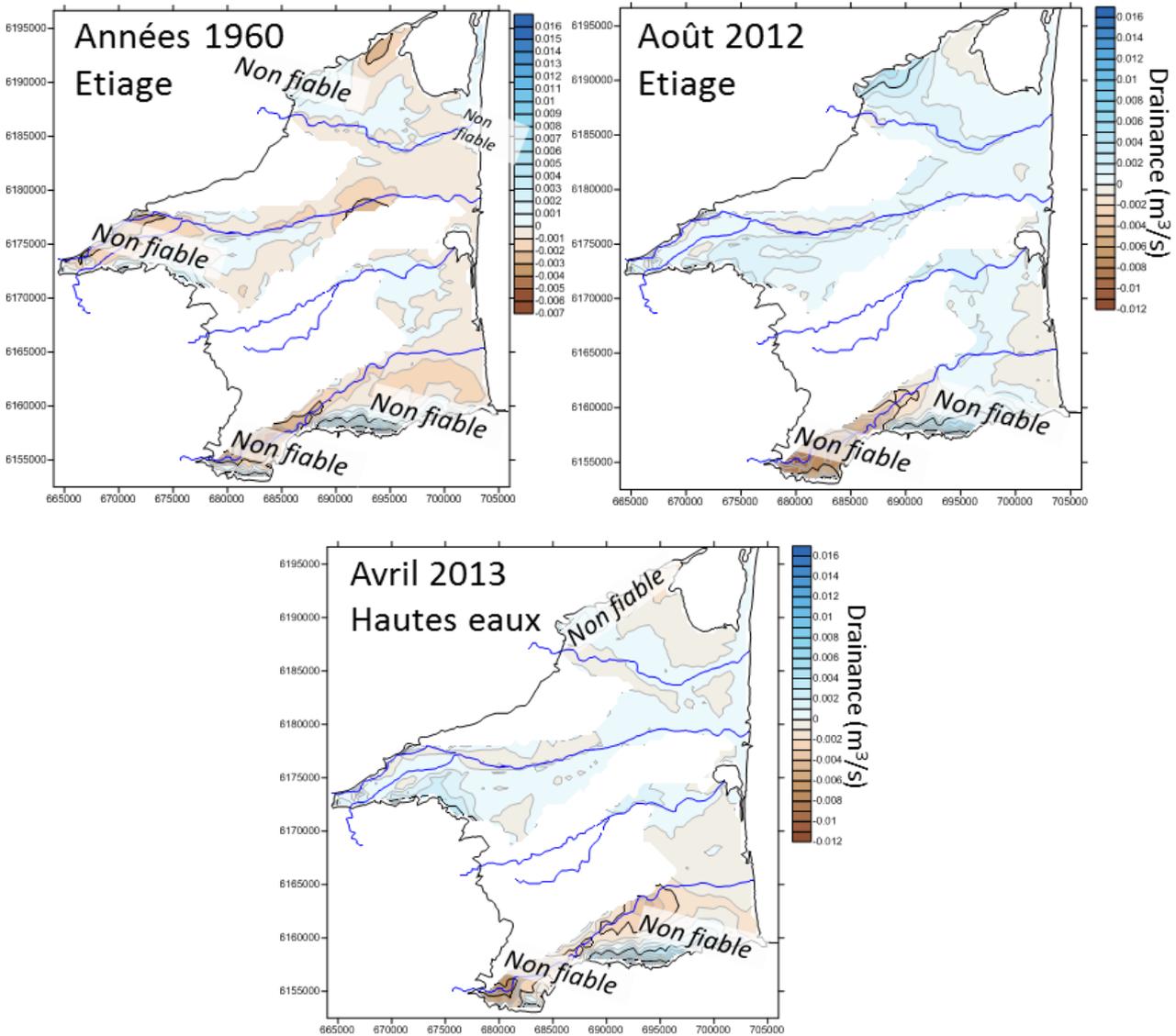


Figure 11 : flux de drainance verticale entre le Quaternaire et le Pliocène, années 1960 (étiage), août 2012 (étiage) et avril 2013 (hautes eaux), >0 flux du Quaternaire vers le Pliocène (tons bleus) et <0 du Pliocène vers le Quaternaire (tons beige-marron).

## 2.5. PROPRIETES HYDRODYNAMIQUES DU QUATERNAIRE ET DU PLIOCENE

### 2.5.1. Transmissivité du Quaternaire et du Pliocène

L'ensemble des données disponibles de transmissivité des aquifères ont été recensées. Ces données sont issues de l'interprétation d'essais par pompage ayant duré quelques heures à plusieurs jours. Les données proviennent de recensements antérieurs (Marchal et al., 1990 ; Thèse B. Aunay, 2007) lesquelles ont été complétées des informations plus récentes disponibles en BSS et auprès du bureau d'études Aquaforage (soit des données brutes et réinterprétation d'essai). Pour le seul Pliocène une soixantaine d'essais par pompage ont été réinterprétés.

On totalise 127 estimations de transmissivité pour le Quaternaire et 279 pour le Pliocène. Si pour le Quaternaire les estimations sont basées sur des forages recoupant la totalité ou une grande partie de la formation (forages de quelques dizaines de mètres tout au plus), pour le Pliocène les

forages ont une profondeur très variable, variant de 50 à plus de 200 m, renseignant ainsi sur la transmissivité d'un ou de plusieurs niveaux du Pliocène, mais pas forcément les mêmes. Il en résulte donc un jeu de données hétérogène pour le Pliocène.

Du point de vue de leur distribution statistique (Figure 12), les transmissivités des deux formations sont quasi log-normales, avec en Log de transmissivité, pour le Quaternaire  $\text{LogT} : -1,92 \pm 0,73$ , soit une transmissivité moyenne de  $1,2 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  et, pour le Pliocène,  $\text{LogT} = -2,74 \pm 0,46$ , soit une transmissivité moyenne de  $1,8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . En moyenne, le Quaternaire est donc 10 fois plus transmissif que le Pliocène.

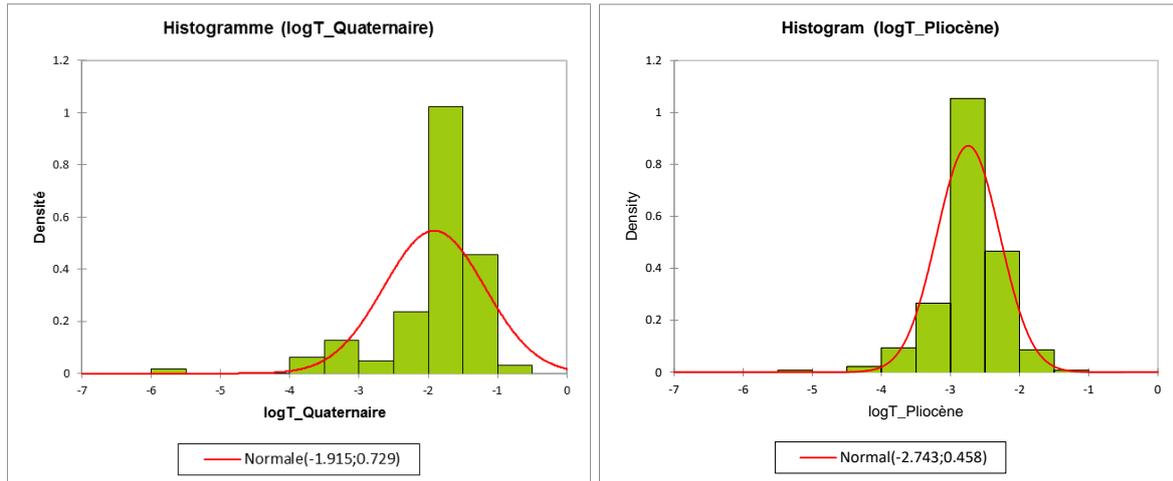


Figure 12 : distribution des transmissivités (en Log). Gauche : Quaternaire (n=127), droite : Pliocène (n=279).

De la même manière que pour les cartes précédentes, l'outil géostatistique a été utilisé pour élaborer des cartes de transmissivité (en LogT) (Figure 13 et Figure 15). L'analyse variographique montre des données moyennement à peu structurées. Pour le Quaternaire, elles sont assez bien structurées dans un rayon de l'ordre du km (portée à 1 350 m). Pour le Pliocène, le variogramme est caractérisé par un très fort effet pépite responsable de quasiment 50% de la variance. Ce fort effet pépite est attribuable à la réalité géologique (géométrie des dépôts perméables), mais aussi révèle l'hétérogénéité verticale du système. En effet, comme des forages aux profondeurs différentes se trouvent dans un périmètre proche, ils peuvent fournir des informations sur la transmissivité de différents niveaux aquifères au sein du Pliocène, ce qui crée donc cet effet. Malgré ce, la portée du variogramme est plurikilométrique (4 000 m environ), indiquant une extension des horizons perméables sur de grandes surfaces (plusieurs  $\text{km}^2$ ), beaucoup plus grande que pour le Quaternaire.

La carte du Quaternaire montre une distribution relativement homogène de la transmissivité, hormis quelques secteurs moins transmissifs et une zone plus transmissive visiblement dans un ancien méandre du Tech (voir au nord de l'actuel Tech en zone aval). Par contre pour le Pliocène, la carte montre une distribution plus contrastée, un secteur plus transmissif au niveau de la Salanque s'étendant vers le sud, une zone plus transmissive dans la partie médiane de la Têt et de plus faibles transmissivités dans tout le secteur du Tech.

**Ce qu'il faut retenir :**

La collecte des informations sur la transmissivité des aquifères du Quaternaire et du Pliocène a permis l'établissement d'un jeu de données conséquent et l'élaboration de cartes de transmissivité :

- pour le Quaternaire, la carte est relativement peu contrastée. Les zones les plus transmissives semblent être la conséquence d'épaisseur plus importante de la formation (cf. ancien méandre du Tech, au nord de l'actuel Tech) ;
- pour le Pliocène, la carte de transmissivité est beaucoup plus contrastée : secteur de la Salanque très transmissif, et sud du Tech, a contrario, moins transmissif. Afin d'évaluer comment cette propriété évolue en profondeur, il est tenté dans les paragraphes ci-dessous une évaluation du champ 3-D de la perméabilité du Pliocène ;
- dans le Pliocène, les horizons perméables du Pliocène seraient d'extension plurikilométrique. Dans le Quaternaire, ils seraient beaucoup plus petits (kilométrique ?) et vraisemblablement fonction de la géométrie des dépôts ;
- le Pliocène est en moyenne 10 fois moins transmissif que le Quaternaire.

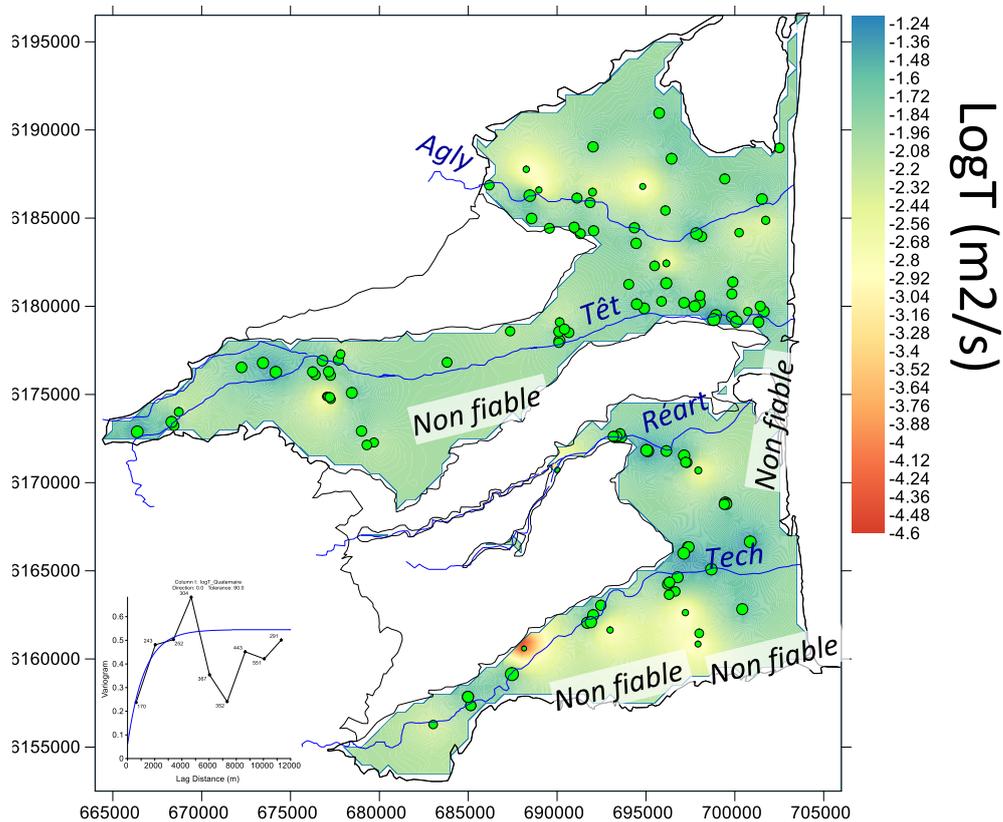


Figure 13 : carte de transmissivité (en Log) de l'aquifère du Quaternaire. Points : estimations (n=127). Insert : variogramme du Log de la transmissivité, modèle : exponentiel (var. : 0,485 ; portée : 1 350 m) +effet pépite (var. : 0,06). Carte sur maillage de 500x500m.

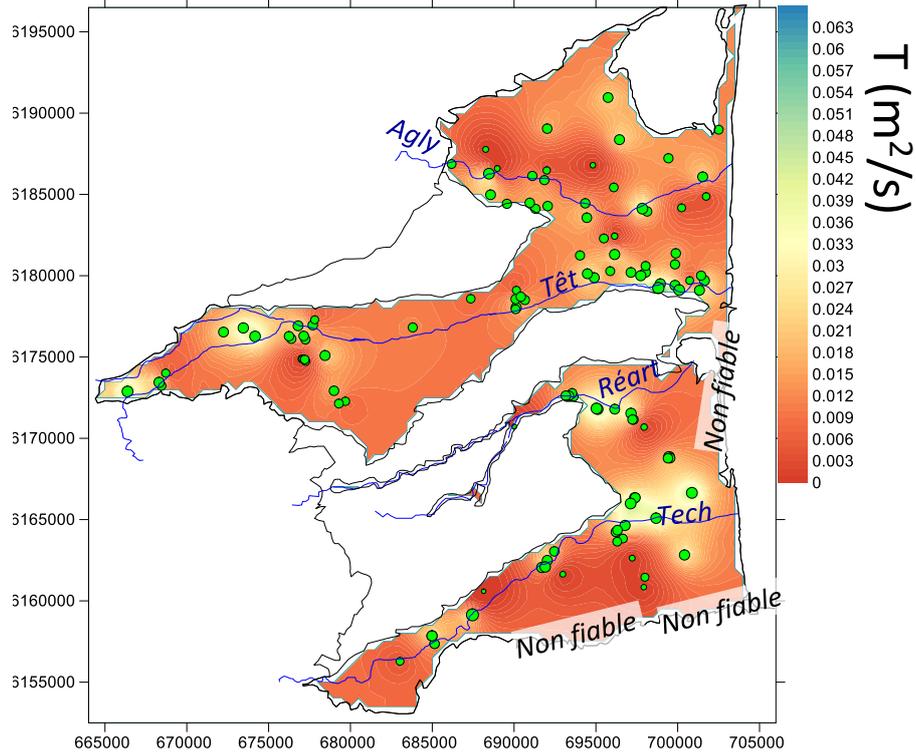


Figure 14 : carte de transmissivité ( $m^2/s$ ) de l'aquifère du Quaternaire.

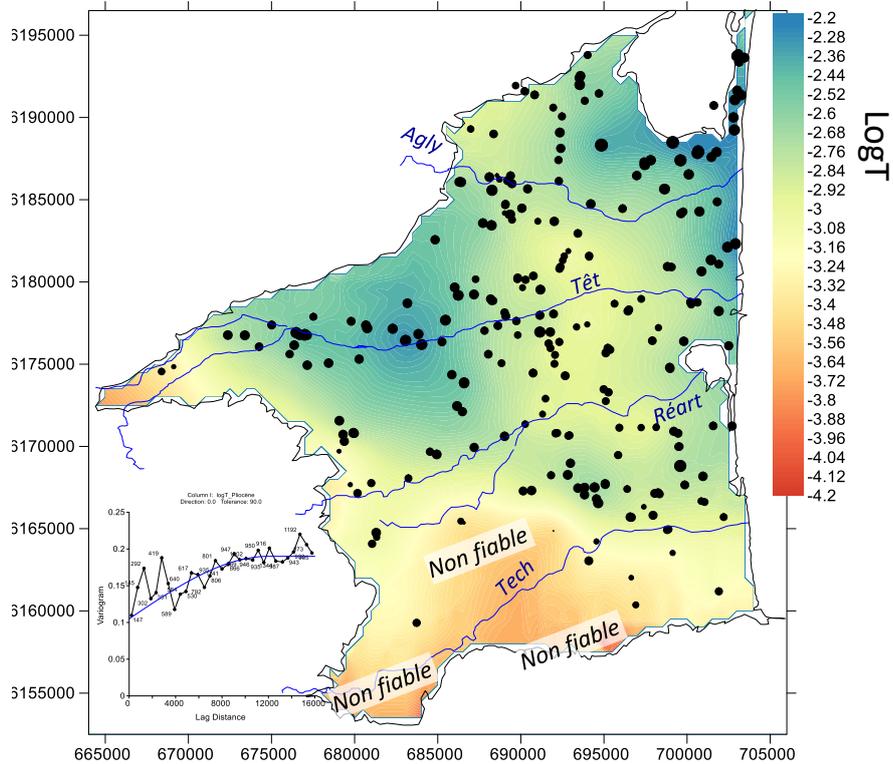


Figure 15 : carte de transmissivité (en Log) de l'aquifère du Pliocène. Points : estimations ( $n=279$ ). Insert : variogramme du Log de la transmissivité, modèle : sphérique (var. : 0,085 ; portée : 12 000 m) + effet pépité (var. : 0,105). Carte sur maillage de 500x500m.

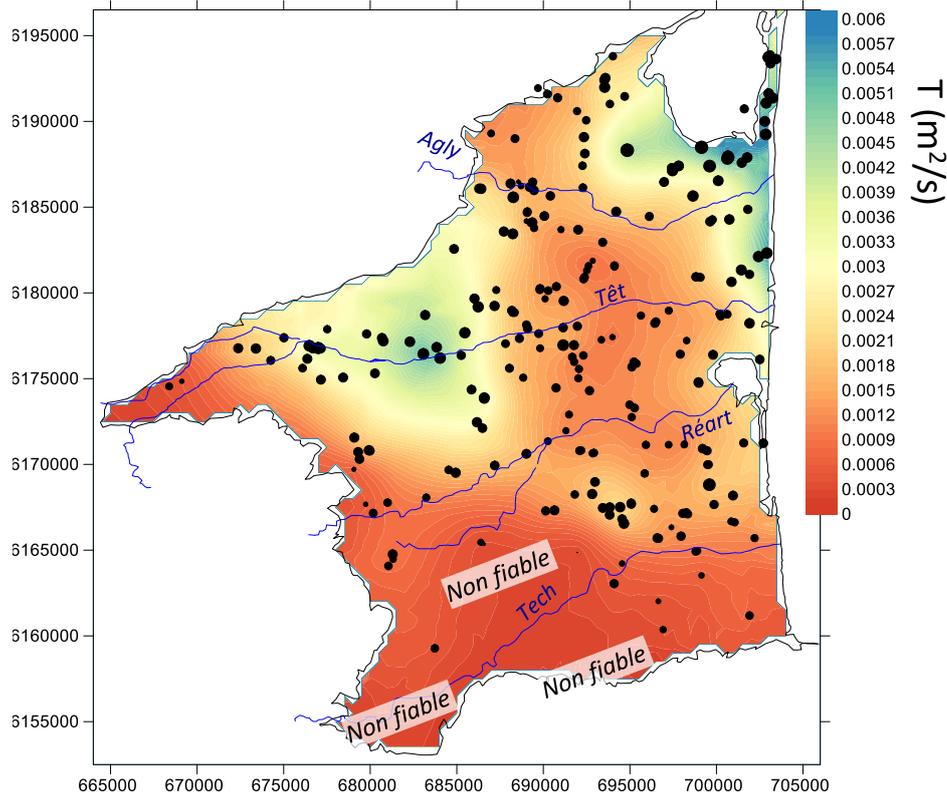


Figure 16 : carte de transmissivité ( $m^2/s$ ) de l'aquifère du Pliocène.

### 2.5.2. Emmagasinement du Quaternaire et du Pliocène

Comme pour les données de transmissivité, l'ensemble des données disponibles a été recueilli. Ces données sont aussi issues de l'interprétation d'essais par pompage ayant duré quelques heures à plusieurs jours. Les données proviennent essentiellement de recensements antérieurs (Marchal et al., 1990 ; Thèse B. Aunay, 2007) lesquelles ont été complétées des informations plus récentes disponibles en BSS. Le nombre de données est beaucoup moins important que pour la transmissivité car l'information sur l'emmagasinement n'est fiable que lorsqu'il y a eu un suivi de l'essai par pompage sur un piézomètre d'observation (ouvrage non-pompé).

On dénombre 32 estimations pour le Quaternaire et 62 pour le Pliocène. Pour le Quaternaire les estimations sont basées sur des forages recoupant la totalité ou une grande partie de la formation (forages de quelques dizaines de mètres tout au plus) et pour le Pliocène sur des forages à profondeur variable (de 50 à plus de 200 m), renseignant ainsi sur l'emmagasinement d'un ou de plusieurs niveaux aquifères du Pliocène, mais pas forcément les mêmes. Tout comme pour la transmissivité, il en résulte un jeu de données hétérogène pour le Pliocène.

D'un point de vue distribution (Figure 17), les valeurs d'emmagasinement dans le Quaternaire ne sont pas structurées, leur moyenne en Log est :  $-2,2 \pm 1,1$ , soit un emmagasinement moyen de  $6,8 \times 10^{-3}$ . Cette valeur apparaît comme relativement faible pour ce type d'aquifère, suggérant que nombre des estimations sont sous-estimées, en effet plus de la moitié des valeurs estimées sont inférieures à 1%. Par contre, pour le Pliocène, la distribution suit une loi log-normale avec pour valeur moyenne  $\text{Log}S = -3,5 \pm 0,7$ , soit un emmagasinement moyen de  $3 \times 10^{-4}$  typique d'un aquifère captif.

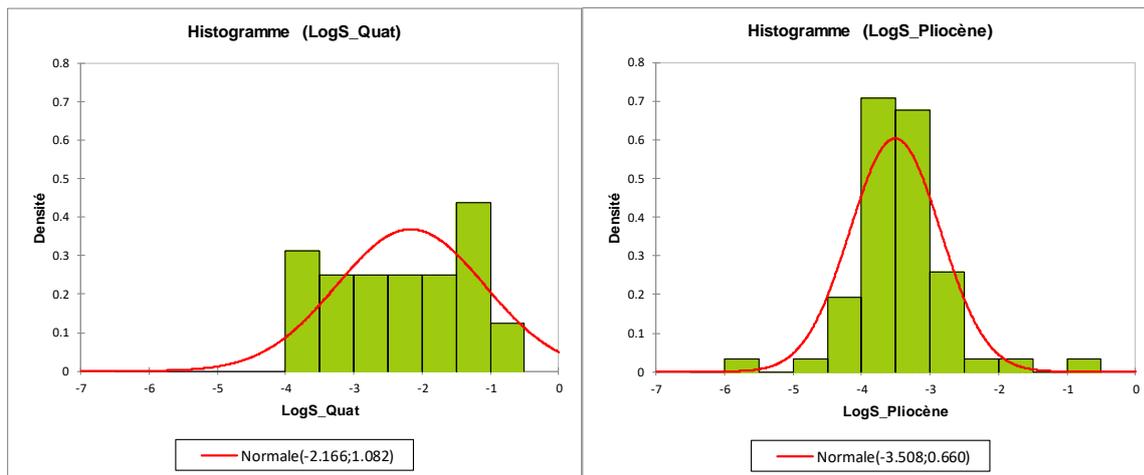


Figure 17 : distribution des emmagasineurs (en Log). Gauche : Quaternaire (n=32), droite : Pliocène (n=62).

De la même manière que pour les données précédentes, des cartes ont été établies. Celles-ci sont de qualité médiocre en raison du faible nombre de données, on ne retiendra donc que l'allure générale des cartes. L'outil géostatistique n'a pas pu être utilisé car l'analyse variographique des données n'a pas montré de résultat. De ce fait, des cartes ont été produites par simple interpolation linéaire entre les points. Les Figure 18 à Figure 21 présentent les cartes d'emmagasinement pour les deux formations (échelles log et arithmétique). Pour le Quaternaire et le Pliocène, la distribution spatiale de ce paramètre apparaît cependant relativement homogène à l'échelle de la plaine (voir cartes en échelle arithmétique).

### **Ce qu'il faut retenir :**

La collecte des informations sur l'emmagasinement des aquifères du Quaternaire et du Pliocène a permis l'établissement d'un jeu de données conséquent, mais insuffisant pour établir des cartes d'emmagasinement précises. Cependant, on note une distribution spatiale relativement homogène à l'échelle de la plaine pour les deux formations.

En moyenne :

- pour le Quaternaire, l'emmagasinement est de l'ordre de 1% en moyenne et correspond à la porosité de l'aquifère. Localement les valeurs peuvent atteindre ou dépasser 10% ;
- pour le Pliocène, l'emmagasinement est plus faible, de l'ordre de  $10^{-4}$  et typique d'un aquifère captif.

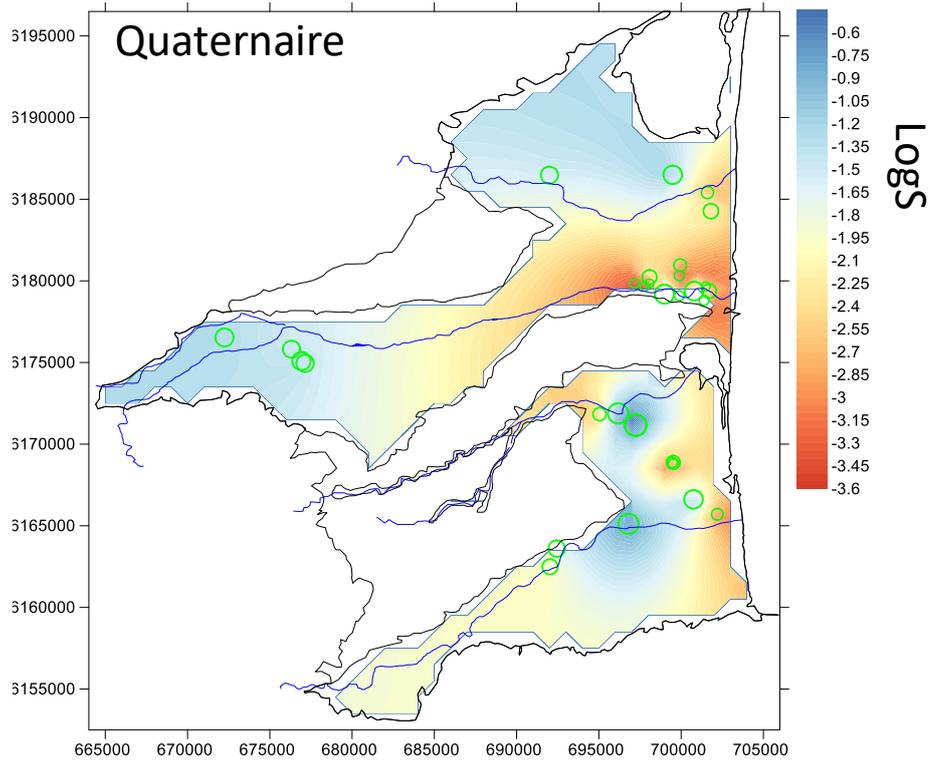


Figure 18 : carte d'emmagasinement (en Log) de l'aquifère du Quaternaire. Points : estimations (n=32). Carte sur maillage de 1000x1000m.

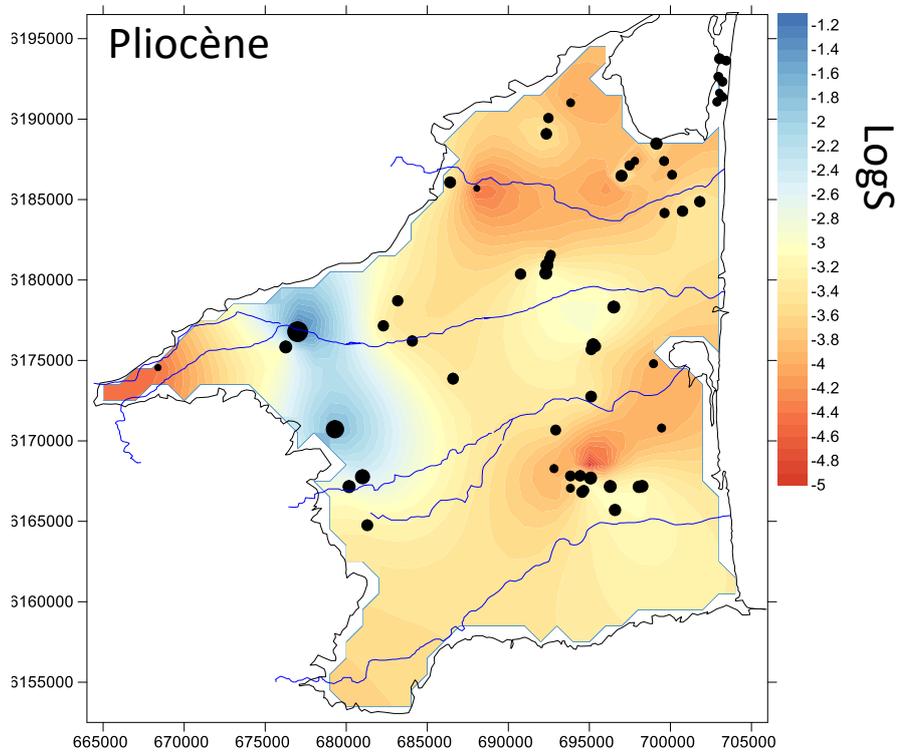


Figure 19 : carte d'emmagasinement (en Log) de l'aquifère du Pliocène. Points : estimations (n=62). Carte sur maillage de 1000x1000m.

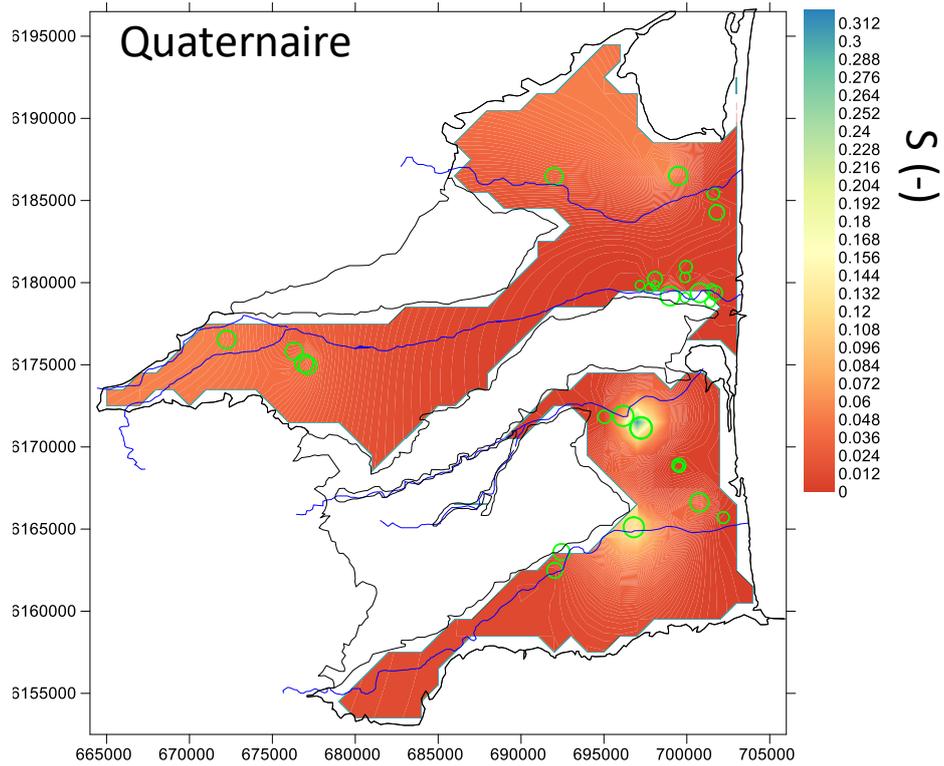


Figure 20 : carte d'emmagasinement de l'aquifère du Quaternaire. Points : estimations (n=32). Carte sur maillage de 1000x1000m.

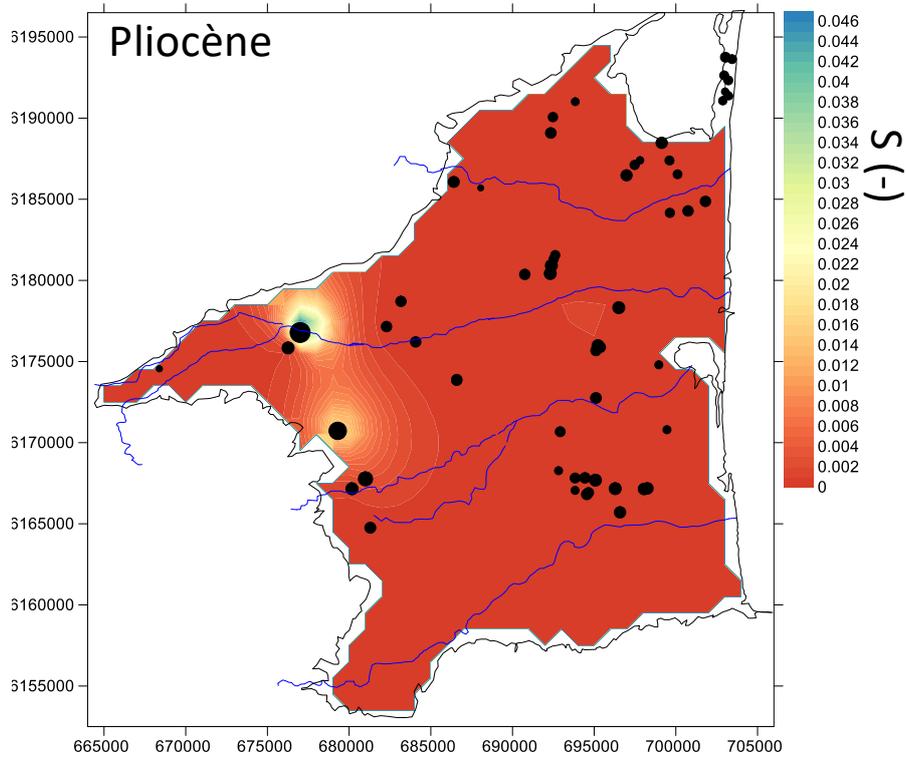


Figure 21 : carte d'emmagasinement de l'aquifère du Pliocène. Points : estimations (n=62). Carte sur maillage de 1000x1000m.

### 2.5.3. Essai d'estimation d'un champ de perméabilité 3-D dans le Pliocène

#### a) Perméabilité globale (champ 2-D)

La Figure 22 présente la carte de perméabilité moyenne (en échelle Log) au sein du Pliocène (Pliocène continental et marin confondus). Elle a été construite à partir des données disponibles sur la transmissivité et la longueur des forages dans le Pliocène uniquement. La perméabilité moyenne a été calculée en divisant la transmissivité par la longueur du forage correspondant. Cette analyse concerne 238 valeurs, où les deux informations sont disponibles. La perméabilité de l'aquifère du Pliocène, toutes profondeurs confondues, est d'environ  $2 \times 10^{-5}$  m/s. La distribution de perméabilité suit aussi une loi log-normale ( $\text{Log}K = -4,71 \pm 0,61$ ). Du point de vue de la distribution spatiale, cette carte montre des secteurs plus perméables, comme le Barcarès, la partie amont de la Têt, la partie aval de Tech et des secteurs significativement moins perméables, comme les parties amont du Réart et du Tech et les formations au sud du Tech.

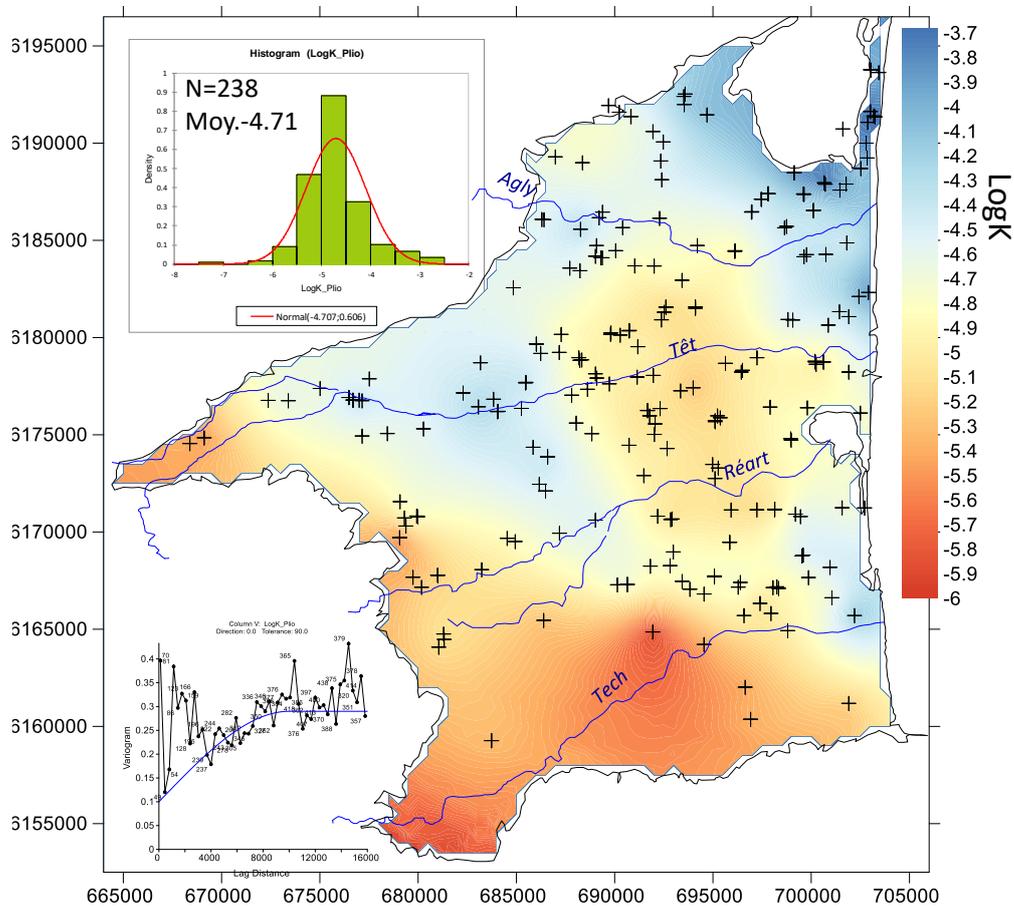


Figure 22 : carte de perméabilité globale de l'aquifère du Pliocène (Pliocène continental et marin confondus). Points : estimations (n=238). Carte sur maillage de 1000x1000m. Insert : variogramme du Log de la perméabilité, modèle : sphérique (var. : 0,19 ; portée : 10 000 m) +effet pépité (var. : 0,1), et distribution du Log de la perméabilité.

## **b) Construction d'un champ 3-D de perméabilité 3-D dans le Pliocène**

La Figure 23a présente la distribution verticale des perméabilités déduites des essais par pompage au sein du Pliocène (Pliocène continental et marin confondus). Sur cette figure le '0' indique le sommet des formations du Pliocène, sous couverture des formations quaternaires ou non. Elle a été construite à partir des données disponibles sur la transmissivité et des informations sur la position des crépines des forages correspondants, dans le Pliocène uniquement. La perméabilité moyenne a été calculée en divisant la transmissivité par la différence de cote entre la fin et le début des crépines (Pliocène). Cette analyse concerne 183 ouvrages (disponibilité des deux informations). Les parties (b) et (c) de la figure présentent la perméabilité moyenne par intervalle d'épaisseur (tous les 50 ou 25 m suivant le nombre de données) et la quantité de données disponibles (en %) suivant ces mêmes niveaux. Cette figure montre, à l'échelle de la plaine du Roussillon, une diminution régulière de la perméabilité des formations du Pliocène en fonction de la profondeur. En moyenne, elle est aux environs de  $10^{-4}$  m/s dans les cinquante premiers mètres, pour finir aux environs de  $2 \times 10^{-5}$  m/s pour l'intervalle 150-200 m. On notera que l'intervalle 200-250 m est mal défini à cause de trop faible nombre de valeurs (n=5).

Suivant ces données de distribution verticale des valeurs de perméabilité une série de cartes, établies par méthodes géostatistiques, ont été produites en fonction de la donnée disponible (au moins 30 valeurs par intervalle). Elles concernent les intervalles d'épaisseur au sein du Pliocène 0-50 m (n=55), 50-75 m (n=164), 75-100 m (n=132), 100-125 m (n=111), 125-150 m (n=80) et 150-200 m (n=39). Notons que suivant cette méthode, la valeur de perméabilité d'un même forage peut se retrouver dans plusieurs intervalles, expliquant pourquoi la somme des données précédentes est supérieure au nombre de forages (n=183).

Les Figure 24 et Figure 25 présentent les statistiques et les variogrammes de la perméabilité (échelle Log) de ces différents niveaux. Les distributions de perméabilité de tous les niveaux suivent une loi log-normale, avec une moyenne qui diminue en fonction de la profondeur au sein du Pliocène. D'un point de vue géostatistique, on notera la portée relativement courte des 50 premiers mètres (1 900 m) par rapport à celles des autres niveaux (3 000 m ou plus), qui indique pour ce premier niveau la présence de corps plus perméables mais de dimensions plus réduites que pour les autres gammes de perméabilité. Ces secteurs plus perméables se rapprochent, en partie, de ceux identifiés précédemment (Figure 22), Barcarès et aval de Tech-Canet (Figure 25). Le secteur en amont de la Têt apparaît comme moins perméable que les précédents, mais fait toujours partie des zones les plus perméables du Pliocène. Ces niveaux de plus forte perméabilité semblent s'étendre, pour les secteurs Barcarès et aval de Tech-Canet, jusqu'à 75 m de profondeur, et jusqu'à 100-125 m voire 150 m de profondeur, au niveau de la Têt (Figure 25). Les formations au sud du Tech apparaissent, malgré le peu de données disponibles, toujours comme le secteur le moins perméable quel que soit le niveau de profondeur. On notera, malgré le peu de données, une certaine homogénéité de la perméabilité du niveau le plus profond (150-200 m) à l'échelle de la plaine, c'est le niveau le moins perméable.

### **Ce qu'il faut retenir :**

- les données disponibles de transmissivité, de longueur des forages et de niveaux des crépines dans le Pliocène ont permis l'établissement de cartes de perméabilité au sein de cette formation à l'échelle de la plaine ;
- un modèle de perméabilité en 3-D est proposé sur la base des données disponibles, et pourra servir de base à la modélisation numérique, du moins pour les formations du Pliocène ;

- il est rappelé que ce modèle n'est pas exact car il considère une perméabilité homogène entre le début et la fin des crépines. Une amélioration pourrait être possible en estimant, à partir de la réinterprétation des données de débitmétrie en forage (micro-moulinet), la perméabilité de chaque horizon perméable au droit de chaque forage. Par contre, nous ne savons pas si le nombre d'essai micro-moulinet sera suffisant pour ré-établir des cartes à l'échelle de la plaine.

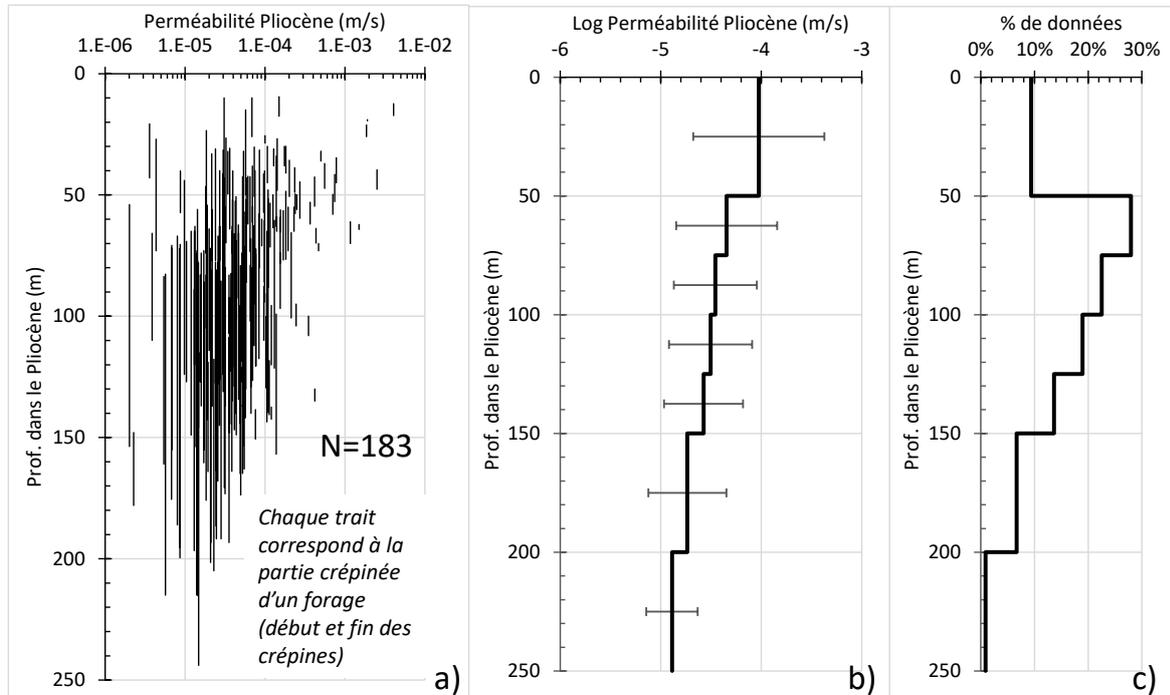


Figure 23 : distribution verticale de la perméabilité au sein du Pliocène (Pliocène continental et marin confondus). a) ensemble des données disponibles (n=183), b) perméabilité moyenne par intervalles d'épaisseur (tous les 50 ou 25 m suivant le nombre de données) et c) données disponibles par intervalle (en %).

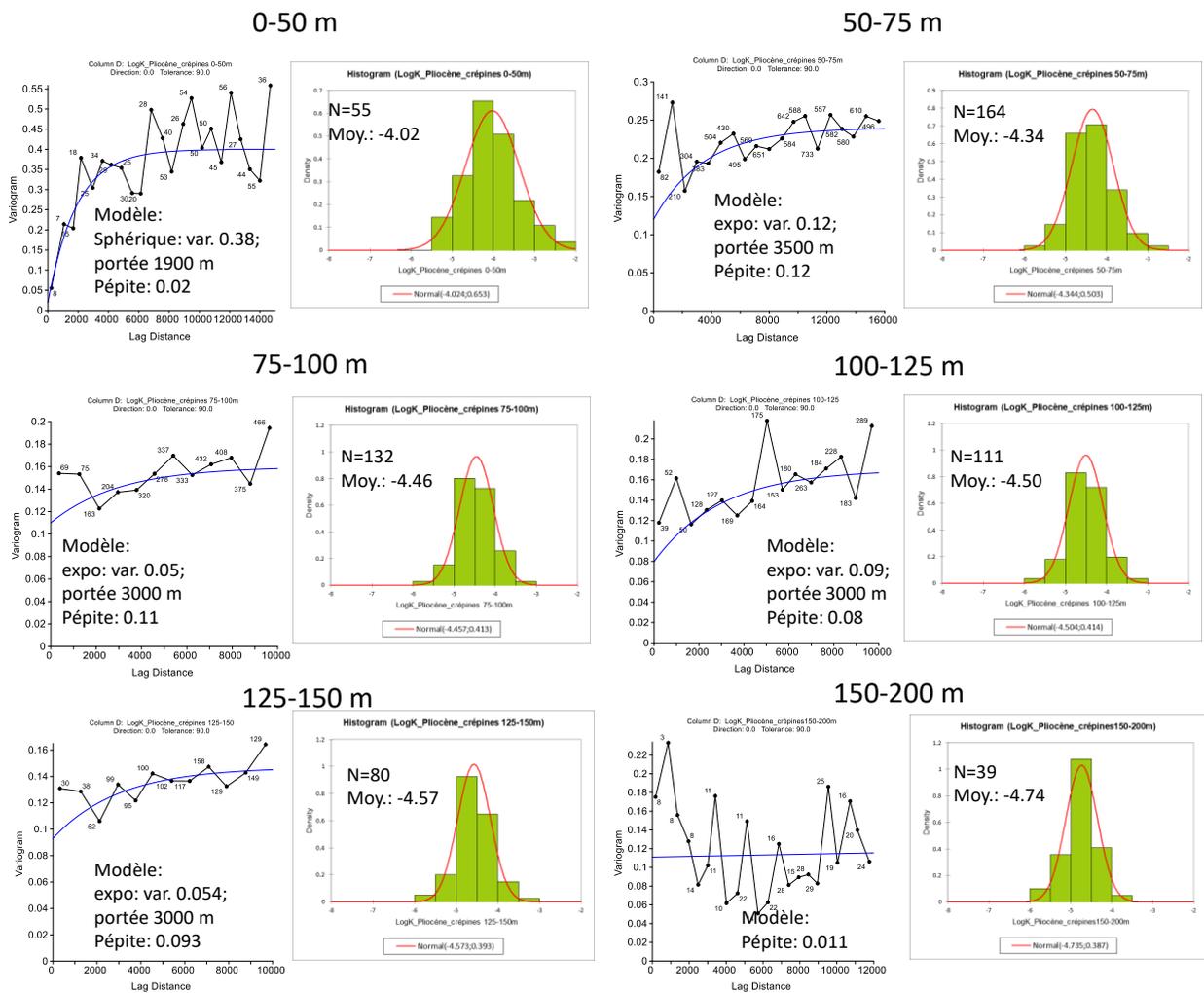


Figure 24 : statistiques et variogrammes des données de perméabilité du Pliocène sur différents intervalles d'épaisseur : 0-50 m (n=55), 50-75 (n=164), 75-100 m (n=132), 100-125 m (n=111), 125-150 m (n=80) et 150-200 m (n=39).

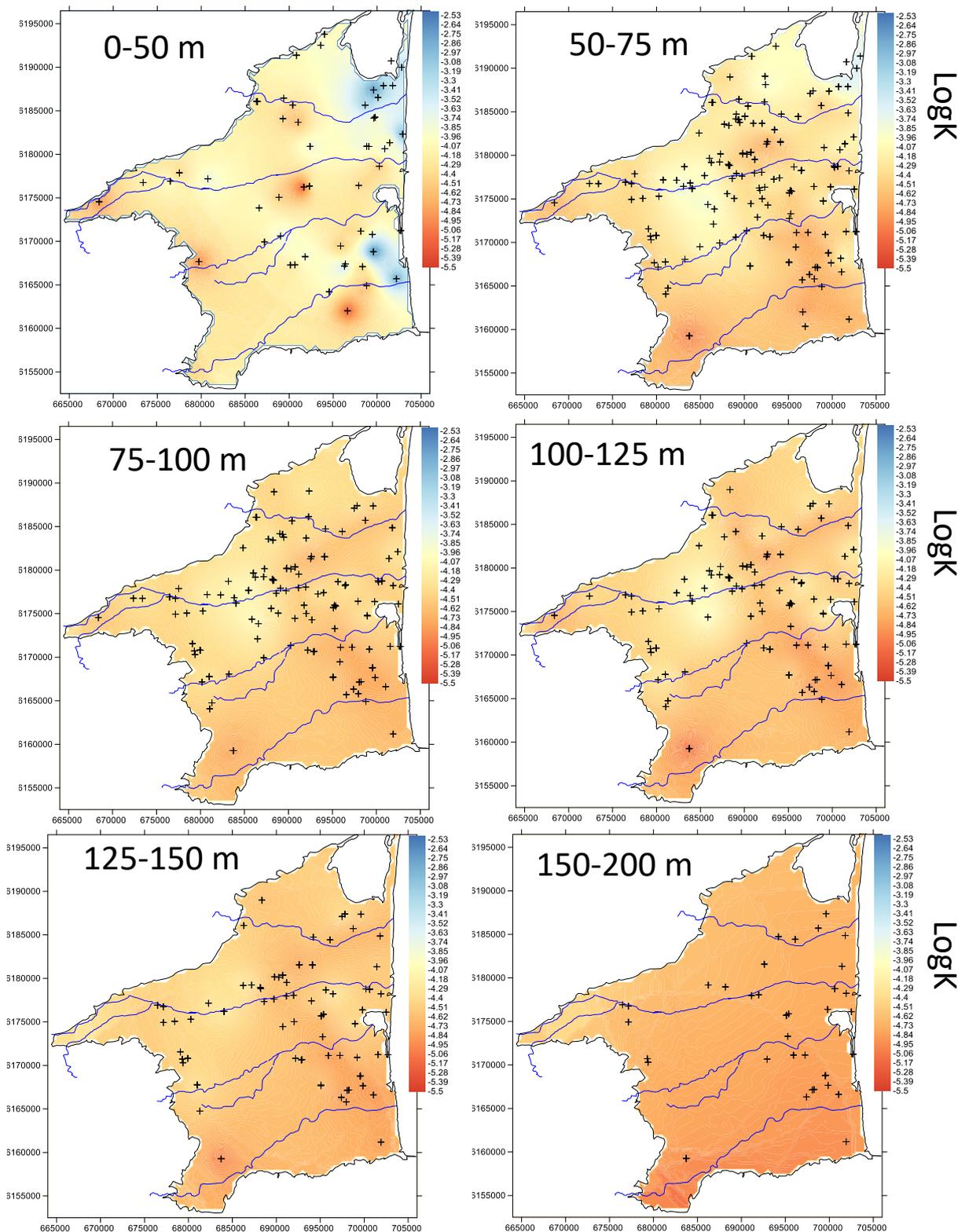


Figure 25 : cartes de perméabilité du Pliocène sur différents intervalles d'épaisseur : 0-50 m (n=55), 50-75 (n=164), 75-100 m (n=132), 100-125 m (n=111), 125-150 m (n=80) et 150-200 m (n=39). La figure précédente présente les variogrammes qui ont été utilisés pour l'établissement de chaque carte. Maillage : 1 000x1 000 m.

#### 2.5.4. Comportements hydrodynamiques dans le Pliocène

La Figure 26, sur fond de la perméabilité moyenne dans le Pliocène (identique à la Figure 22), recense le comportement hydrodynamique des essais par pompage qui ont été réinterprétés dans le cadre de cette étude (58 essais). Les comportements hydrodynamiques identifiés sont :

- captage partiel de l'ouvrage, c'est dire que les crépines ne captent pas toute la formation aquifère (symbole A). Ce phénomène n'est visible que durant les premiers temps de pompage ;
- aquifère homogène sans limite ni drainance (symbole B) ;
- drainance de formation sus- ou sous-jacente au niveau de l'aquifère capté par les crépines. La drainance peut-être intra-Pliocène ou provenir du Quaternaire sus-jacent (symbole C) ;
- compartimentation de l'aquifère, les limites des aquifères captés sont soit liées aux limites géométriques des formations du Pliocène, soit à la délimitation de zones plus perméables (chenaux) au sein du Pliocène (symbole D) et connexion hydraulique à un cours d'eau (un seul cas, symbole E) ;
- le symbole « ! » identifie les essais de courte durée, en général des essais par paliers de débit (quelques de heures de pompage). Ces cas correspondent quasi-systématiquement au symbole B montrant que ces essais n'ont pas été assez longs pour permettre de mettre en évidence des effets de drainance ou de limites.

Ces comportements mettent en évidence la rare compartimentation au sein du Pliocène, suggérant, comme l'ont montrées les différentes cartes de transmissivité et de perméabilité, que les corps perméables au sein de Pliocène sont connectés hydrauliquement sur plusieurs kilomètres. Il s'agit vraisemblablement d'ensemble de corps perméables (niveaux sableux) bien connectés horizontalement, mais pas forcément d'un même niveau qui couvrirait de grandes surfaces. Concernant, la drainance, elle est omniprésente qu'il y ait ou non présence de formations du Quaternaire au-dessus du Pliocène. Elle montre que le Pliocène est lui-même un multicouche constitué de niveaux perméables séparés de niveaux peu perméables, mais qu'il y a bien une connexion verticale au sein de l'aquifère entre les niveaux perméables. Elle met aussi en évidence la connexion hydraulique entre le Pliocène et le Quaternaire. La perméabilité moyenne déduite des essais pour ces niveaux semi-perméables dans le Pliocène est très variable, elle varie de  $10^{-12}$  à  $10^{-7}$  m/s (valeur donnée pour une épaisseur unitaire ; valeur moyenne en Log : -8,94) sans que des distinctions par secteurs géographiques ne puissent être faites (Figure 27). Un seul essai a montré un effet de limite alimentée, n°BSS : 10963X0054 en lien hydraulique avec la Canterrane (Figure 26). On notera que les essais en bordure de côte n'ont jamais montré un tel comportement avec la mer ou les étangs, indiquant qu'à l'échelle de durée de ces pompages (plus d'une semaine pour certains), le Pliocène n'est pas en connexion hydraulique directe avec la mer ou les étangs. Par contre, à cause des effets de drainance via le Quaternaire, le Pliocène peut être sujet à des phénomènes d'intrusion d'eau saumâtre *per descensum* dans le secteur côtier.

#### **Ce qu'il faut retenir :**

L'analyse des comportements hydrodynamiques du Pliocène montre que :

- les corps perméables au sein de Pliocène sont connectés hydrauliquement sur plusieurs kilomètres. Il s'agit vraisemblablement d'ensemble de corps perméables (niveaux sableux) bien connectés horizontalement, mais pas forcément d'un même niveau qui couvrirait de grandes surfaces ;

- quasi-systématiquement les pompages ont mis évidence des phénomènes de drainage intra-Pliocène et/ou via le Quaternaire. Ils montrent la connexion verticale à l'échelle de l'ensemble des formations aquifères de la plaine (ensemble Quaternaire-Pliocène) ;
- aucune preuve de connexion hydraulique directe avec la mer ou les étangs n'a été mise en évidence.

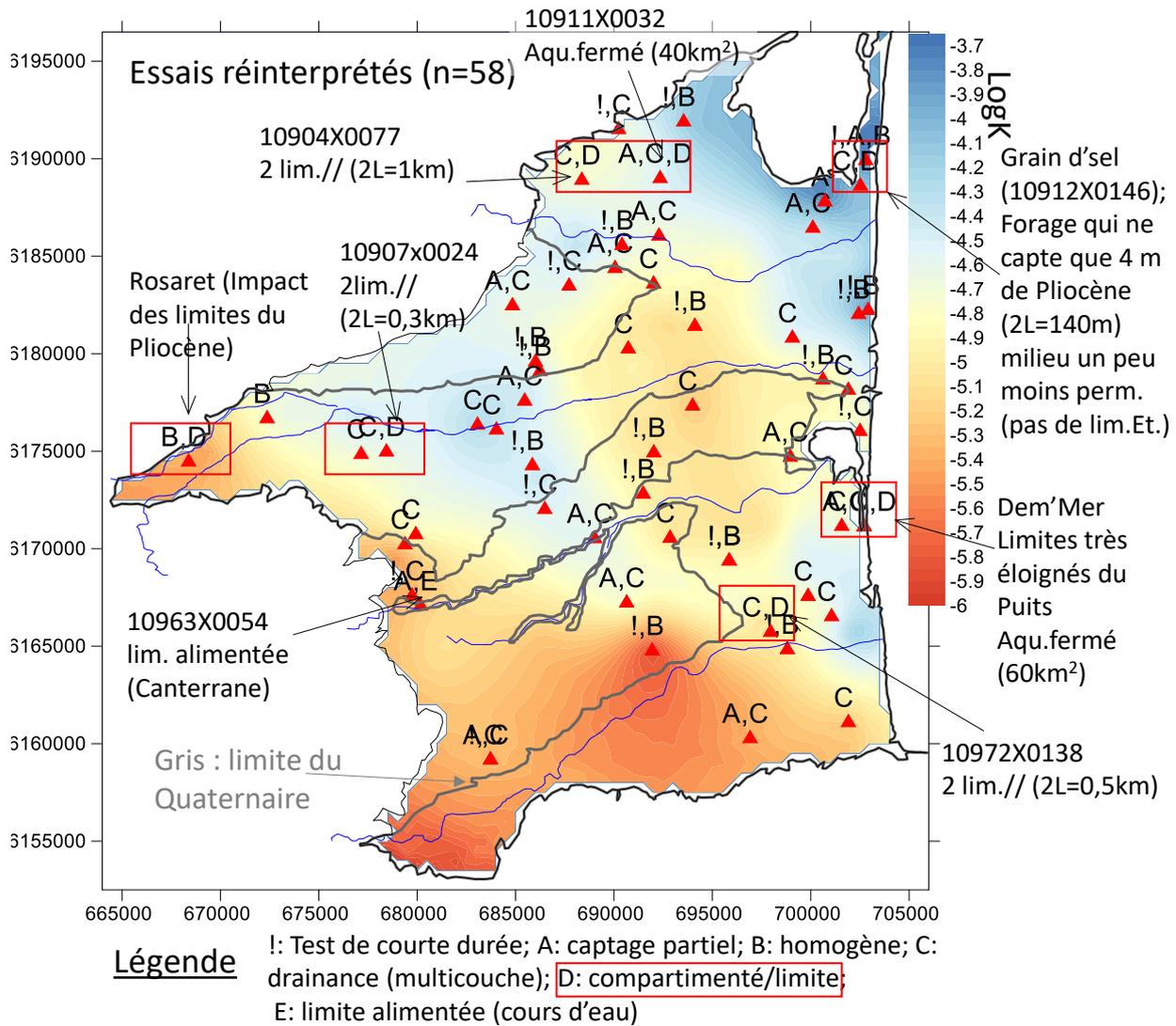


Figure 26 : comportements hydrodynamiques dans le Pliocène. Sont encadrés en rouge les essais pour lesquels des effets de limites ont été identifiés. 2 lim.// : deux limites étanches parallèles, 2L : distance entre ces deux limites. Fond de carte : perméabilité moyenne du Pliocène (en Log), en gris la limite du Quaternaire.

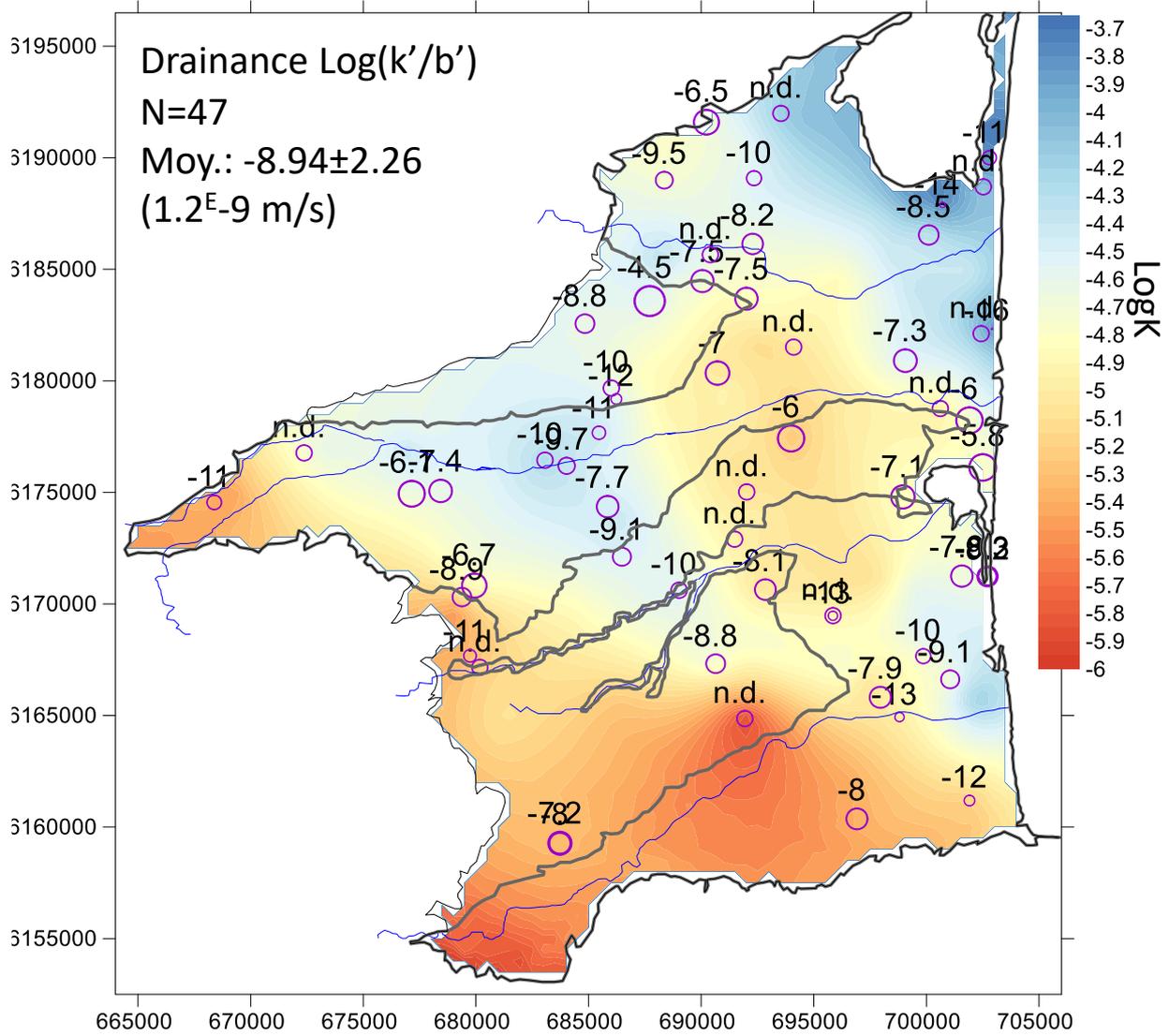


Figure 27 : valeurs de perméabilité des niveaux semi-perméables dans le Pliocène (pour un niveau d'épaisseur unitaire). Valeurs en Log, n.d. : absence de donnée (essai trop court). Fond de carte : perméabilité moyenne du Pliocène (en Log), en gris la limite du Quaternaire.

## **2.6. FLUX AUX LIMITES DES AQUIFERES ET AU NIVEAU DES COURS D'EAU PRINCIPAUX**

### **2.6.1. Flux aux limites des aquifères**

Les flux entrants et sortants en limites des aquifères ont été calculés à l'aide des cartes piézométriques et des cartes de transmissivité en appliquant la loi de Darcy (cf. § 2.5.1).

Pour le Pliocène, le calcul des flux entrants et sortants a été effectué aux limites de la plaine du Roussillon et pour le Quaternaire aux limites de la formation (parties émergées). Les flux  $>0$  indiquent des flux entrants aux limites de l'aquifère et les flux  $<0$  indiquent des flux sortants aux limites de l'aquifère.

Notons, que les valeurs de flux calculées sont à considérer avec beaucoup de précaution puisque les cartes piézométriques ne sont pas fiables sur toute la plaine, en particulier en limite d'aquifère (par ex. pour le Pliocène sur sa limite ouest et pour le Quaternaire à la limite Quaternaire/Pliocène), ni sur tous les secteurs d'une année à l'autre, et que les cartes de transmissivité ne fournissent pas non plus de valeurs fiables partout. Ces estimations sont donc entachées d'une forte incertitude. On s'attachera donc plus à leurs évolutions qu'à leurs valeurs propres. Les cartes ci-dessous (Figure 28, Figure 29) présentent ces calculs pour les années 1960 à avril 2013. La Figure 30 et la Figure 36 montre l'évolution de ces flux depuis les années 1960 au niveau de l'étang du Barcarès (côté terre) et le long de la mer entre le Barcarès et l'embouchure de la Têt. On remarque qu'au niveau de la mer et du Barcarès, les flux entrants et sortants ne montrent pas d'évolution significative pour le Quaternaire. Par contre, l'augmentation de l'exploitation du Pliocène depuis les années 1960 semble avoir provoqué une diminution des flux sortants en particulier au niveau du secteur du Barcarès et vers la mer en général. En quelque sorte, une partie de ce flux a été « capturée » par l'exploitation. Très grossièrement, on estime que l'ensemble du flux a diminué d'environ  $\frac{1}{4}$  depuis les années 1960. Par contre, il ne semble pas y avoir d'augmentation significative des flux rentrants de la mer vers le Pliocène.

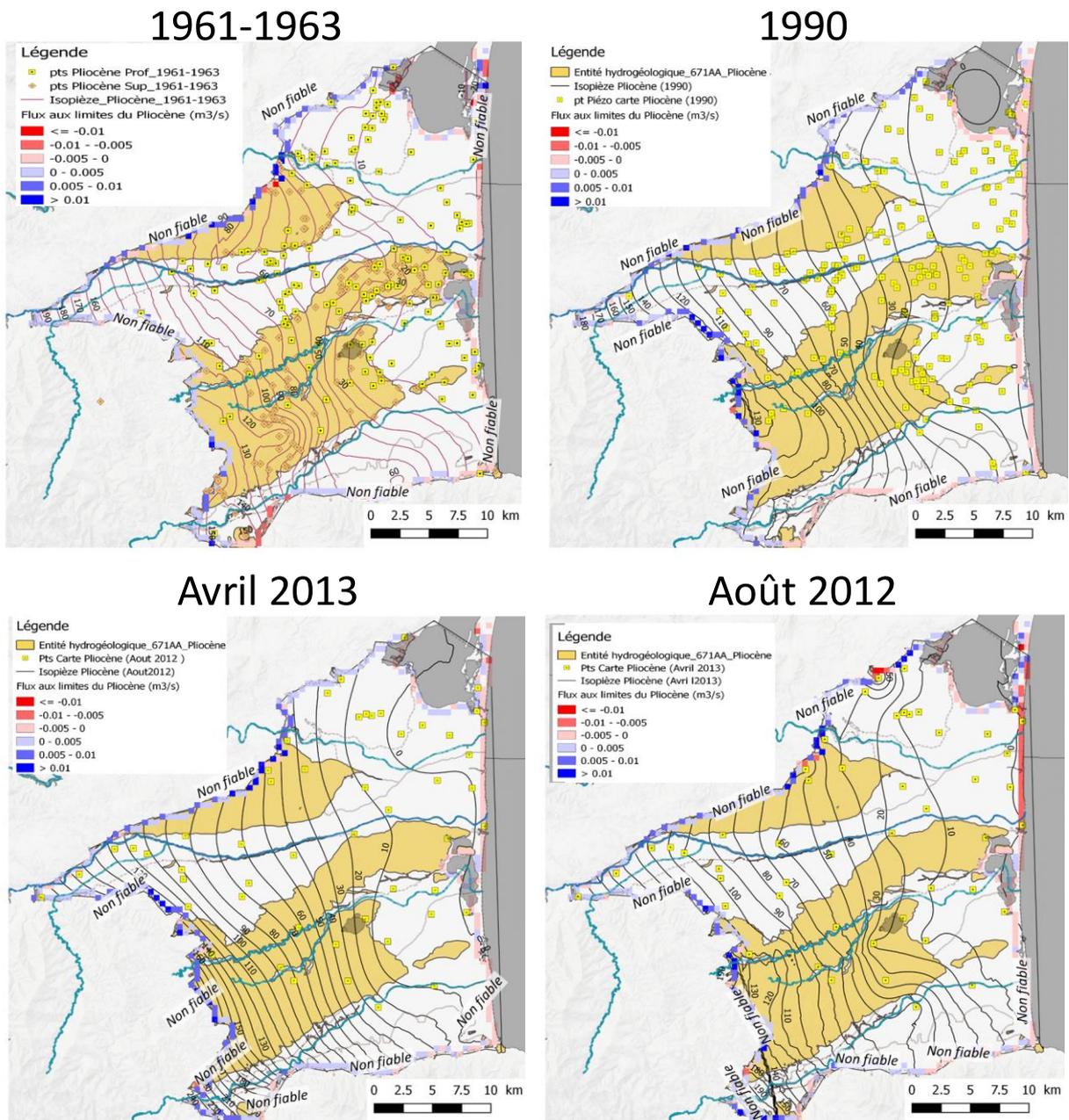


Figure 28 : calculs des flux entrants et sortants (en m<sup>3</sup>/s) aux limites de l'aquifère du Pliocène. Etiages années 1960 et 1990, août 2012 et avril 2013. Sont également représentés les cartes piézométriques et les points qui ont servi à leur établissement ; ces informations permettent de juger de la qualité des calculs de flux. Ces cartes sont disponibles en format plus grand à l'Annexe 1.

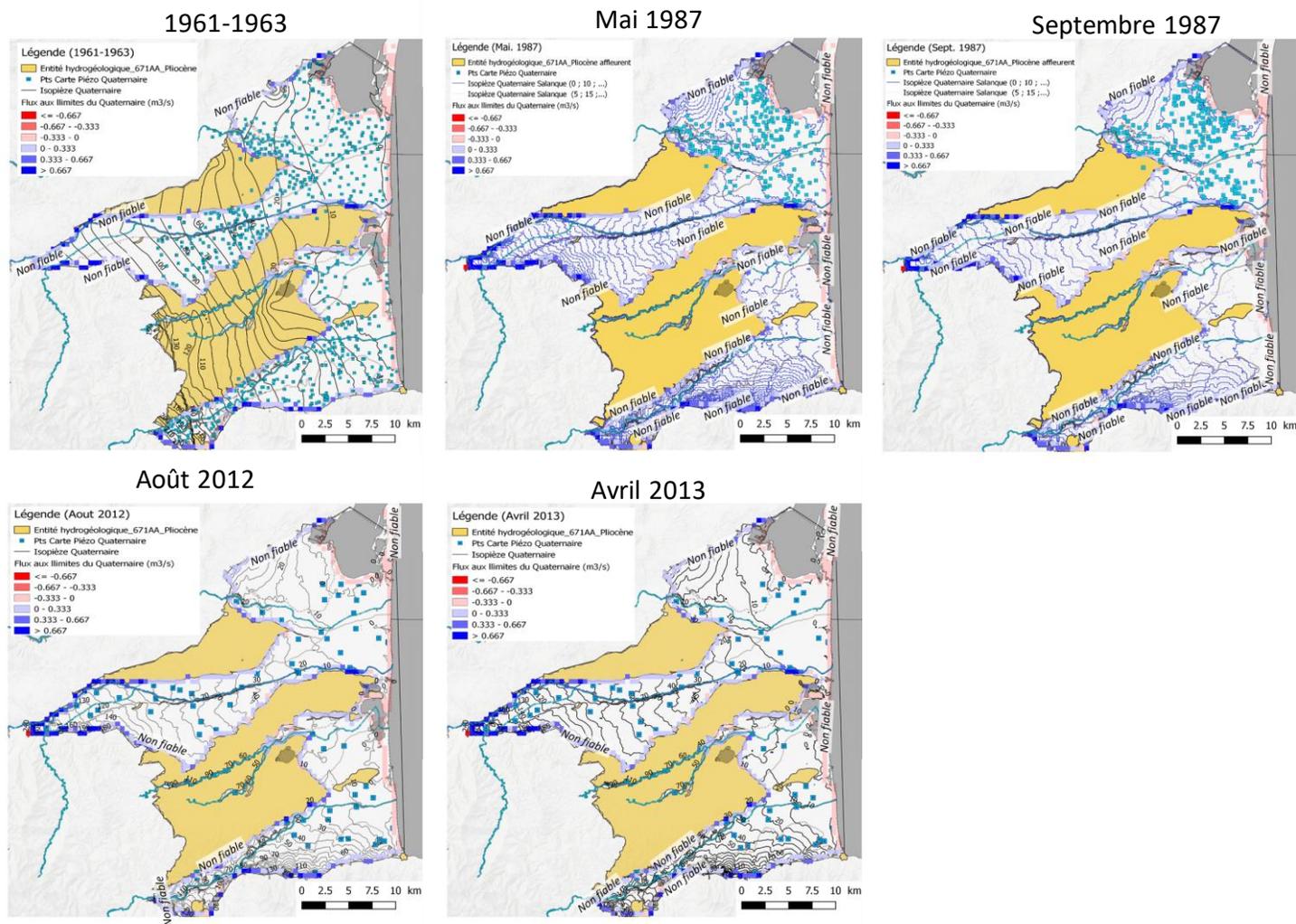


Figure 29 : calculs des flux entrants et sortants (en m<sup>3</sup>/s) aux limites de l'aquifère du Quaternaire. Etiage années 1960, mai et septembre 1987, août 2012 et avril 2013. Sont également représentés les cartes piézométriques et les points qui ont servi à leur établissement ; ces informations permettent de juger de la qualité des calculs de flux. Ces cartes sont disponibles en format plus grand à l'Annexe 1.

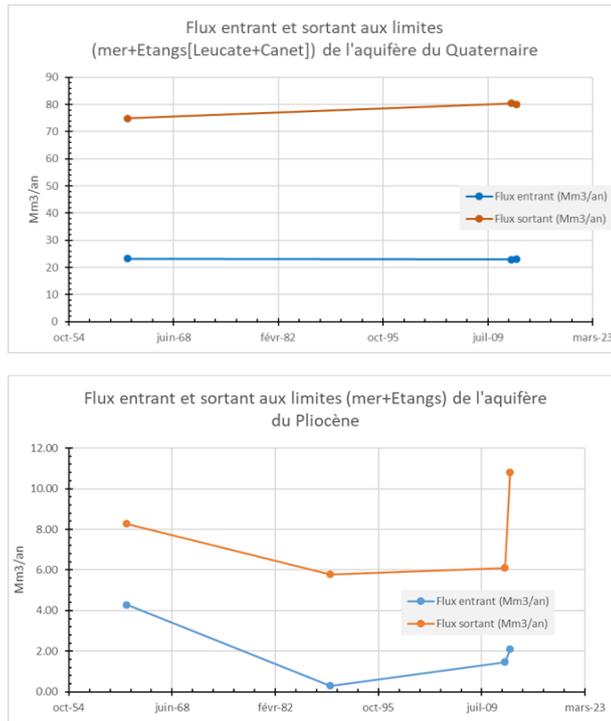


Figure 30 : flux aux limites du Quaternaire (haut) et du Pliocène (bas) au niveau de la mer et des étangs en Mm<sup>3</sup>/an. Flux entrant: mer → aquifère ; sortant: aquifère → mer. Notons que les valeurs août 2012 et avril 2013 sont peu fiables et que les estimations sur la partie ouest de la plaine sont aussi peu fiables.

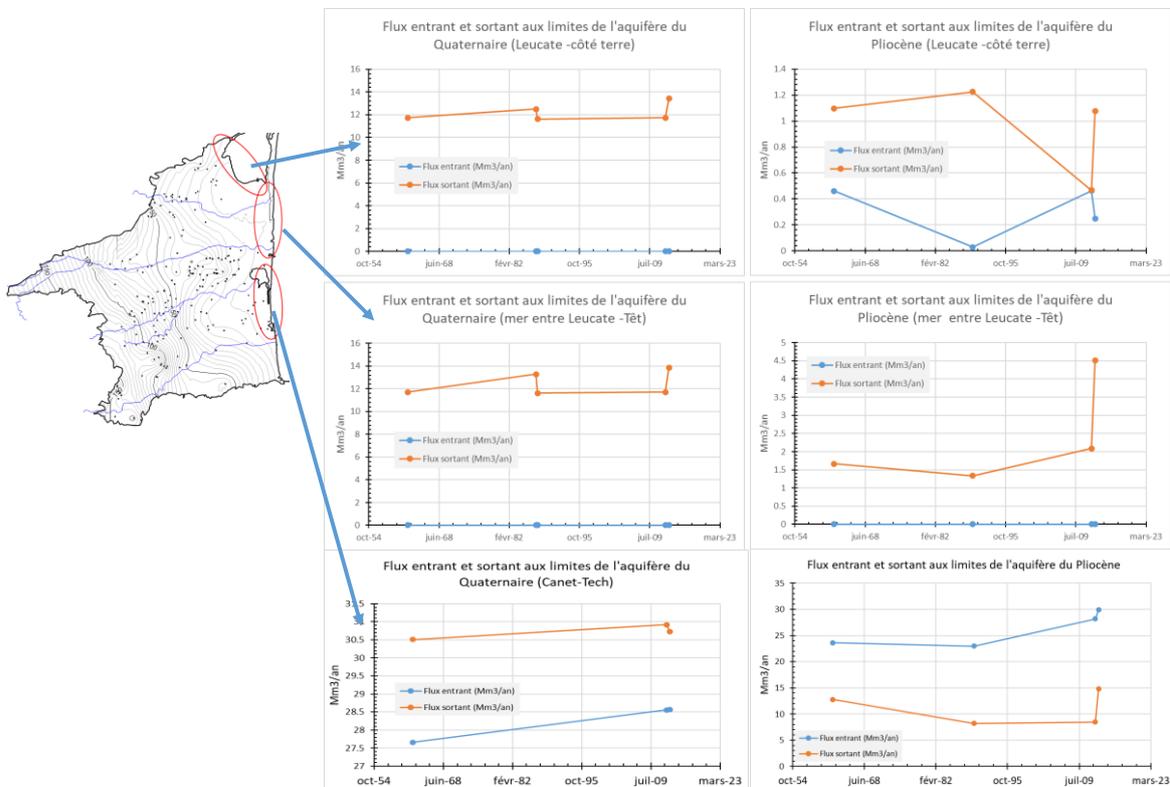


Figure 31 : flux au niveau de l'étang du Barcarès, de la Mer entre Barcarès et la Têt, et entre l'étang de Canet et le Tech, pour le Quaternaire (gauche) et le Pliocène (droite) en Mm<sup>3</sup>/an. Flux entrant: mer → aquifère ; sortant: aquifère → mer. Notons que les valeurs août 2012 et avril 2013 sont très peu fiables.

### 2.6.2. Flux au niveau des cours d'eau principaux

Les flux entrants et sortants au niveau des cours d'eau ont été calculés à l'aide des cartes piézométriques et de la loi de Darcy. Les cours d'eau pour le Quaternaire sont l'Agly, la Têt, le Réart (aval) et le Tech, et pour le Pliocène uniquement pour la partie amont du Réart.

Le calcul des flux est réalisé en considérant un flux vertical sous le cours d'eau suivant le schéma de la Figure 32. Dans ce cas on suppose, puisque la largeur du cours d'eau est grande devant sa profondeur, que les flux horizontaux sont négligeables. L'équation qui donne l'estimation du flux est :

$$\text{Flux}_{\text{vertical}} = (Pz2 - Pz1) * b * L * k'' / b''$$

Où,  $Pz1$  et  $Pz2$  sont les niveaux piézométriques ( $Pz1$ =charge du cours d'eau<sup>3</sup>;  $Pz2$ : charge dans l'aquifère ; en m),  $b$  la largeur du cours d'eau (m),  $k''$  (m/s) et  $b''$  (m) respectivement la perméabilité verticale et l'épaisseur du lit du cours d'eau et  $L$  la longueur du cours d'eau (m).  $L$  vaut 500 m conformément au maillage utilisé pour la réalisation des cartes piézométriques. Cependant, afin ne pas avoir une valeur erronée et exagérée de différence de charge piézométrique ( $Pz1 - Pz2$ ), dans la mesure où les cartes ont été établies sur grille à maillage de 500\*500 m et que les cours d'eau ne sont larges de quelques dizaines de mètres en moyenne, une linéarisation de la piézométrie dans l'aquifère a été réalisée afin d'avoir une valeur approchée au niveau du cours d'eau. L'équation précédente devient :

$$\text{Flux}_{\text{vertical}} = (\Delta Pz_{\text{lin}}) * b * k'' / b'' * L$$

avec  $\Delta Pz_{\text{lin}} = (Pz2 - Pz1) * (b/2) / L$  (cf. Théorème de Thalès).

Les flux au niveau des cours d'eau indiquent si l'aquifère draine ou est drainé par le cours d'eau. Les flux >0 indiquent des flux d'alimentation du cours d'eau par la nappe et les flux <0 indiquent des flux d'alimentation de la nappe par le cours d'eau. Pour les besoins du calcul la largeur des cours d'eau ( $b$ ) a été fixée constante à l'échelle de la plaine, elle est de 10 m pour le Pliocène (Réart amont), et de 20 m pour le Quaternaire (Agly, Têt, Réart (aval) et Tech). La perméabilité du lit du cours d'eau ( $k''$ ) a été fixée à  $4 \times 10^{-6}$  m/s pour ceux situés sur le Pliocène - pour comparaison, elle correspond à environ 10 fois moins la perméabilité horizontale de l'aquifère et à  $10^{-5}$  m/s pour ceux situés sur le Quaternaire - environ 100 fois moins que la perméabilité horizontale. L'épaisseur du lit du cours d'eau ( $b''$ ) est supposée constante dans les deux cas, égale à 1 m.

Comme dans les calculs précédents, notons que les valeurs de flux calculées sont à considérer avec beaucoup de précaution puisque les cartes piézométriques ne sont pas fiables sur toute la plaine, ni sur tous les secteurs d'une année à l'autre et qu'elles sont assujetties aux valeurs assignées aux paramètres hydrodynamiques ( $k''$ ,  $b''$ ,  $b$ ) et à la modalité du calcul (flux horizontaux négligés). Ces estimations sont donc entachées d'une forte incertitude. On s'attachera donc plus à leurs évolutions qu'à leurs valeurs propres. Les cartes ci-dessous (Figure 33, Figure 34) présentent ces calculs pour les années 1960 à avril 2013 et les Figure 35 à Figure 36, les cartes sur l'évolution de ces flux depuis les années 1960.

<sup>3</sup> Rappelons que les cartes piézométriques ont été construites en les contraignant par les cours d'eau, donc la valeur du niveau piézométrique au niveau du cours d'eau égale, nécessairement, la cote de ce dernier.

Au niveau des cours d'eau, on note depuis les années 1960 pour l'Agly, la Têt, à minima dans sa partie aval et le Réart, une baisse de leur alimentation par la nappe du Quaternaire (Figure 36). Pour tous les cours d'eau, y compris le Tech à minima dans sa partie aval, on note une augmentation des flux sortants, c'est dire que les cours d'eau alimentent plus la nappe du Quaternaire. Pour le Pliocène (Réart amont ; Figure 35), on observe la même tendance.

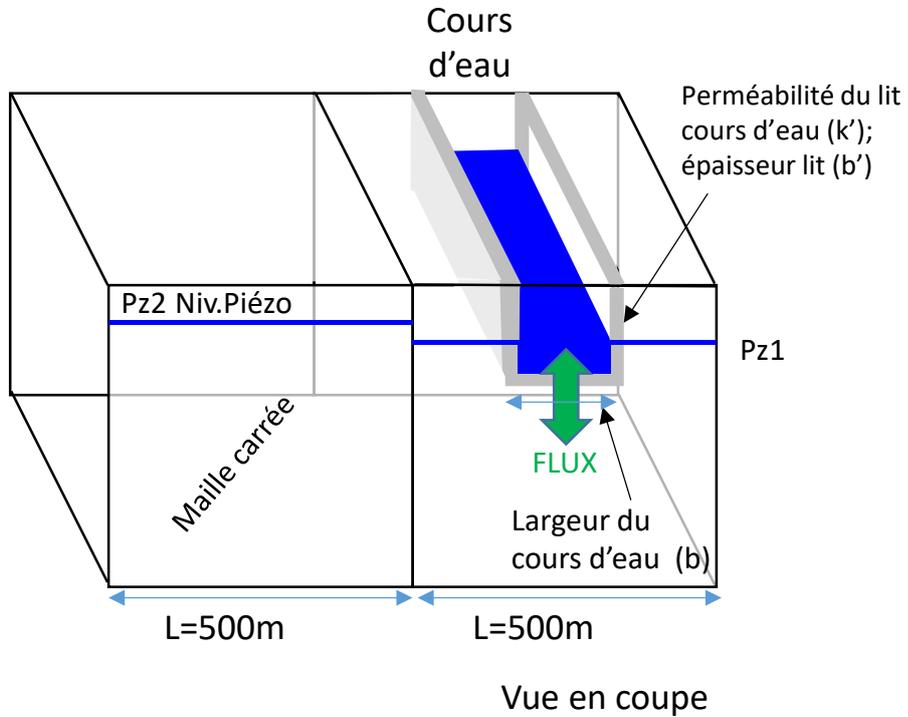


Figure 32 : schéma de calcul pour les flux sous les cours d'eau. Ici les flux horizontaux sont négligés.

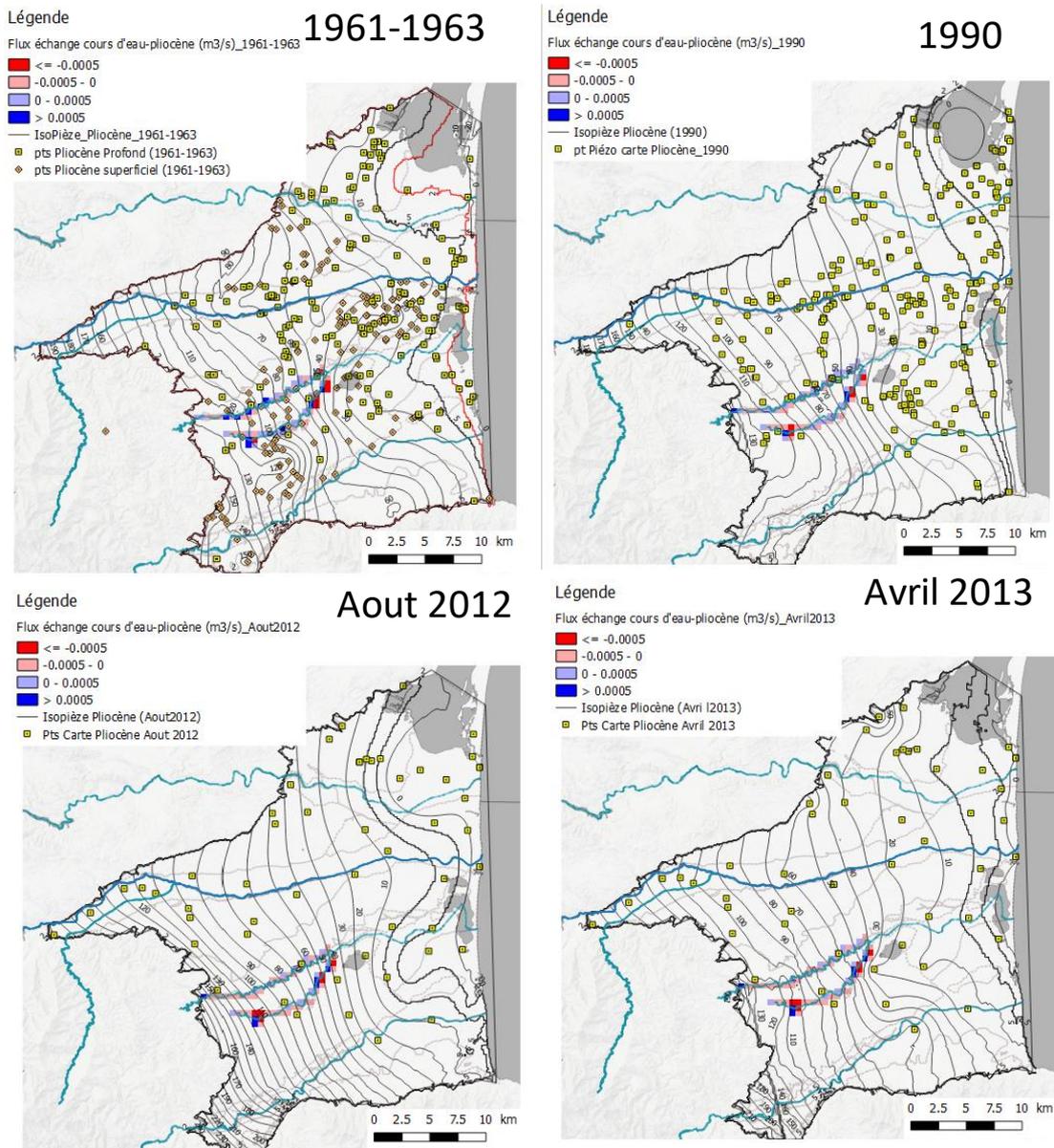


Figure 33 : calculs des flux entrants et sortants (en m<sup>3</sup>/s) au niveau des cours d'eau pour l'aquifère du Pliocène (Réart amont). Etiages années 1960 et 1990, août 2012 et avril 2013. Sont également représentés les cartes piézométriques et les points qui ont servi à leur établissement ; ces informations permettent de juger de la qualité des calculs de flux.

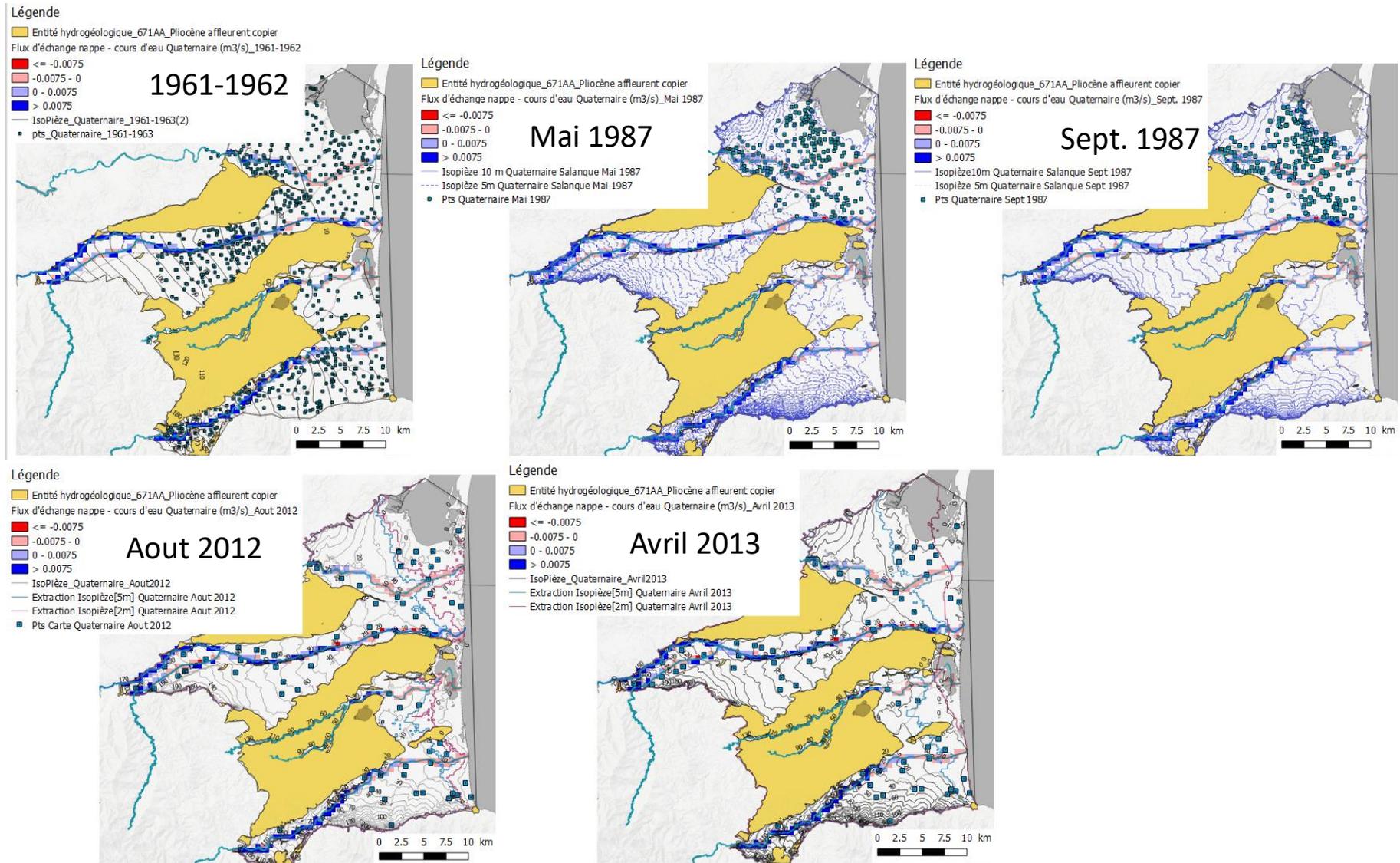


Figure 34 : calculs des flux entrants et sortants (en m<sup>3</sup>/s) au niveau des cours d'eau pour l'aquifère du Quaternaire (Agly, Têt, Tech, Réart aval). Etiage années 1960, mai et septembre 1987, août 2012 et avril 2013. Sont également représentés les cartes piézométriques et les points qui ont servi à leur établissement ; ces informations permettent de juger de la qualité des calculs de flux.

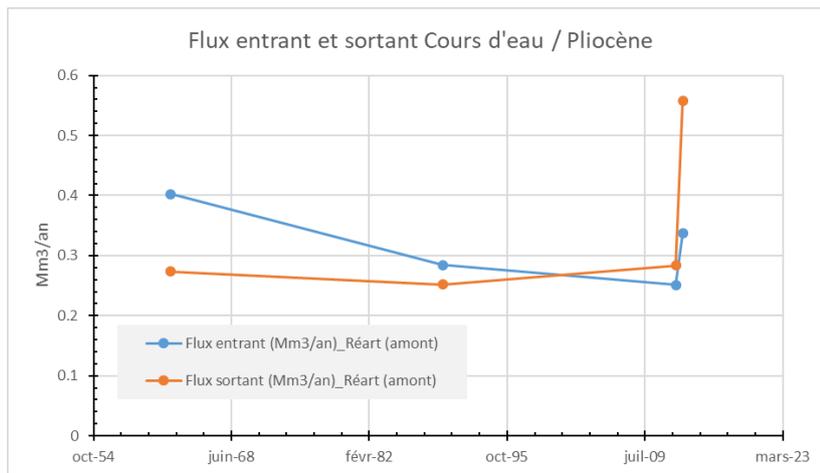
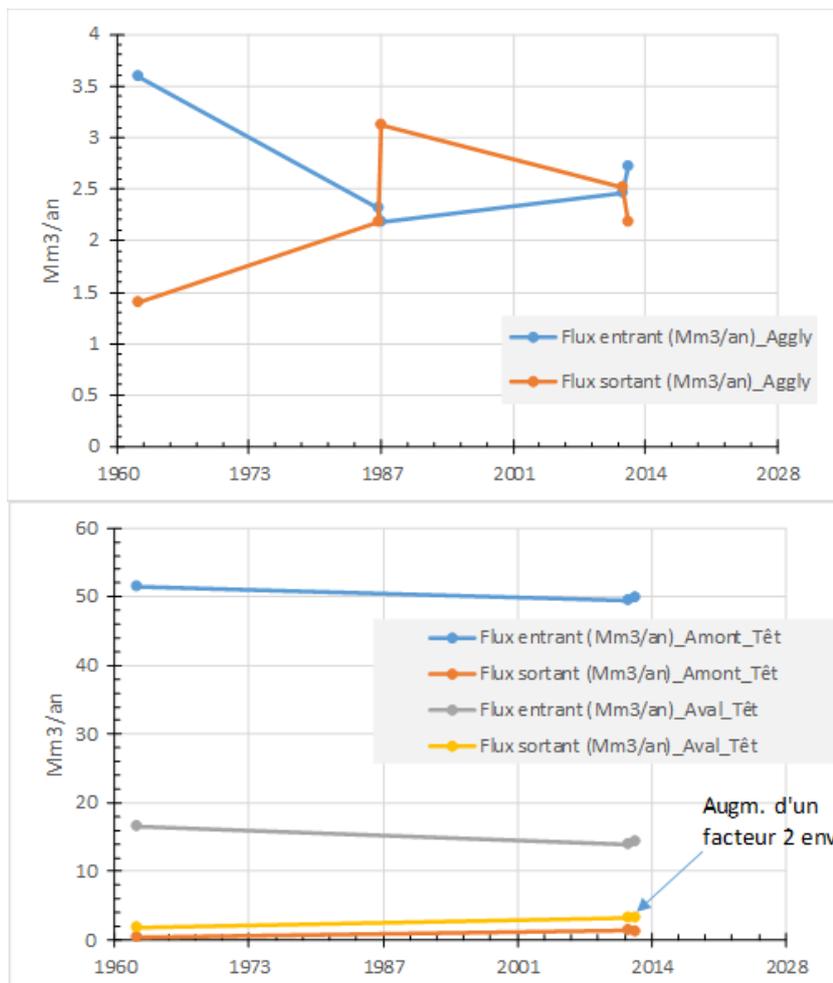


Figure 35 : évolution des flux au niveau des cours d'eau du Pliocène (amont du Réart ; en Mm3/an). Notons que les valeurs août 2012 et avril 2013 sont très peu fiables. Flux sortant : le cours d'eau alimente la nappe, flux entrant : la nappe alimente le cours d'eau.



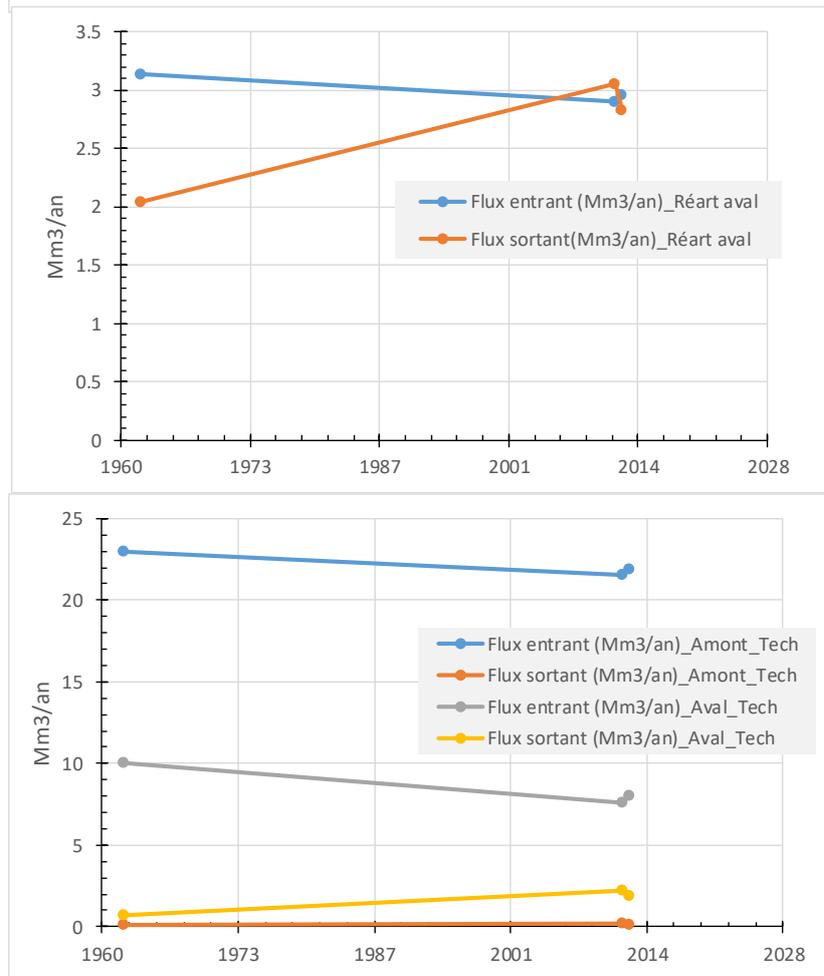


Figure 36 : évolution des flux au niveau des cours d'eau du Quaternaire. De haut en bas : Agly, Têt, Réart, Tech (en Mm<sup>3</sup>/an). Notons que les valeurs Têt amont 1960, Tech amont (toutes les années) sont très peu fiables. La partition amont-aval pour la Têt et le Tech correspond approximativement aux moitiés de cours d'eau dans la plaine. Flux sortant : le cours d'eau alimente la nappe, flux entrant : la nappe alimente le cours d'eau.

### **Ce qu'il faut retenir :**

L'augmentation de l'exploitation du Pliocène depuis les années 1960 a provoqué :

- une diminution des flux sortants de l'aquifère du Pliocène vers la mer ; pour autant ils sont toujours sortants et il n'y a pas d'augmentation des flux entrants (c.à.d. de la mer vers le Pliocène) ;
- les flux sortants de l'aquifère du Quaternaire vers la mer sont stables, l'exploitation du Pliocène ne semble pas les impacter de manière significative. Ce point est intéressant car il suggère que les flux transitant au sein du Quaternaire sont beaucoup plus importants que ceux de la drainage Quaternaire-Pliocène (cf. § précédent) ;

Les cours d'eau traversant les formations du Quaternaire (Agly, Têt, Tech, Réart), en particulier dans leur partie aval, étaient dans les années 1960 alimentés par la nappe, alors qu'aujourd'hui ce sont plutôt les cours d'eau qui alimentent les nappes (même tendance pour le Pliocène ; Réart amont).



### 3. Bilan et valorisations des données géochimiques de la plaine du Roussillon

La valorisation des informations géochimiques disponibles sur les eaux des systèmes aquifères de la plaine du Roussillon est l'une des étapes importantes du projet. Pour des mesures ponctuelles, elle permet d'évaluer la qualité de l'eau à un instant donné. Dans le cas d'un suivi à long terme, elle permet de suivre l'évolution de cette qualité au fil des années et de l'exploitation croissante des différents niveaux d'aquifère et peut apporter des éléments de compréhension des processus hydrogéologiques mis en jeu.

Les caractérisations géochimiques réalisées par Aunay en 2007 sur une trentaine d'ouvrages dans le secteur littoral de Canet, ont permis de montrer qu'il était possible de distinguer les eaux différents réservoirs aquifères (aquifère marin sableux, aquifères du pliocène continental) sur la base de concentrations en éléments majeurs et traces. En effet, si du point de vue hydrodynamique, il est complexe de différencier les eaux de chaque unité sédimentologique, la composition chimique permet de caractériser des eaux dont les propriétés varient en fonction de la lithologie, des modalités et du temps de cheminement au sein des différents aquifères.

Dans le secteur littoral de Canet étudié par Aunay, le chimisme des eaux du Pliocène marin sableux et du Pliocène continental témoignent de l'existence de circulations profondes et de temps de transit assez longs. Les eaux des aquifères profonds semblent naturellement contribuer à la recharge des aquifères supérieurs par drainance ascendante. Les résultats du projet ANR Grain d'sel<sup>4</sup> (Dörfliger, 2014) lancé en 2010 pour tenter de mieux caractériser les processus d'intrusion saline dans les formations du Pliocène n'ont pas permis de mettre en évidence l'existence d'une intrusion saline rapide et généralisée. La compréhension globale du processus est par ailleurs compliquée par la présence d'eaux saumâtres dans les étangs, dont les circulations profondes peuvent perturber la compréhension du signal d'intrusion saline, ainsi que par des formations plus ou moins profondes constituées de dépôts de paléo-étangs qui peuvent augmenter localement la salinité des eaux souterraines qui y circulent.

Les travaux géochimiques récents réalisés dans le projet Grain d'Sel ont permis d'apporter un éclairage nouveau sur la problématique de salinisation des aquifères côtiers en identifiant notamment les principaux géochimiques mis en jeu sur le secteur d'étude (Petelet et al, 2016). De cette étude géochimique et isotopique, nous retiendrons ici que les principaux éléments majeurs peuvent être utilisés pour caractériser les phénomènes d'interaction eau-roche et le mélange entre l'eau douce et l'eau de mer, ainsi que les processus d'échange d'ions associés au phénomène d'intrusion et d'eau d'origine marine au sein des aquifères, le cadre géochimique interprétatif ayant été défini.

Pour préciser le schéma conceptuel de fonctionnement hydrodynamique des aquifères depuis les zones de recharge (à l'ouest) jusqu'au littoral, il convient de recueillir et valoriser l'ensemble des données hydrochimiques disponibles (analyses de 1ère adduction, données Ades, littérature grise et scientifique...). L'objectif est ici d'établir un état de référence hydro-géochimique des niveaux aquifères du Pliocène du Roussillon et de comprendre les éventuelles évolutions en terme de mélange d'eaux d'origines différentes et de dégager une explication sur les mécanismes à l'œuvre.

---

<sup>4</sup> Projet GRAIN D'SEL (ANR ECOTECH No. 09-ECOT-008-01)

C'est dans ce cadre qu'une base de données a été initiée pour le projet en vue de répondre à la problématique liée à la qualité de l'eau (Gentet, 2018). Le travail de la consolidation de la base de données (Meité, 2018) permet dorénavant d'établir des cartes des paramètres chimiques à l'échelle de la plaine pour le quaternaire et le pliocène, pour différentes périodes depuis les années 1960. Ce chapitre rassemble la méthodologie mise en œuvre et présente les principaux résultats de cette valorisation.

### 3.1. CONSTRUCTION DE LA BASE DE DONNEES DU PROJET DEM'EAUX ROUSSILLON

#### 3.1.1. Base de données géochimiques

Le travail de compilation et de construction de la base de données géochimique du projet a été réalisé à partir des informations de la banque de données du sous-sol (BSS, accessible via Infoterre), de la base de données publique ADES, de la base de données du syndicat de la plaine du Roussillon (SMNPR) et des données « papiers » issues de la bibliographie comme indiqué sur la Figure 37.

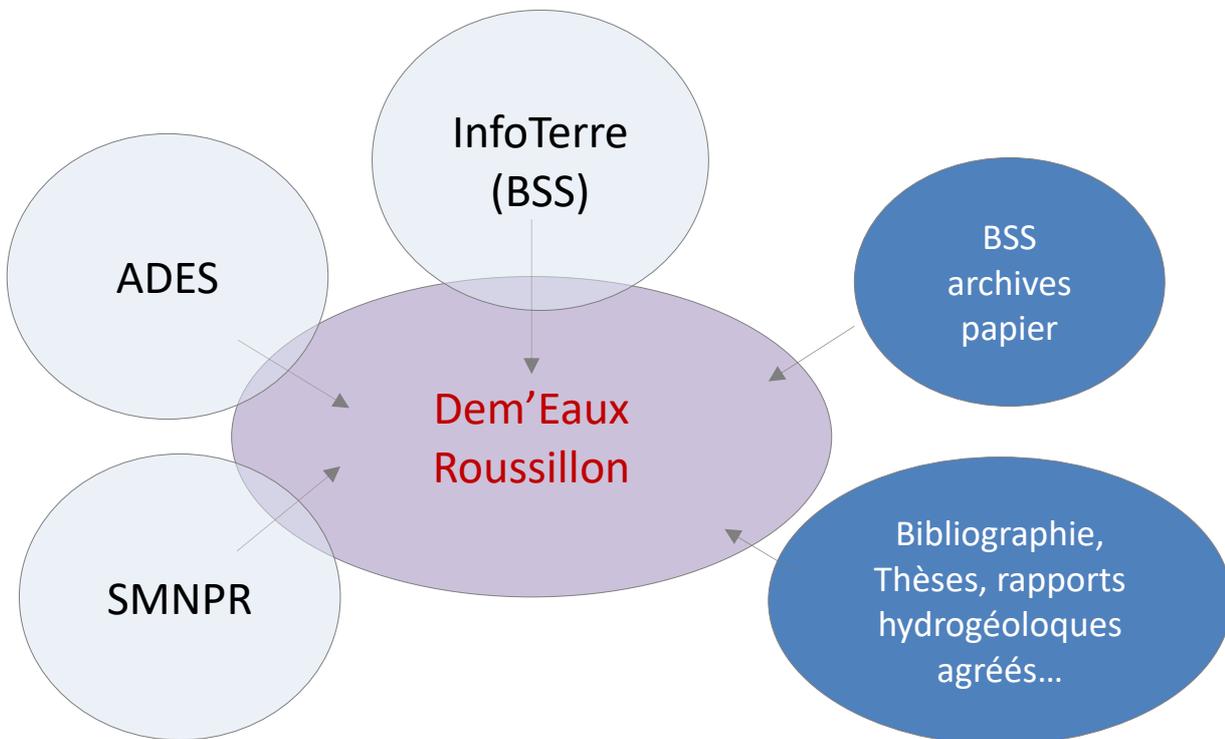


Figure 37. Schéma explicatif de la procédure de compilation de la base de données Dem'Eaux Roussillon

Dans le détail, la base de données chimiques de Dem'Eaux Roussillon est constituée à partir des informations suivantes :

- ❖ Bancarisation des données chimiques (Conductivité, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, Na, Ca, Mg, et K) des thèses de Dazy (1961), Biscaldi (1964), Patternot (1964), Got (1965) et Gadel (1966). Au cours des années 1961 à 1966 ces analyses chimiques ont été effectuées **sur 965 ouvrages** (puits et forages). Ces analyses concernent principalement les entités hydrologiques des alluvions des fleuves (Tech, Têt, Réart et Agly, 649 ouvrages) et

l'aquifère du pliocène (316 ouvrages). Le géoréférencement (RGF93/Lambert 93) des ouvrages a été également réalisé à partir des informations de localisation disponibles sur les tableaux et cartes fournies en annexe des thèses. La plupart des ouvrages de la base de données chimiques des thèses ne disposant pas d'identifiants BSS, une procédure de création de numéro BSS a été lancée. Les données de la thèse de Sola (1976) ont été bancarisées également ;

- ❖ Pour chaque ouvrage, recoupement/vérification des informations numériques de la BSS (infoterre) avec les dossiers papiers, bancarisation des données chimiques disponibles (données de 1ère adduction, rapport des hydrogéologues agréés). Vérification avec les données ADES, suppression des doublons le cas échéant.
- ❖ Bancarisation des données consignées dans les rapports et notes techniques du BRGM édité avant 1981, bancarisation des données de la chambre d'agriculture/BRGM (nitrate Roussillon 1995-1996<sup>5</sup>, opération Fertimieux 98), étude Chery et Marchal (1992,1994)<sup>6</sup>, étude corbières 2004 (Ladouche et al, 2004)<sup>7</sup>, Pia 2003 (Ladouche et al, 2003)<sup>8</sup>, thèse de Aunay (2007), Etudes SMNPR/Univ. Avignon 2013/2014 et Rosaret (Ladouche et Dewandel 2016<sup>9</sup>), données du projet Grain'Sel (Petelet et al, 2016).
- ❖ Sur la zone d'étude, extraction des données chimiques bancarisées dans ADES (extraction du 29/01/2019). Les données les plus anciennes bancarisées dans ADES débutent en 1981. Sur la zone d'étude de la plaine du Roussillon, l'extraction a concerné 308 ouvrages, la Figure 38 rassemblent les principaux éléments de description.

#### Bilan des données Bancarisées dans ADES (extraction du 29/01/2019)

Formations aquifères	nb Cond* µS/cm	nb SO4 (mg/l)	nb Cl (mg/l)	nb NO3 (mg/l)	nb Na (mg/l)	nb HCO3 (mg/l)	nb Ca (mg/l)	nb Mg (mg/l)
Quaternaire	851	647	673	796	601	615	602	602
?Quaternaire/Pliocène	418	88	311	316	88	88	88	88
Pliocène <45m	447	121	411	303	96	112	96	96
Pliocène >45m et <80m	905	281	1385	484	264	278	264	264
Pliocène >85m et <150m	699	454	783	534	383	432	383	383
Pliocène >150 m	1012	646	1295	668	571	635	571	571
<b>Total général</b>	<b>4332</b>	<b>2237</b>	<b>4858</b>	<b>3101</b>	<b>2003</b>	<b>2160</b>	<b>2004</b>	<b>2004</b>

\* à 25°C, normalisation à 25°C des données anciennes exprimées à 20°C ou 18°C

Figure 38. Recensement des données disponibles dans ADES sur les 308 ouvrages de la zone d'étude (extraction ADES du 29/01/2019)

Le bilan descriptif de la base de données géochimiques constituées dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon est présenté sur la Figure 39.

<sup>5</sup> BRGM R39386

<sup>6</sup> BRGM R36094, BRGM R36329, BRGM R38604

<sup>7</sup> BRGM/RP-52918-FR

<sup>8</sup> BRGM/RP-52795-FR

<sup>9</sup> BRGM/RP-66432-FR

**Bilan des données Bancarisées dans la Base Dem'Eaux Roussillon (01/04/2019)**

Étiquettes de lignes	nb Cond* µS/cm	nb SO4 (mg/l)	nb Cl (mg/l)	nb NO3 (mg/l)	nb Na (mg/l)	nb HCO3 (mg/l)	nb Ca (mg/l)	nb Mg (mg/l)	nb K (mg/l)
Quaternaire	2559	1510	1539	1830	1465	1477	1437	1437	854
?Quaternaire/Pliocène	1005	126	349	897	126	126	118	117	38
Pliocène <45m	840	451	747	503	429	446	431	430	333
Pliocène >45m et <80m	1406	889	1546	1016	821	878	814	813	340
Pliocène >85m et <150m	1731	733	1840	1176	719	728	716	715	455
Pliocène >150 m	1397	826	1163	1139	760	805	756	756	377
<b>Total général</b>	<b>8938</b>	<b>4535</b>	<b>7184</b>	<b>6561</b>	<b>4320</b>	<b>4460</b>	<b>4272</b>	<b>4268</b>	<b>2397</b>

\* à 25°C, normalisation à 25°C des données anciennes exprimées à 20°C ou 18°C

Figure 39. Recensement des données disponibles sur les éléments majeurs dans la base de données géochimiques constituées dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon

### 3.1.2. Recensement des informations par périodes en vue de la création des cartes d'évolutions spatiales

La production des cartes d'évolution spatiale repose l'outil géostatistique (analyse variographique) ce qui impose au préalable de sélectionner les périodes pour lesquelles un grand nombre de données sont disponibles. Les tableaux des illustrations en Annexe 2 (Figure A- 22 et Figure A- 23) permettent de recenser et d'identifier les fenêtres temporelles depuis 1960 sur lesquelles des calculs ont été possibles pour les formations aquifères (quaternaire et pliocène).

Pour le quaternaire, on identifie les périodes suivantes :

- Période 1961-1963
- Période 1995-1998
- Période 2003-2007
- Période 2003-2007
- Période 2014-2018

Pour le pliocène (sans distinction de profondeur), on identifie les périodes suivantes :

- Période 1961-1963
- Période 1974-1976
- Période 1995-1998
- Période 2003-2007
- Période 2015-2018

Le bilan des données chimiques disponibles pour chacune des périodes sélectionnées est présenté dans le tableau suivant (Figure 40). D'une manière globale, les informations disponibles sont plus nombreuses pour le pliocène en comparaison du quaternaire à l'exception de la période de référence (1961-1963). Notons que pour la période 1995-1998, beaucoup d'informations sont disponibles pour les nitrates et la conductivité électrique des eaux. Des cartes détaillées d'évolution spatiale ont pu être réalisées pour cette périodes (cartes établies à l'aide de QGIS).

<b>Période: 1961 -1963</b>			<b>Période: 1974 -1976</b>		
Formation Aquifère	Quaternaire Pliocène		Formation Aquifère	Quaternaire Pliocène	
Nombre d'ouvrages concerné par au moins un paramètre	508	242	Nombre d'ouvrages concerné par au moins un paramètre	35	167
nb de valeur de Cond*	505	241	nb de valeur de Cond*	35	157
nb de valeur de SO4	506	234	nb de valeur de SO4	33	110
nb de valeur de Cl	508	240	nb de valeur de Cl	33	131
nb de valeur de NO3_mg/l	0	2	nb de valeur de NO3_mg/l	4	14
nb de valeur de Na	508	236	nb de valeur de Na	30	104
nb de valeur de HCO3	487	229	nb de valeur de HCO3	32	101
nb de valeur de Ca	508	240	nb de valeur de Ca	30	110
nb de valeur de Mg	508	239	nb de valeur de Mg	30	108
nb de valeur de K	505	236	nb de valeur de K	30	105
<b>Période: 1995 -1998</b>			<b>Période: 2003 -2007</b>		
Formation Aquifère	Quaternaire Pliocène		Formation Aquifère	Quaternaire Pliocène	
Nombre d'ouvrages concerné par au moins un paramètre	728	413	Nombre d'ouvrages concerné par au moins un paramètre	71	274
nb de valeur de Cond*	640	346	nb de valeur de Cond*	69	231
nb de valeur de SO4	84	98	nb de valeur de SO4	51	153
nb de valeur de Cl	86	153	nb de valeur de Cl	63	205
nb de valeur de NO3_mg/l	718	342	nb de valeur de NO3_mg/l	55	151
nb de valeur de Na	79	88	nb de valeur de Na	51	150
nb de valeur de HCO3	80	92	nb de valeur de HCO3	48	144
nb de valeur de Ca	42	87	nb de valeur de Ca	51	150
nb de valeur de Mg	42	85	nb de valeur de Mg	51	150
nb de valeur de K	79	87	nb de valeur de K	51	150
<b>Période: 2015 -2018</b>					
Formation Aquifère	Quaternaire Pliocène				
Nombre d'ouvrages concerné par au moins un paramètre	59	181			
nb de valeur de Cond*	58	179			
nb de valeur de SO4	54	159			
nb de valeur de Cl	57	178			
nb de valeur de NO3_mg/l	55	157			
nb de valeur de Na	53	158			
nb de valeur de HCO3	54	158			
nb de valeur de Ca	53	157			
nb de valeur de Mg	53	157			
nb de valeur de K	53	157			
* à 25°C, normalisation à 25°C des données anciennes exprimées à 20°C ou 18°C					

Figure 40. Bilan des données chimiques disponibles pour chacune des périodes sélectionnées.

### 3.2. CARACTERISATION DE L'ETAT GEOCHIMIQUE DE REFERENCE (PERIODE 1961-1963) DES DIFFERENTES ENTITEES HYDROGEOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

#### 3.2.1. Entités hydrologiques de la zone d'étude et faciès chimiques des eaux

La Figure 41 permet de localiser les différentes entités hydrogéologiques des formations alluvionnaires du quaternaire. Pour le pliocène de la zone d'étude, on distingue les zones où le pliocène est affleurant des zones où le pliocène est sous couverture quaternaire. Pour le pliocène, on a distingué les ouvrages dont la profondeur dans le Pliocène est inférieure à 45 m des ouvrages plus profonds (>45 m) pour tenter de différencier le Pliocène continental du Pliocène marin sableux en termes de caractéristiques géochimiques en l'absence de modélisation géologique de leur interface à la date de réalisation de ce travail. Notons qu'aucune information n'est disponible sur les entités de la nappe alluviale de la Têt situées en amont de St-Feliu-d'Avall.

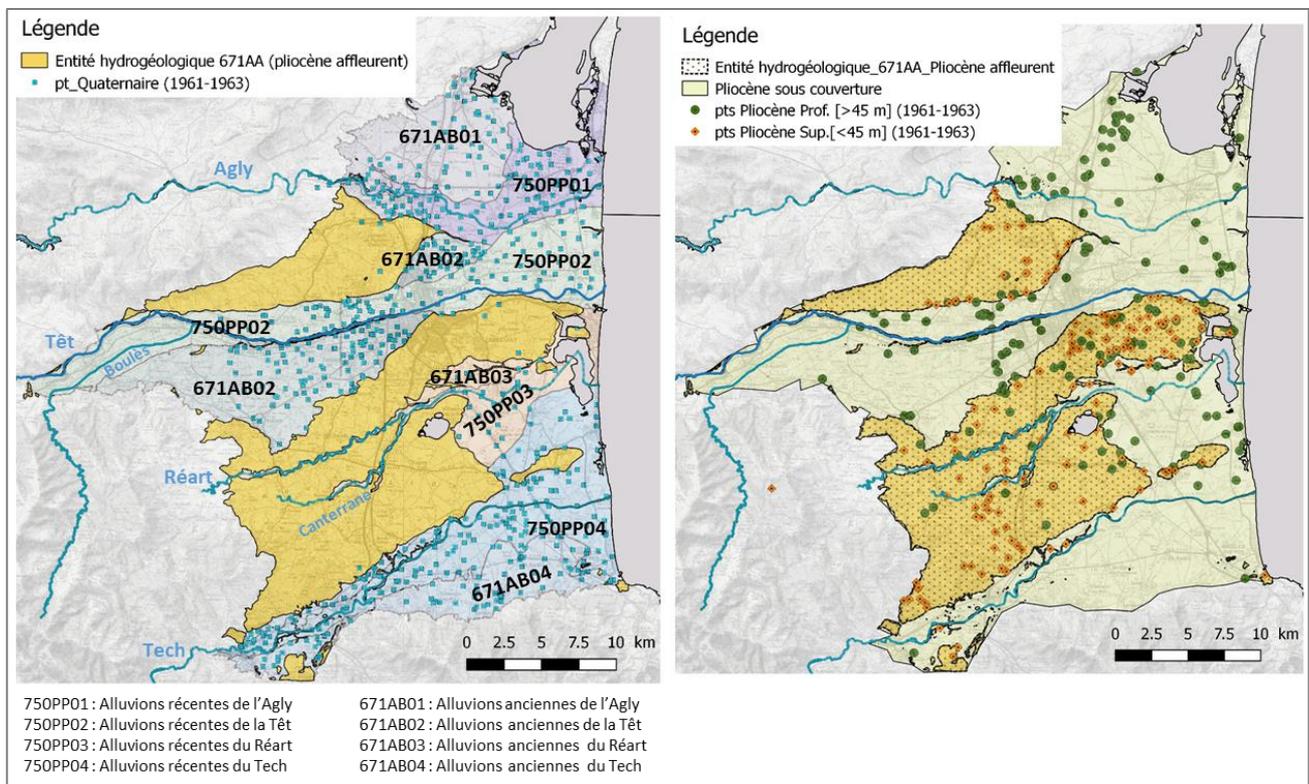


Figure 41. Localisation des entités hydrogéologique de la zone d'étude.

Les illustrations suivantes (Figure 42 et Figure 43) présentent les diagrammes de Piper des eaux de la zone d'étude. Les eaux des alluvions de l'Agly sont principalement de type sulfatée calcique, certains points présentent un faciès chloruré-sodique. Les eaux de alluvions de la Têt sont bicarbonatées calciques où de type sulfatées calciques, certains points présentant un faciès chloruré-sodique. Les eaux de alluvions du Tech sont bicarbonatées calciques où de type sulfatées calciques à tendance magnésiennes, globalement les eaux n'ont pas de cations dominants. Pour le Pliocène, globalement les eaux ne présentent pas de cations dominants et une grande diversité de faciès est observée. Certaines eaux sont bicarbonatées calciques, d'autres sont sulfatées calciques à tendance magnésiennes, certains points présentent un faciès chloruré-sodique.

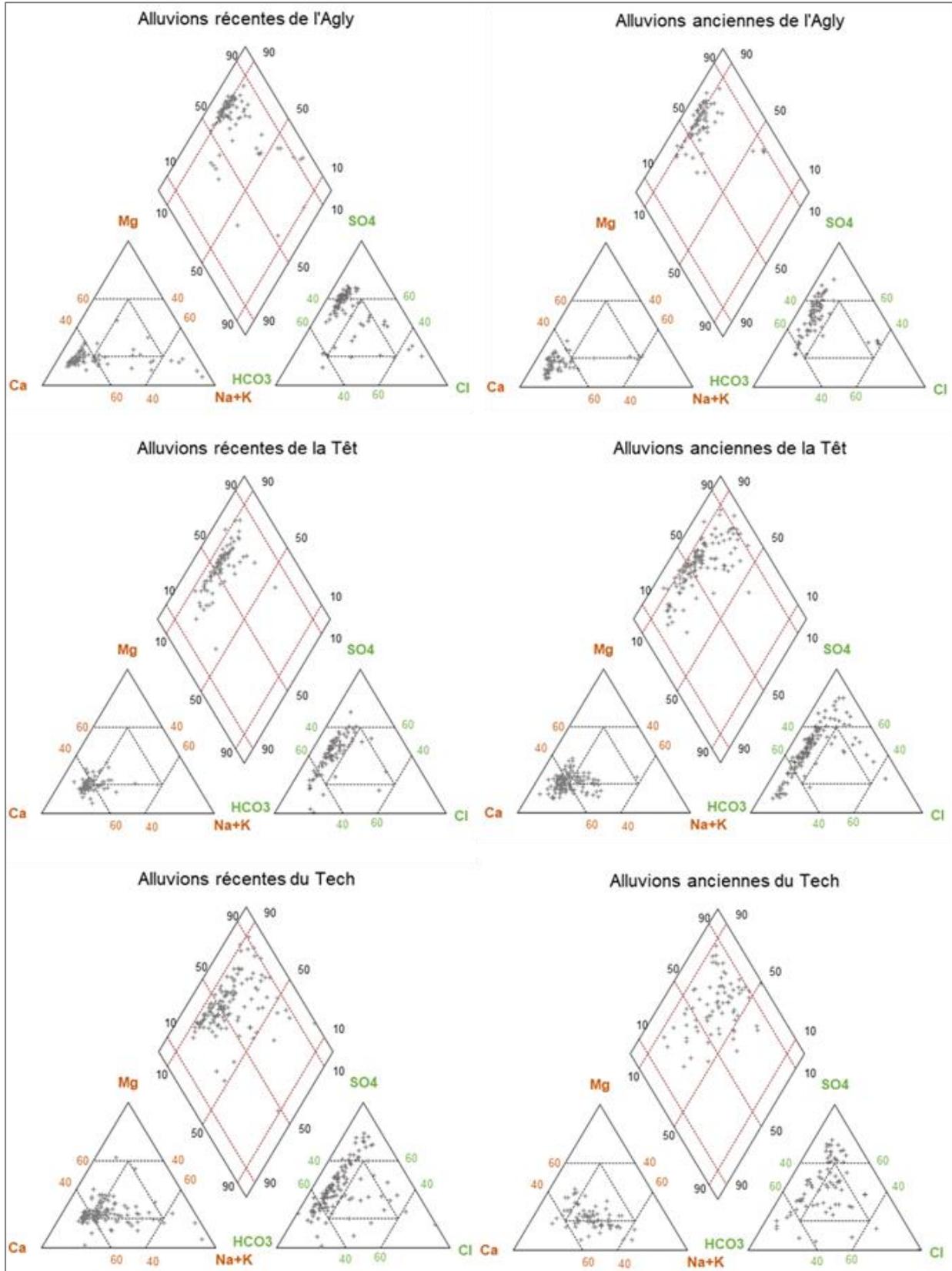


Figure 42. Diagrammes de piper des eaux des différentes entités hydrogéologiques du quaternaire.

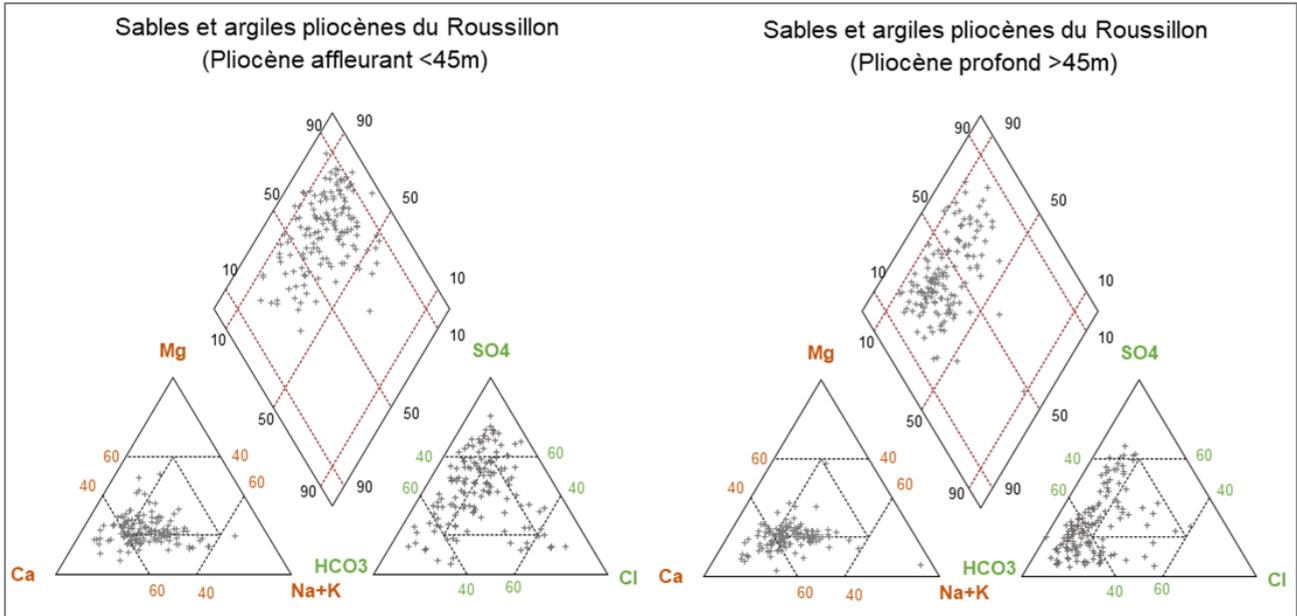


Figure 43. Diagrammes de piper des eaux des eaux du pliocène.

### 3.2.2. Analyses statistiques descriptives des paramètres chimiques des eaux échantillonnées entre 1961 et 1963 (période de référence).

Une comparaison à l'aide des boîtes à moustache<sup>10</sup> est réalisée sur les eaux échantillonnées dans les années 1960 au sein des différentes entités hydrogéologiques de la zone d'étude.

Pour la conductivité électrique des eaux (Figure 44), les résultats indiquent que la valeur médiane de la conductivité des eaux du pliocène affleurant est de l'ordre 1050  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (à 25°C) et apparaît globalement supérieure aux valeurs médianes des entités hydrogéologique des alluvions du quaternaires. La valeur médiane des eaux du pliocène profond (>45 m) était de l'ordre de 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (à 25°C). A sein des alluvions du quaternaire, les valeurs médianes les plus faibles sont observées dans les alluvions de la Têt et du Tech (médianes comprise entre 400 et 550  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), les valeurs médianes sont plus élevées dans les alluvions de l'Agly (800 à 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivement pour les alluvions anciennes et récentes). Notons qu'aucune information n'est disponible sur la nappe alluviale située en amont de St-Feliu-d'Avall.

Les boîtes à moustache des éléments majeurs (chlorures et sulfates) permettent également de différencier les eaux des différentes entités hydrogéologiques (Figure 45 et Figure 46). Les eaux du pliocène peu profonde (<45 m) prélevées dans les secteurs où le pliocène est affleurant présentent globalement des concentrations plus élevées en chlorure et sulfate en comparaison des valeurs mesurées dans le pliocène profond (>45 m) situé sous couverture. Les valeurs médianes en chlorure et sulfate mesurées dans les eaux du pliocène affleurant sont respectivement de 87 mg/l et 318 mg/l, contre 38 mg/l et 59 mg/l pour les eaux du pliocène profond (>45 m) situées sous couverture quaternaire. Les valeurs médianes des chlorures et

<sup>10</sup> Ce graphique permet de résumer les paramètres statistique d'une variable de manière simple et visuel, d'identifier les valeurs extrêmes et de comprendre la répartition des observations. La valeur centrale du rectangle est la médiane (il existe autant de valeur supérieures qu'inférieures à cette valeur dans l'échantillon). Les bords du rectangle sont le 1er et le 3ème quartile. (Pour le bord inférieur, un quart des observations ont des valeurs plus petites et trois quart ont des valeurs plus grandes, le bord supérieur suit le même raisonnement). Les extrémités des moustaches sont calculées en utilisant 1.5 fois l'espace interquartile (la distance entre le 1er et le 3ème quartile).

sulfates du pliocène affleurant sont également supérieures aux valeurs rencontrées aux seins des entités hydrogéologiques des alluvions du quaternaires, à l'exception des alluvions de l'Agly qui présentent des concentrations en  $SO_4$  plus importantes. A sein des alluvions du quaternaire, les valeurs médianes des chlorures et sulfates les plus faibles sont observées dans les alluvions de la Têt et du Tech (médianes comprises entre 20 et 30 mg/l de chlorures et médianes comprises entre 80 mg/l et 145 mg/l de sulfate), les valeurs médianes en chlorure sont beaucoup plus élevées dans les alluvions de l'Agly (médianes comprises entre 39 et 54 mg/l) et globalement supérieures pour les sulfates (médianes comprises entre 297 mg/l et 403 mg/l). Le caractère globalement bicarbonaté calcique ou sulfaté calcique des eaux de la zone d'étude s'exprime par des teneurs en calcium variables au sein des différentes entités hydrogéologiques (Figure 47). Les concentrations en calcium les plus importantes sont observées au sein des alluvions de l'Agly et dans le pliocène affleurant peu profond (<45 m), valeurs médianes autour de 300 mg/ l de calcium. Les concentrations les plus faibles sont observées au sein des alluvions anciennes de la Têt et du Tech (valeurs médianes autour de 40 mg/ l de calcium). Les concentrations des alluvions récentes de la Têt et du Tech présentent des valeurs médianes comprises entre 50 et 70 mg/ l de calcium, les eaux du pliocène profond présentent des valeurs médianes comparables.

Les statistiques descriptives (Box Plot) des teneurs en sodium (Na), potassium (K) et hydrogénocarbonate ( $HCO_3$ ) des différentes entités hydrogéologiques sont présentés en Annexe 2.



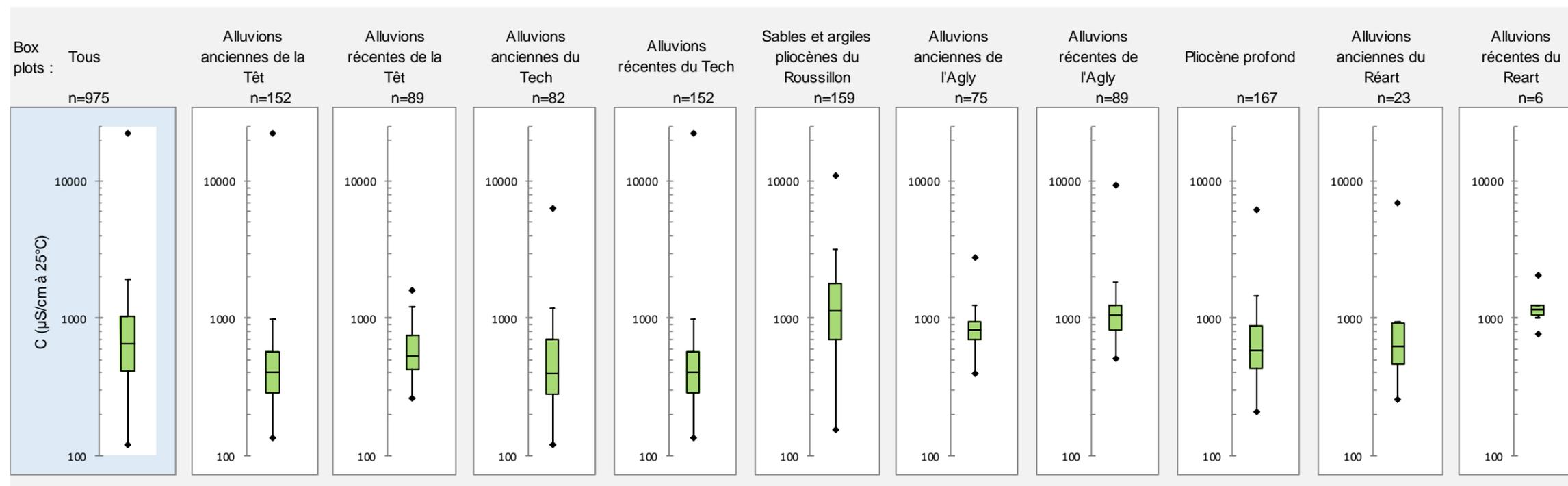


Figure 44. Statistiques descriptives (Box Plot) de la conductivité électrique des eaux des différentes entités hydrogéologique de la zone d'étude, (periode 1961-1963, calculé à partir des données des thèses de Dazy (1961), Biscaldi (1964), Patternot (1964), Got (1965) et Gadel (1966).

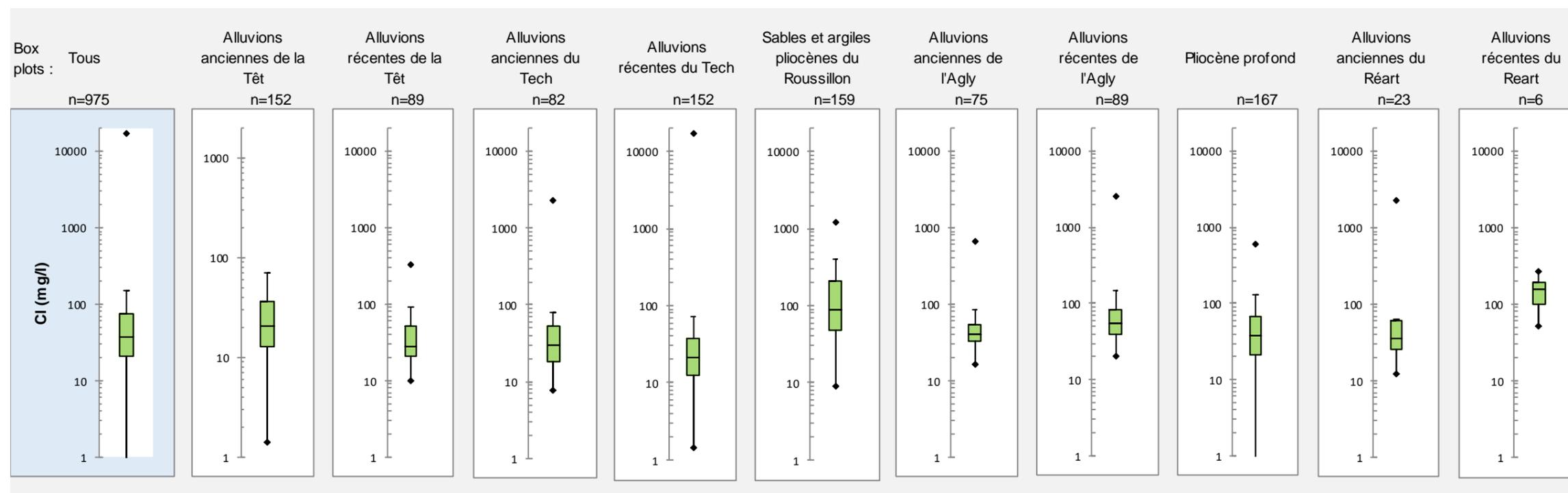


Figure 45. Statistiques descriptives (Box Plot) des teneurs en chlorure (Cl) des eaux des différentes entités hydrogéologiques de la zone d'étude, (periode 1961-1963), calculée à partir des données des thèses de Dazy (1961), Biscaldi (1964), Patternot (1964), Got (1965) et Gadel (1966)

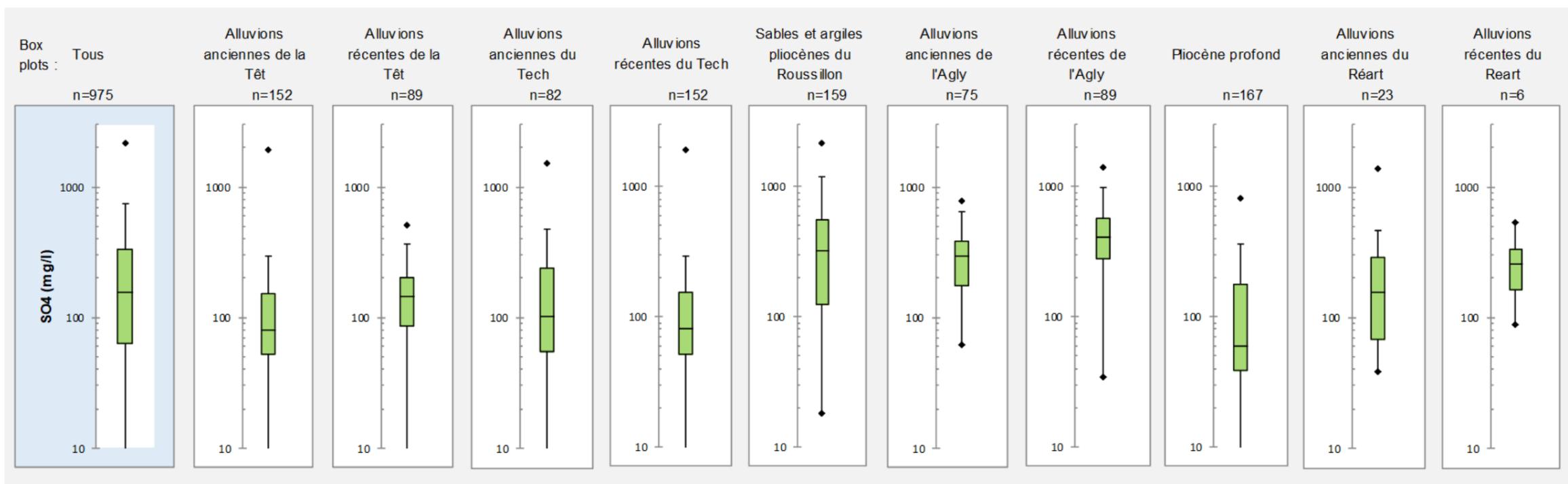


Figure 46. Statistiques descriptives (Box Plot) des teneurs en sulfate (SO4) des eaux des différentes entités hydrogéologiques de la zone d'étude, (période 1961-1963), calculée à partir des données des thèses de Dazy (1961), Biscaldi (1964), Patternot (1964), Got (1965) et Gadel (1966)

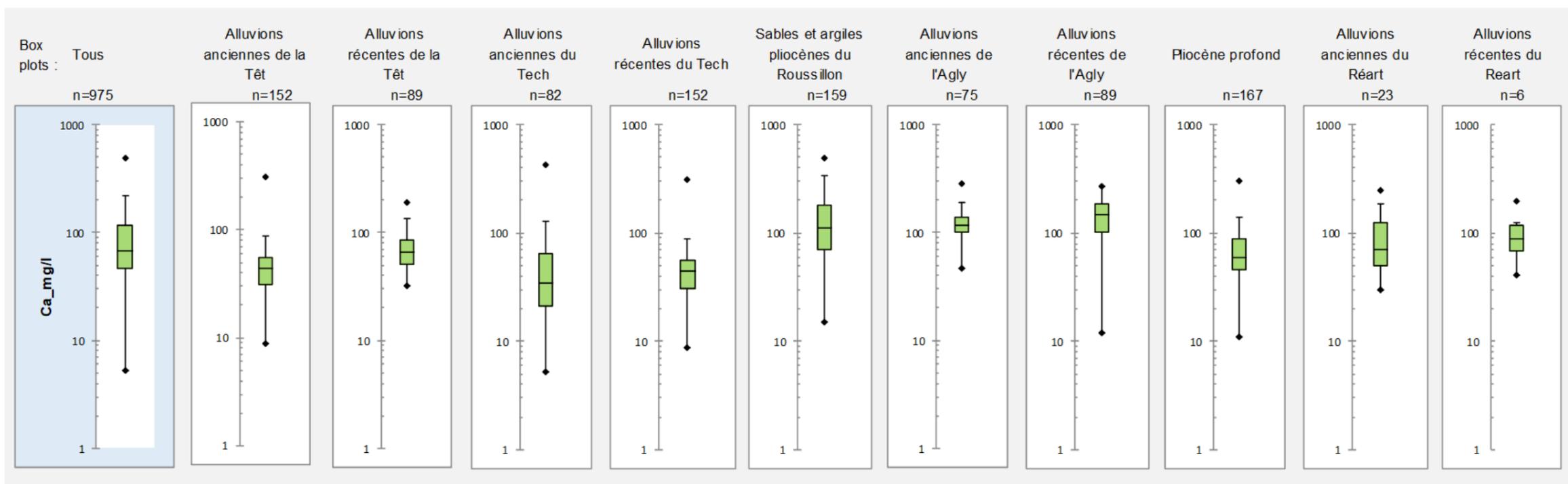


Figure 47. Statistiques descriptives (Box Plot) des teneurs en calcium (Ca) des eaux des différentes entités hydrogéologiques de la zone d'étude, (période 1961-1963), calculée à partir des données des thèses de Dazy (1961), Biscaldi (1964), Patternot (1964), Got (1965) et Gadel (1966)

### 3.2.3. Evolution spatiale de la qualité des eaux du quaternaire du Pliocène (Période de référence : 1961-1963)

Les figures suivantes (Figure 48 et Figure 49) présentent l'évolution spatiale de la conductivité électrique et des teneurs en chlorures des eaux du quaternaire pris dans sa globalité (toutes les entités hydrogéologiques ont été considérées comme un seul ensemble). Pour le Pliocène, 3 cartes sont présentées, l'une pour le pliocène peu profond (ouvrages < à 45 m de profondeur), une seconde pour le pliocène profond (ouvrages > à 45 m de profondeur), la troisième a été établie en considérant l'ensemble des points du pliocène. C'est cette dernière carte qui sera utilisée dans la suite pour établir les comparaisons avec les cartes produites sur les 4 périodes postérieures : 1974-1976 ; 1995-1998 ; 2003-2007 et 2015-2018.

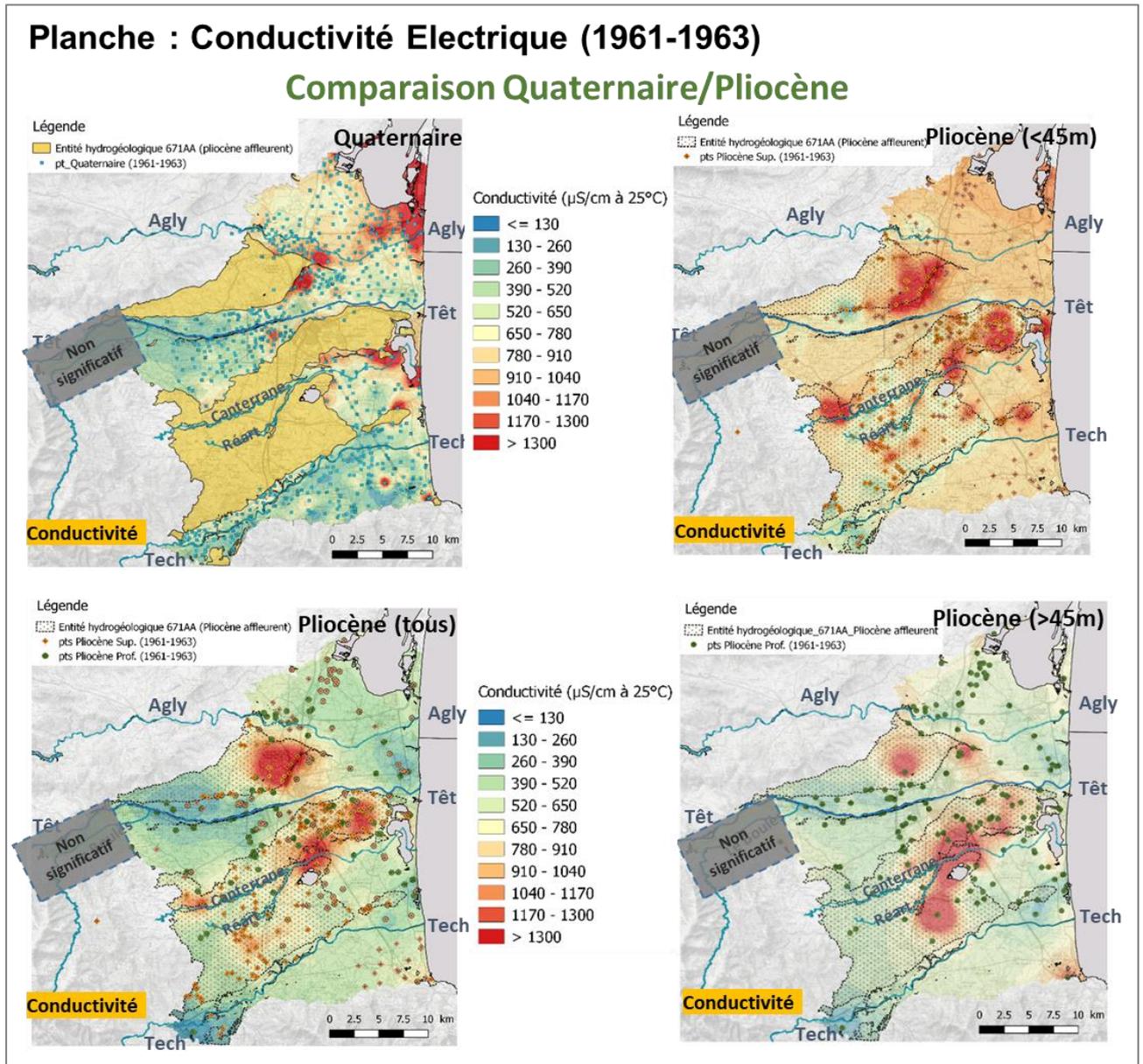


Figure 48. Evolution spatiale de conductivité électrique (μS/cm à 25°C) des eaux du quaternaire et du pliocène (période de référence : 1961-1963).

Les planches graphiques des autres éléments majeurs (Na, K, Mg) et des rapports chimiques Na/Cl, Ca/Cl et SO<sub>4</sub>/Cl sont présentées en Annexe 2.

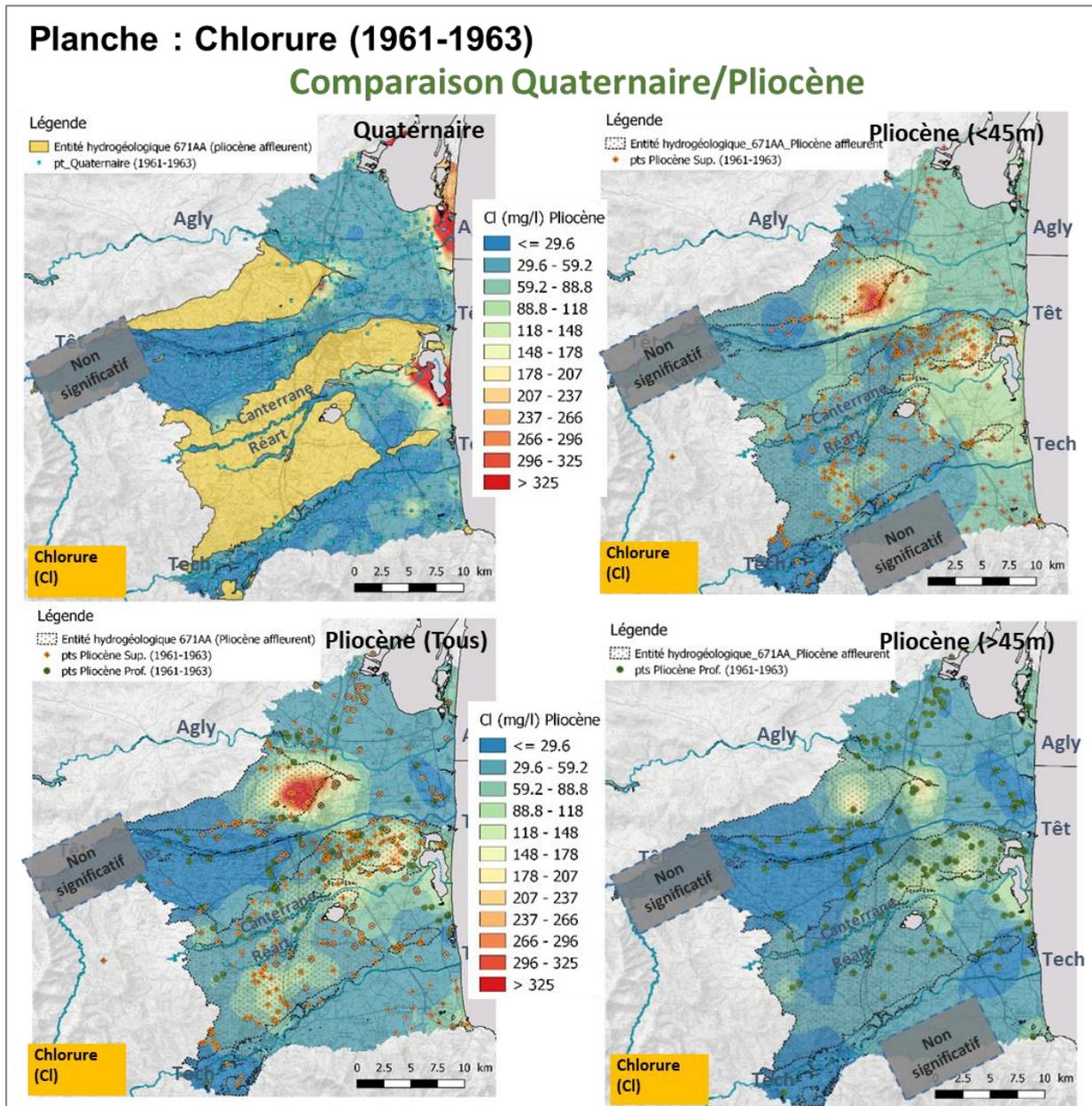


Figure 49. Evolution spatiale des teneurs en Chlorure (Cl en mg/l) des eaux du quaternaire et du pliocène (période de référence : 1961-1963).

Dans les années 1960, les conductivités électriques les plus élevées (>1300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) des eaux du quaternaire sont observées sur la bordure littorale au niveau du Barcarès(Le) et autour de l'Étang de Canet. Des conductivités élevées sont également observées au nord de Perpignan et autour de Pia, ces dernières ne sont pas ou peu associées à des teneurs en chlorures élevées (>300 mg/l) contrairement aux secteurs du Barcarès(Le) et autour de l'Étang de Canet. L'origine des conductivités élevées des eaux du quaternaire dans le secteur de Perpignan et de Pia est lié aux hydrogénocarbonates, aux sulfates (Figure 50) et au calcium principalement. Des concentrations en sulfate importantes sont observées localement dans les alluvions de l'Agly, ce qui pourrait traduire l'existence d'échange avec le fleuve Agly. Dans le secteur de Salses-le-

Château, des teneurs supérieures à 250 mg/l sont observés localement, ce qui suggère ici la contribution des eaux saumâtres du karst des Corbières à proximité des exutoires principaux des sources de Fontestramar et Font-Dame.

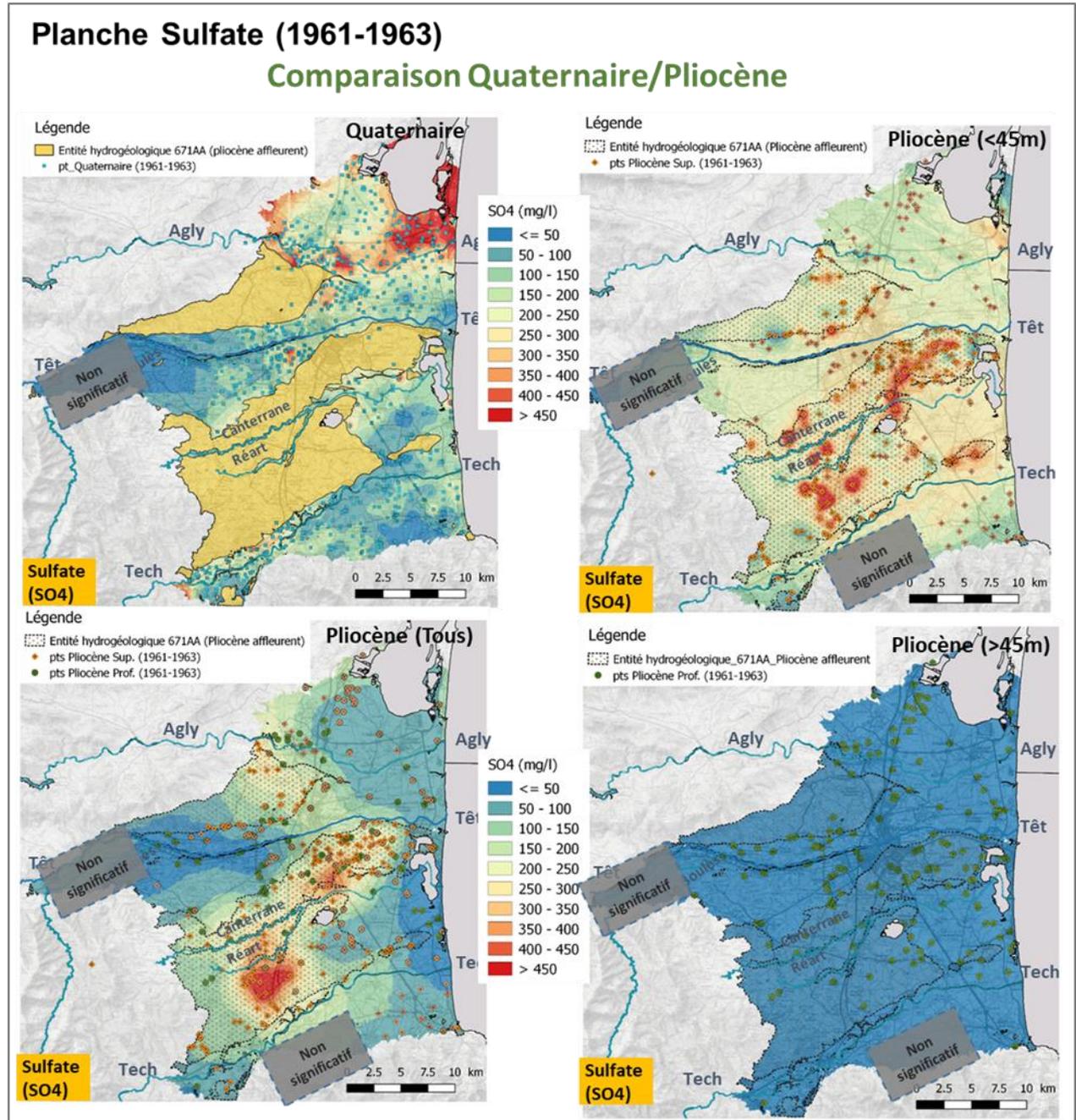


Figure 50. Evolution spatiale des teneurs en sulfate (SO4 en mg/l) des eaux du quaternaire et du pliocène (période de référence : 1961-1963).

Dans les années 1960, pour le Quaternaire, on distingue également dans le secteur amont de la Têt l'influence de la recharge par les canaux qui se traduit par de faibles minéralisations des eaux en comparaison des secteurs quaternaires situés plus à l'aval sur la Têt et dans les alluvions de l'Agly. Pour les alluvions du Tech, de faibles teneurs en sulfates sont observées entre Ortafa et Elne en suivant la direction de St-Cyprien. L'organisation spatiale des teneurs en sulfate dans cette zone semble coïncider avec le tracé de la formation alluviale du paléo-Tech qui débouchait

dans le passé en direction de St-Cyprien (Aunay, 2007). Les faibles minéralisations observées dans ce secteur des alluvions du Tech sont à mettre en relation avec le phénomène de recharge par les eaux du Tech.

Dans les années 1960, pour le pliocène, les cartes d'évolutions spatiales de la conductivité, des teneurs en chlorure et sulfate montrent qu'il existe une différenciation spatiale suivant la direction d'écoulement (ouest-est) et également suivant la profondeur, les horizons profonds du pliocène (>45 m) apparaissant globalement moins minéralisés que les horizons plus superficiels (<45 m). Ces cartes permettent également de montrer que la qualité des eaux dans les secteurs où le pliocène est affleurant est globalement moins bonne (plus minéralisée en Cl, SO<sub>4</sub>, Na, Mg et HCO<sub>3</sub>) que l'eau du pliocène situé sous couverture quaternaire. En particulier, le pliocène situé au nord de Perpignan présente localement d'importantes concentrations en chlorure, sodium, magnésium. Les fortes teneurs en chlorure et sodium sont supposées ici être en lien avec les activités anthropiques. Les teneurs élevées en Mg et SO<sub>4</sub> sont à attribuer aux phénomènes d'interactions eaux-roche qui s'expriment généralement de manière plus ou moins forte suivant l'importance du temps de séjour de l'eau dans la formation aquifère et de la perméabilité du milieu. Les eaux du pliocène échantillonnées au sud de Fourques (au sud de Terrats dans les Aspres) présentaient par exemple d'importantes teneurs en sulfates. Or, les zones du pliocène les moins perméables sont globalement observées dans les secteurs où le pliocène est affleurant (Figure 22).

### 3.3. CARTES D'ÉVOLUTIONS SPATIO-TEMPORELLES DE LA QUALITE DES EAUX DU QUATERNAIRE ET DU PLIOCENE DEPUIS LES ANNEES 1960.

#### 3.3.1. Evolutions spatio-temporelles de la qualité des eaux du quaternaire depuis les années 1960.

La Figure 51 présente les évolutions de la conductivité électrique des eaux du quaternaire depuis les années 1960. L'étude se limitera à la comparaison des informations de la période 1995-1998 car les informations des périodes suivantes (2003-2007 et 2015-2018) sont trop peu nombreuses pour le quaternaire pour établir des cartes détaillées et représentatives. A titre d'information, les autres planches graphiques réalisées pour les autres paramètres chimiques sont présentées en Annexe 2.

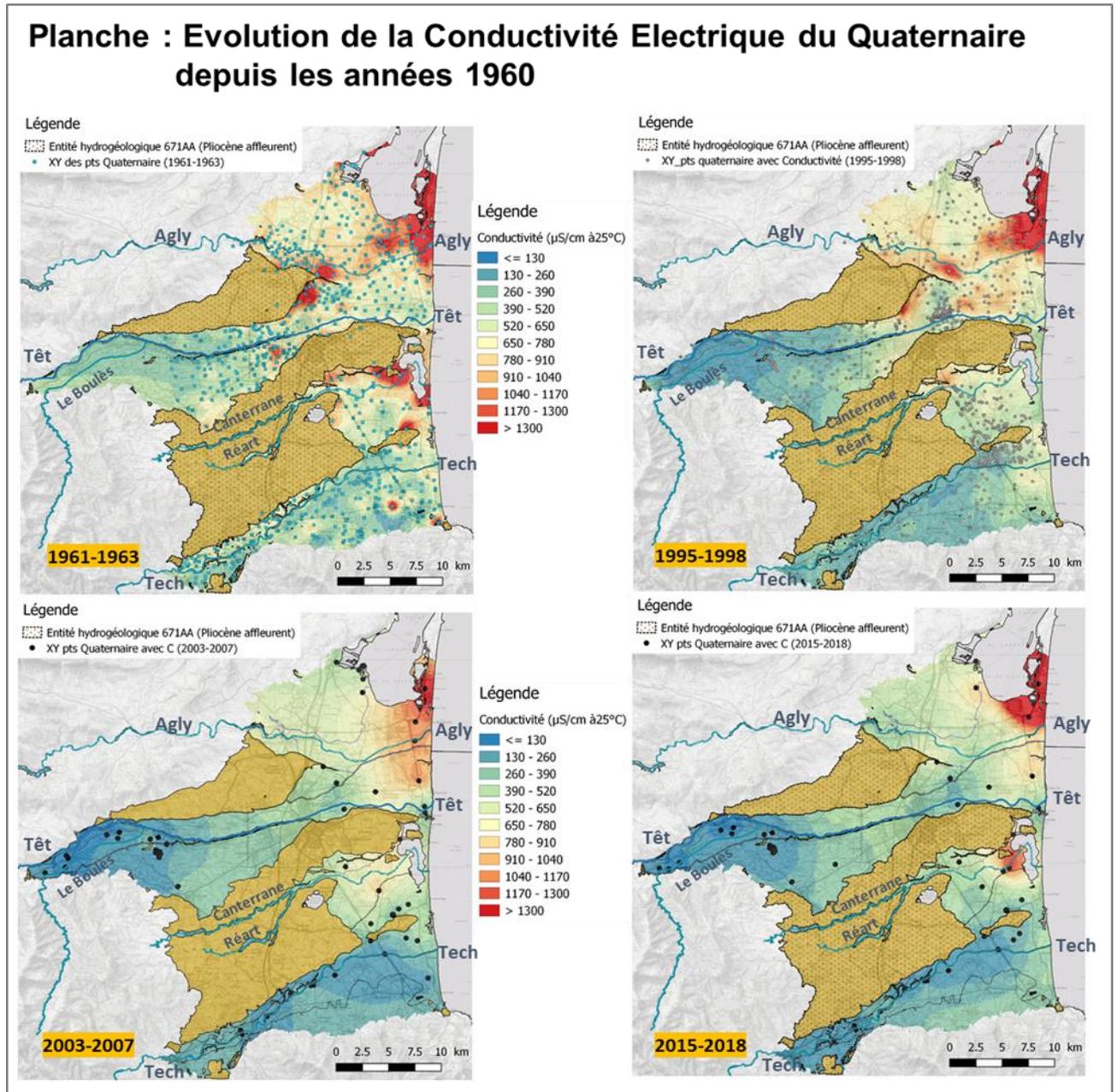


Figure 51. Evolutions de la conductivité électrique des eaux du quaternaire depuis les années 1960.

Aucun changement significatif n'est mis en évidence entre la situation mesurée dans les années 1960 et la situation mesurée à la fin des années 1990.

Les conductivités électriques les plus élevées (>1300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) des eaux du Quaternaire sont observées sur la bordure littorale au niveau du Barcarès (Le) et autour de l'Etang de Canet. Des conductivités élevées sont également observées au nord de Perpignan et autour de Pia (on ne peut pas discuter l'évolution car plus de points de mesure), ces dernières ne sont pas ou peu associées à des teneurs en chlorures élevées (>300 mg/l) contrairement aux secteurs du Barcarès (Le) et autour de l'Etang de Canet.

### **3.3.2. Evolutions spatio-temporelles de la qualité des eaux du pliocène depuis les années 1960.**

Les planches d'évolution de la minéralisation (conductivité électrique) et des teneurs en chlorures, sulfates et du rapport Ca/Cl des eaux du pliocène sont présentés dans les illustrations suivantes (Figure 52 à Figure 55). Trois secteurs (1 à 3 sur les illustrations) seront examinés plus précisément : les secteurs 1 et 2 situés respectivement, au nord et au sud-est de Perpignan permettront de commenter les évolutions des eaux du pliocène affleurant et du pliocène situé sous couverture quaternaire à l'ouest de l'Etang de Canet. Le secteur 3 permet de commenter les évolutions des eaux du pliocène situé sous couverture quaternaire dans le secteur du Barcarès(Le).

Pour la conductivité (Figure 52), les minéralisations des secteurs 1 et 2 ont fortement diminué entre les années 1960 et la fin des années 1990, la baisse étant corrélée à une diminution des teneurs en  $\text{SO}_4$  et Cl des eaux.

Pour l'aquifère pliocène, les concentrations en chlorures sont inférieures à 100 mg/l sauf localement en bordure littorale, en particulier dans le secteur du Barcarès (secteur 3) où les concentrations peuvent dépasser 250 mg/l. Les aquifères quaternaires alluviaux sont saumâtres sur la frange côtière jusqu'à environ 3 km de la mer pour le secteur du Barcarès (Figure 49 et Figure A- 34).

Dans le secteur 2, des augmentations localisées en chlorures (>296 mg/l) sont mises en évidence pour le pliocène sur les périodes 1995-1998 et 2003-2007. Les signatures en chlorures des périodes récentes sur ces mêmes zones indiquent une diminution. Les concentrations de la période sub-actuelle (2015-2018) sont comparables aux valeurs rencontrées dans les années 1960. Les évolutions et tendances à long terme sont donc complexes, ce point sera détaillé au §3.5.

Dans le secteur 3 du Barcarès(Le), les signes de l'augmentation des teneurs en Cl des eaux du pliocène sont perceptibles dès la période 1995-1995. La dégradation de la qualité s'amplifie et s'étend spatialement sur la période suivante (2003-2007). Une amélioration semble enfin se dessiner dans le secteur 3 au cours de la période 2012-2014 et se poursuivre à la période sub-actuelle (2015-2018).

La carte d'évolution du rapport chimique Ca/Cl permet également de rendre compte des évolutions observées depuis les années 1960. Les fortes évolutions du rapport Ca/Cl notamment dans ses 3 secteurs identifiés témoignent de l'existence du processus de mélange d'eaux de qualité différente et d'interactions eaux-roche. La caractérisation des principaux processus mis en jeu dans la zone d'étude sera détaillé au §3.6.

## Planche : Evolution de la Conductivité Electrique du Pliocène depuis les années 1960

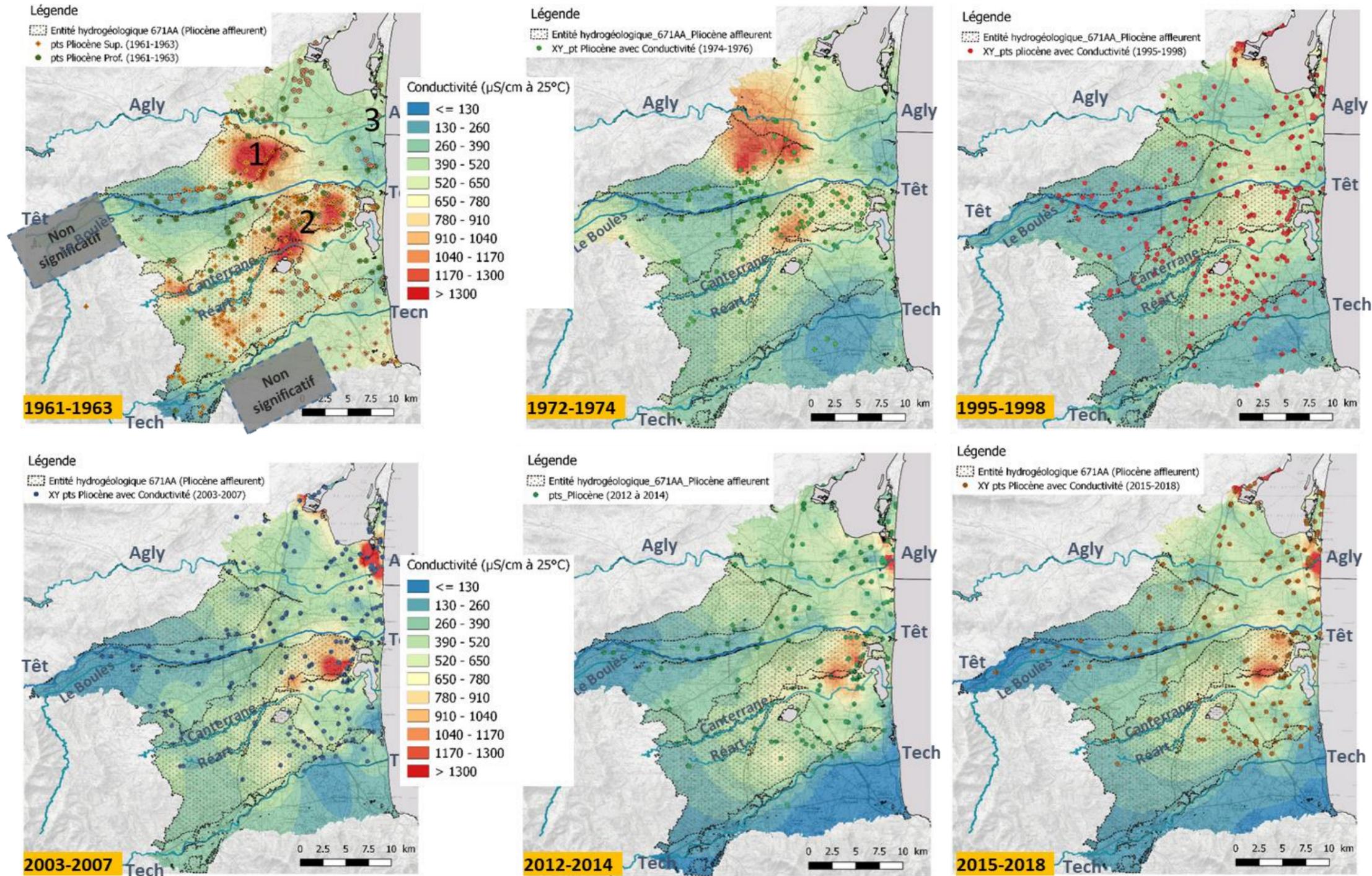


Figure 52. Evolutions de la conductivité électrique des eaux du pliocène depuis les années 1960.

## Planche : Evolution des Chlorures du Pliocène depuis les années 1960

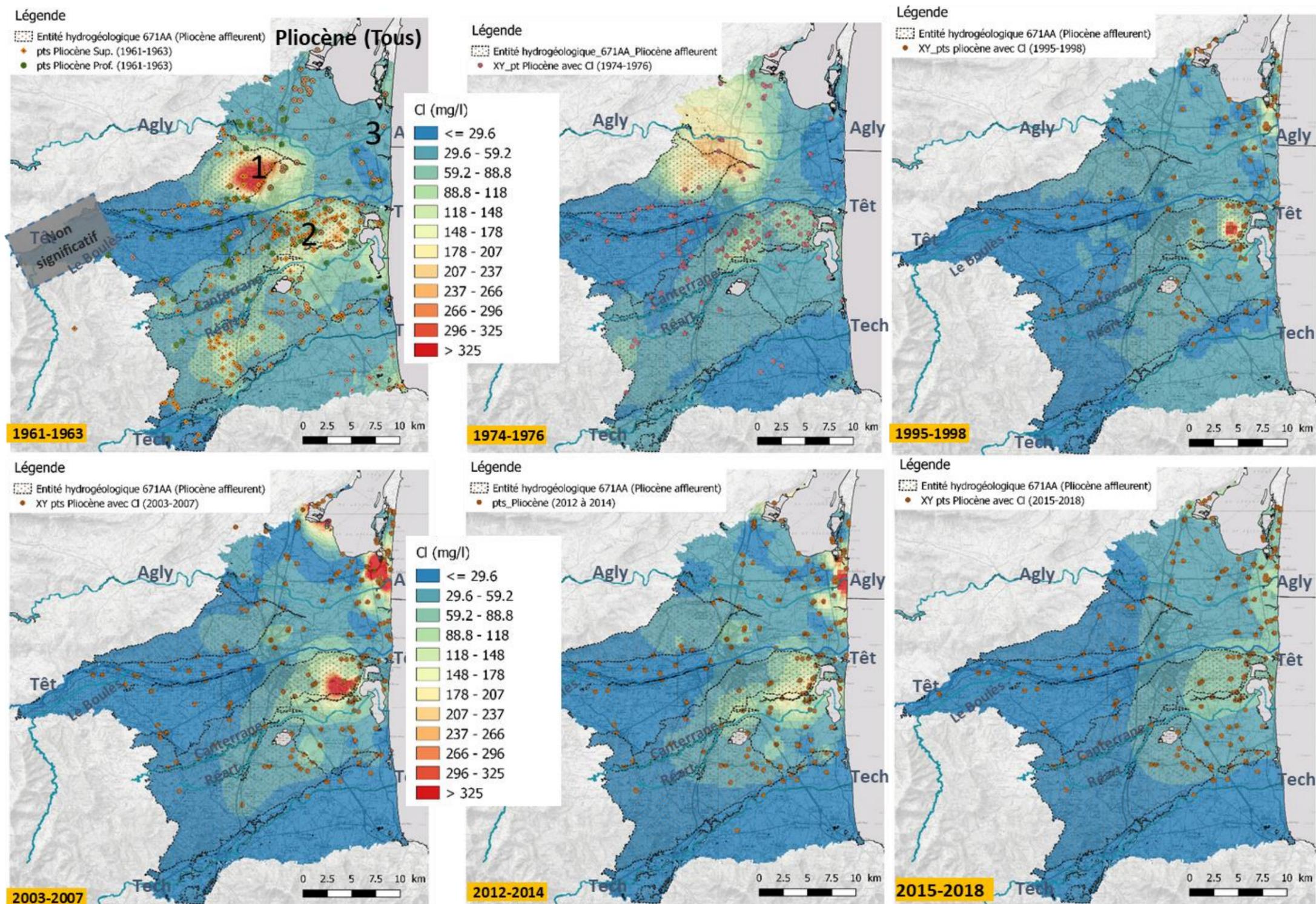


Figure 53. Evolutions des teneurs en chlorure des eaux du pliocène depuis les années 1960.

## Planche : Evolution des sulfates du Pliocène depuis les années 1960

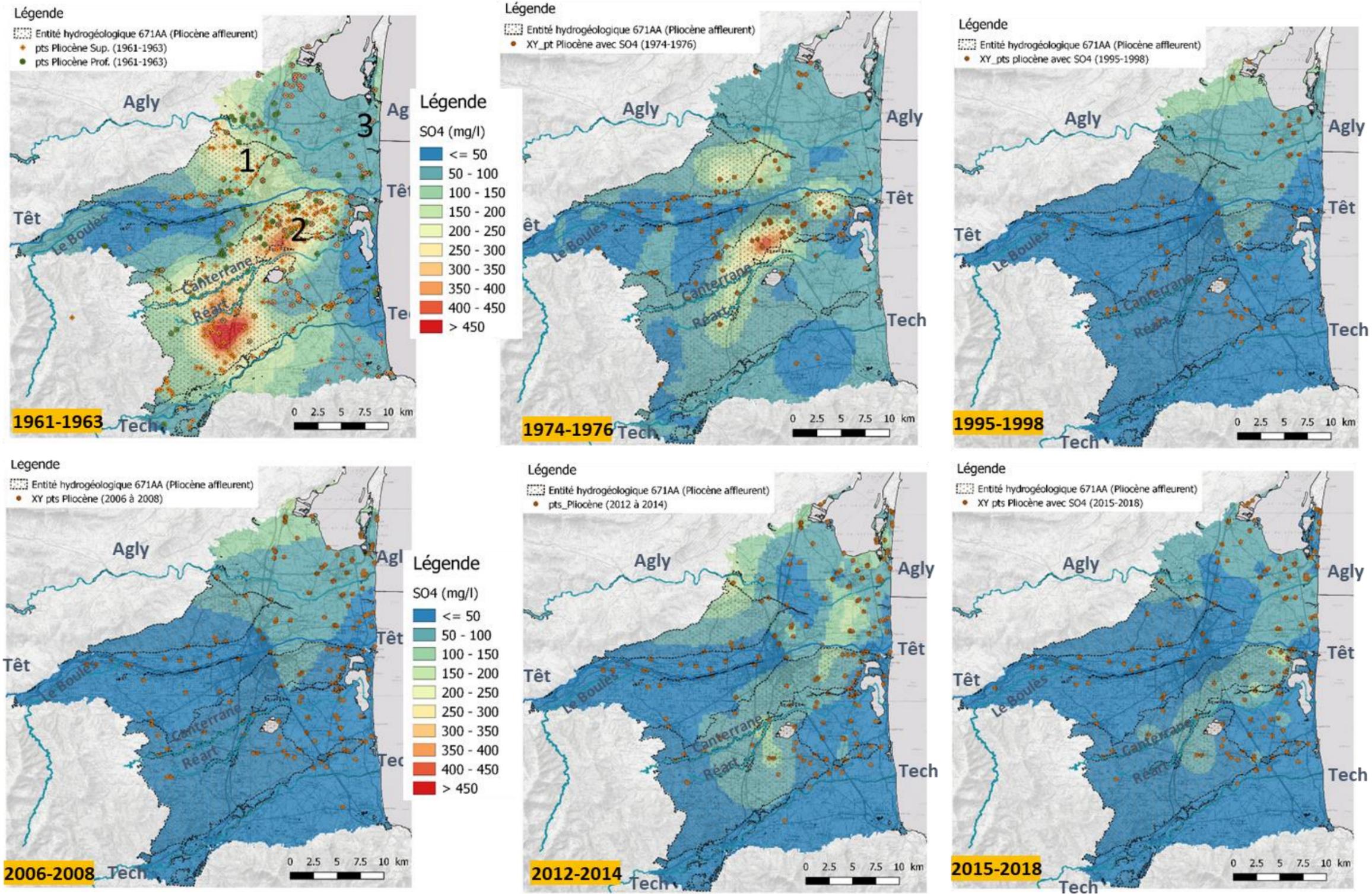


Figure 54. Evolutions des teneurs en sulfate des eaux du pliocène depuis les années 1960.

## Planche : Evolution du rapport Ca/Cl du pliocène depuis les années 1960

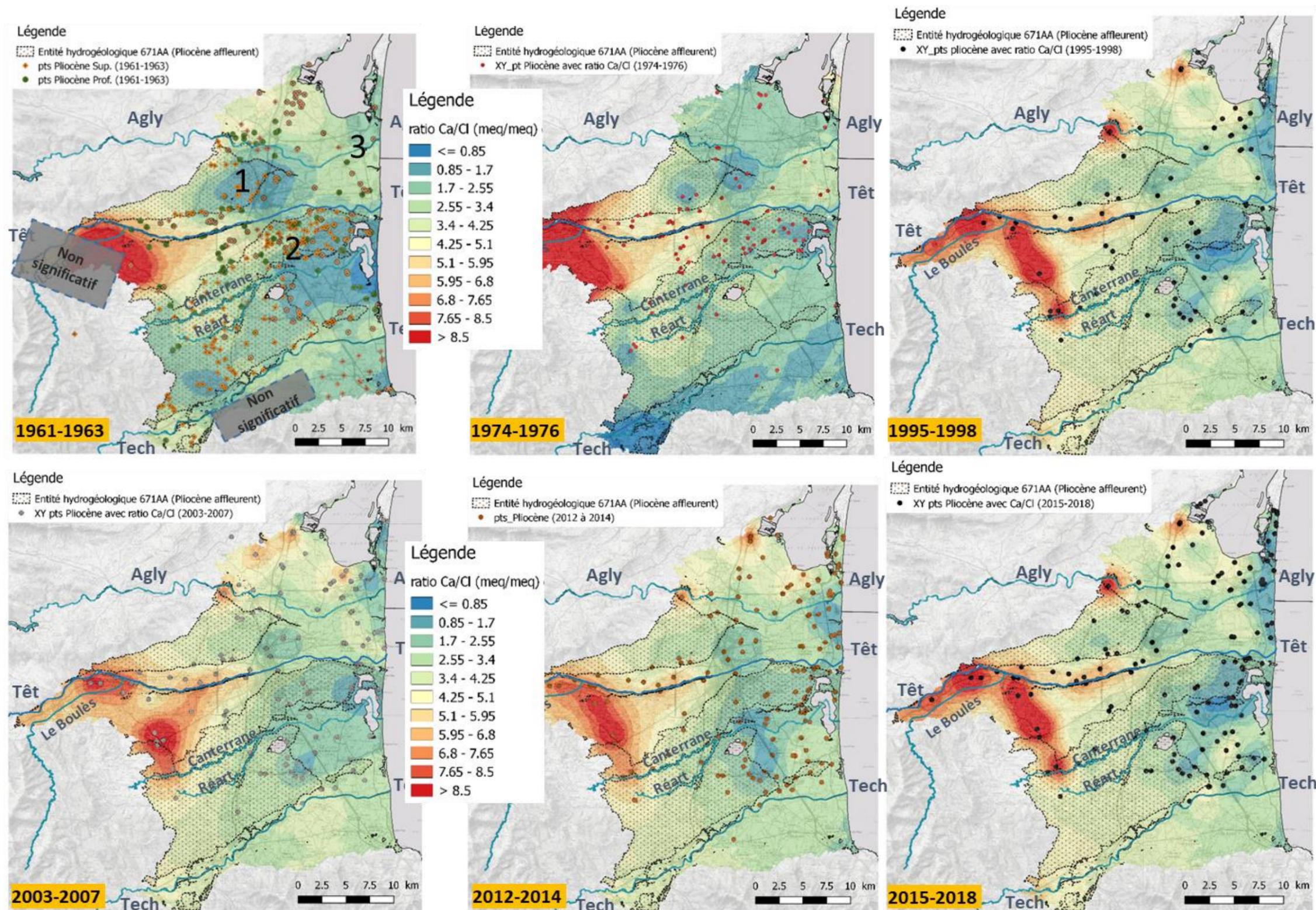


Figure 55. Evolutions du rapport Ca/Cl des eaux du pliocène depuis les années 1960.

### 3.4. CARTES D'EVOLUTIONS DES TENEURS EN NITRATE MESUREES SUR LA PERIODE 1995-1996

Des études réalisées par le BRGM et la Chambre d'Agriculture du Roussillon entre 1995 et 1996 ont permis de faire un état global des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines du Roussillon, que ce soit dans les nappes superficielles ou dans les nappes profondes plio-quaternaire (cf. la carte de synthèse tirée de l'étude « *Connaissance des eaux souterraines de la plaine du Roussillon – décembre 2003* » en annexe 2).

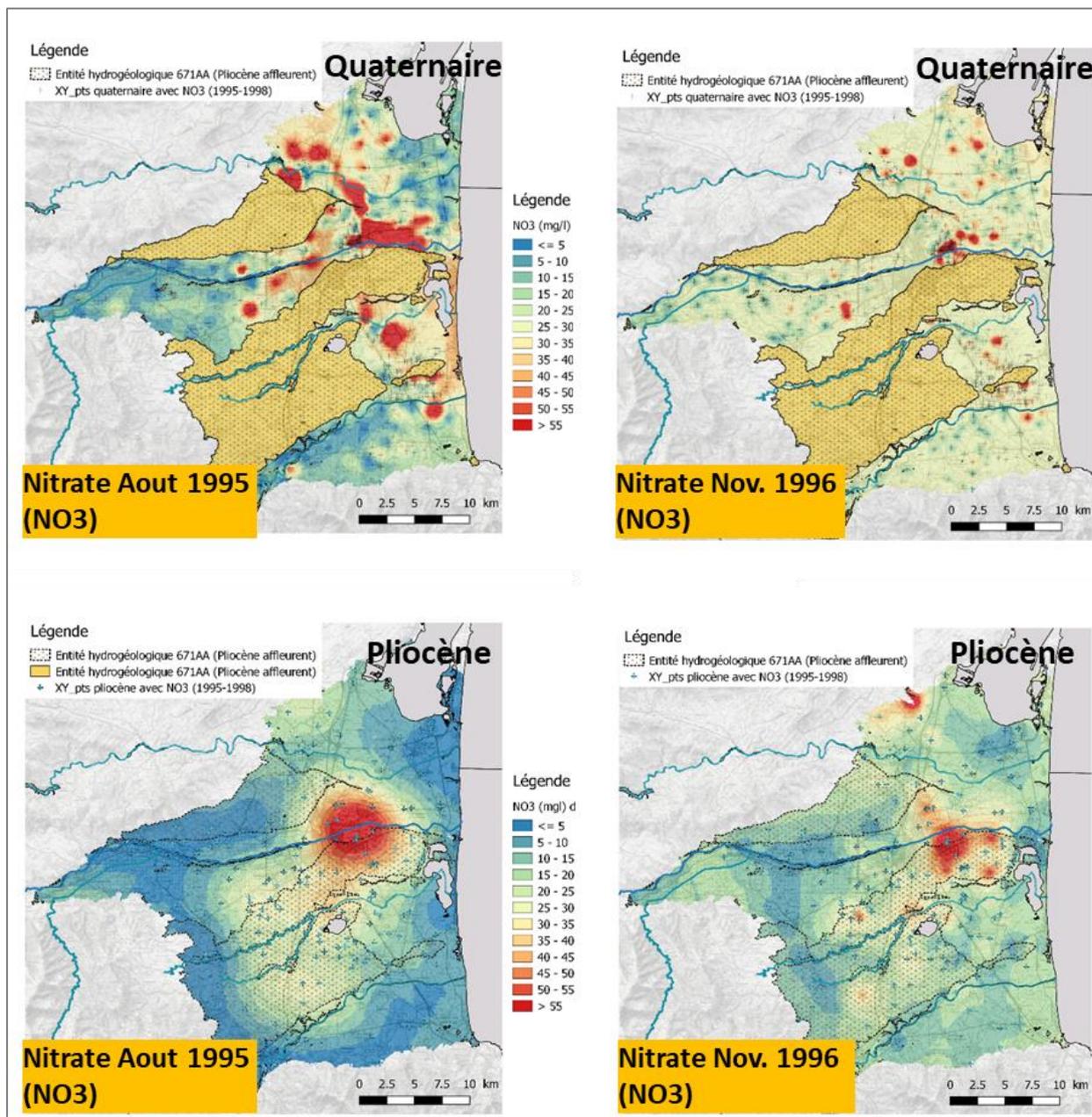


Figure 56. Carte d'évolution spatiale des teneurs en nitrate des eaux du quaternaire et du pliocène en période de basses eaux (aout 1995) et suite à une période de recharge (Novembre 1996)

Ces investigations réalisées sur près de 700 ouvrages ont permis d'établir une photographie générale des concentrations en nitrates du quaternaire et du pliocène dans 2 situations hydrogéologique contrastées (en basse eaux (août 1995) et en hautes eaux (nov. 1996) suite à un épisode de pluie important<sup>11</sup> (Figure 56). Depuis des suivis réguliers sont réalisés sur certains de ces points d'eau.

Pour les alluvions quaternaires superficielles (vulnérables), ces études et suivis mettent en évidence une pollution diffuse chronique plus ou moins marquée dans les secteurs aval en fonction du contexte climatique interannuel, avec des zones localisées assez fortement contaminées (concentrations dépassant 200 mg/l dans le secteur de Théza-Alénia). Les cartes (Figure 56) permettent également de montrer qu'une amélioration de la qualité est localement observée suite aux épisodes de recharge d'octobre 1999. Dans les secteurs du quaternaire situés dans les zones amont de la Têt, c'est l'inverse qui est observé, les concentrations de novembre 1996 apparaissent supérieures aux valeurs mesurées en août 1995. La recharge par les canaux en période estivale notamment dans le secteur amont de la Têt semblent donc se traduire par une amélioration de la qualité des eaux du quaternaire en période estivale par effet de dilution.

Les études et suivis de la fin des années 1990 montrent également une contamination plus surprenante de l'aquifère profond pliocène (nappe captive naturellement bien protégée) avec des concentrations pouvant dépasser 50 mg/l sur certains forages, en particulier dans les secteurs de Pia, Elne, Pollestre, Villeneuve-la-Raho et en aval de Perpignan (Figure 56 et Figure A- 38 en annexe 2). Ce résultat permet d'illustrer l'existence du phénomène de drainance du quaternaire vers le pliocène et/ou du problème des ouvrages défectueux<sup>12</sup> qui peut s'accompagner d'une dégradation de la qualité des eaux du pliocène vis-à-vis des nitrates ou des chlorures en zone littorale.

### **3.5. TENDANCE D'EVOLUTION DES PARAMETRES CHIMIQUES (CHLORURE, SULFATE ET CONDUCTIVITE ELECTRIQUE)**

Dans le cadre de ce travail de synthèse des données historiques disponibles sur la zone d'étude, un travail de caractérisation des tendances d'évolution de la minéralisation (conductivité électrique), des teneurs en chlorures et sulfates a été réalisé à l'aide de l'outil Qualistat 3 développé par le BRGM (Vaute 2018). Qualistat 3 permet un traitement automatisé des analyses chimiques provenant de la banque nationale ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines, <http://www.adès.eaufrance.fr>), en tenant compte le cas échéant d'analyses chimiques complémentaires non bancarisées. Cet outil permet d'explorer et visualiser automatiquement les analyses chimiques disponibles dans ADES et de produire facilement des statistiques, des graphiques et des fichiers cartographiques de la qualité des eaux souterraines. L'outil intègre les fonctionnalités de Hype (Croiset et Lopez, 2013) qui permet entre autres, la mise en évidence de ruptures dans des séries et le calcul de tendances.

Dans ce travail, les traitements ont été réalisés sur les points d'eau disposant d'au moins 10 analyses, les résultats des calculs ont été synthétisés sur des cartes établies à l'aide de QGIS, les rapports (pdf) des analyses Hype (cf. exemple Figure 57) détaillant les calculs de tendances sur les différents ouvrages considérés sont directement consultables dans l'environnement du

---

<sup>11</sup> 101 mm à Perpignan les 12-13 octobre 1996

<sup>12</sup> Les propos consignés dans le rapport de synthèse de 2003 concernant la problématique des ouvrages défectueux sont rappelés en annexe 2 (après la Figure A- 29).

SIG. Les trois projets QGIS créés<sup>13</sup> sont des productions opérationnelles du projet Dem'Eaux Roussillon et ont été fournies aux Syndicats partenaires du projet.

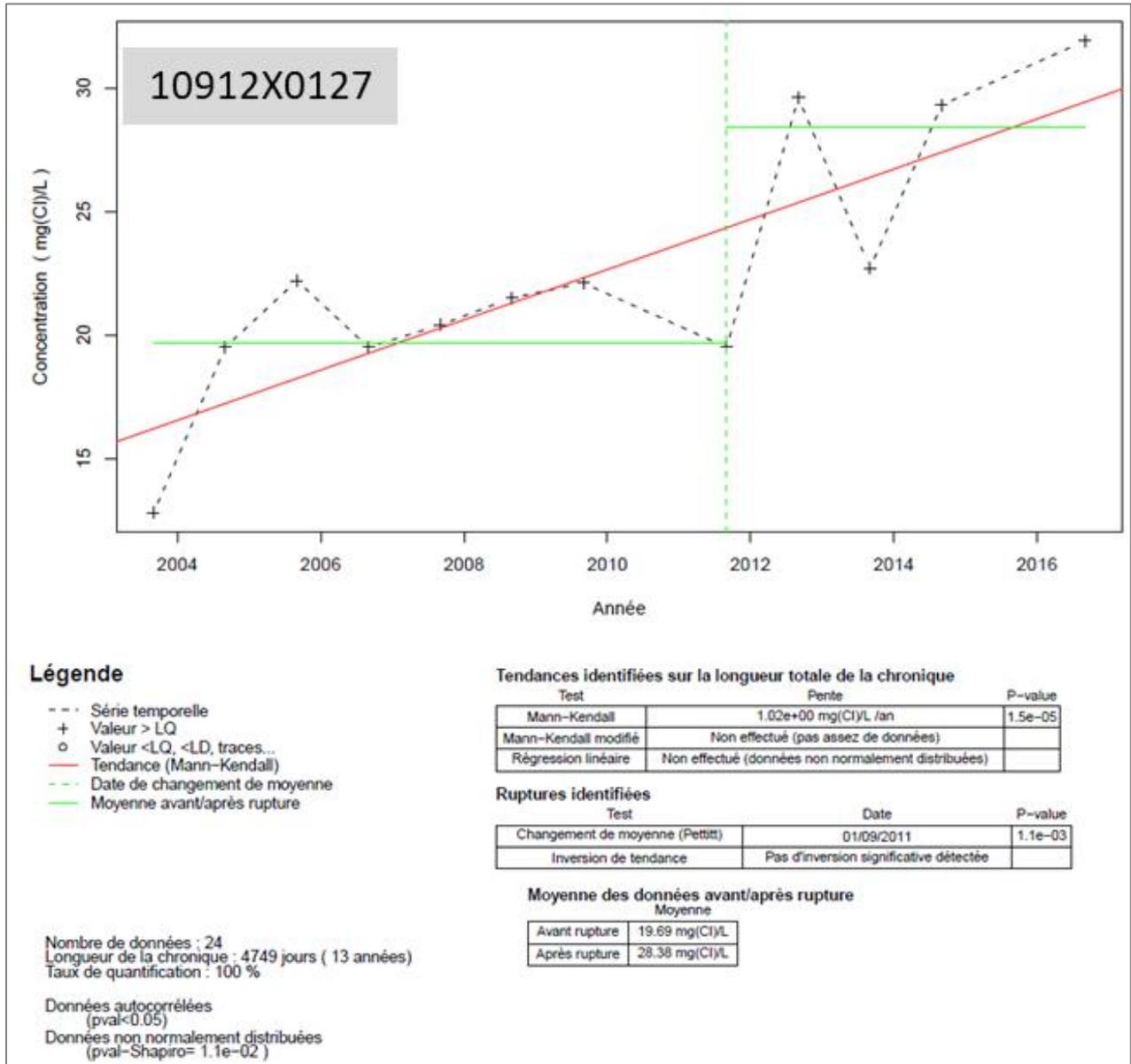


Figure 57. Exemple de fiche de synthèse produite par l'outil Qualistat/Hype.

Dans ce paragraphe, nous ne détaillons pas les évolutions observées pour les 178 ouvrages pour lesquels des chroniques de conductivité ( $\geq 10$  analyses) sont disponibles, idem pour les chlorures et les sulfates. Nous illustrons seulement le type d'information qui peut être synthétisée à l'aide des outils développés. Par exemple, les figures suivantes (Figure 58 et Figure 59) permettent d'illustrer la manière dont évoluent les tendances Mann Kendal des teneurs en chlorures et sulfates des points d'eau pour lesquels des chroniques ( $\geq 10$  analyses) sont disponibles. En exemple, dans le secteur du Barcares(Le), les tendances sont globalement à l'augmentation, toutefois les évolutions localement peuvent être très complexes comme l'illustrent

<sup>13</sup> Projet QGIS : demeaux\_conductivité ; demeaux\_chlorure et demeaux\_sulfate

les planches graphiques suivantes (Figure 60 et Figure 61) d'évolution de la conductivité électrique des eaux en lien avec les processus géochimiques que peuvent se produire au sein des aquifères (cf. §3.6).

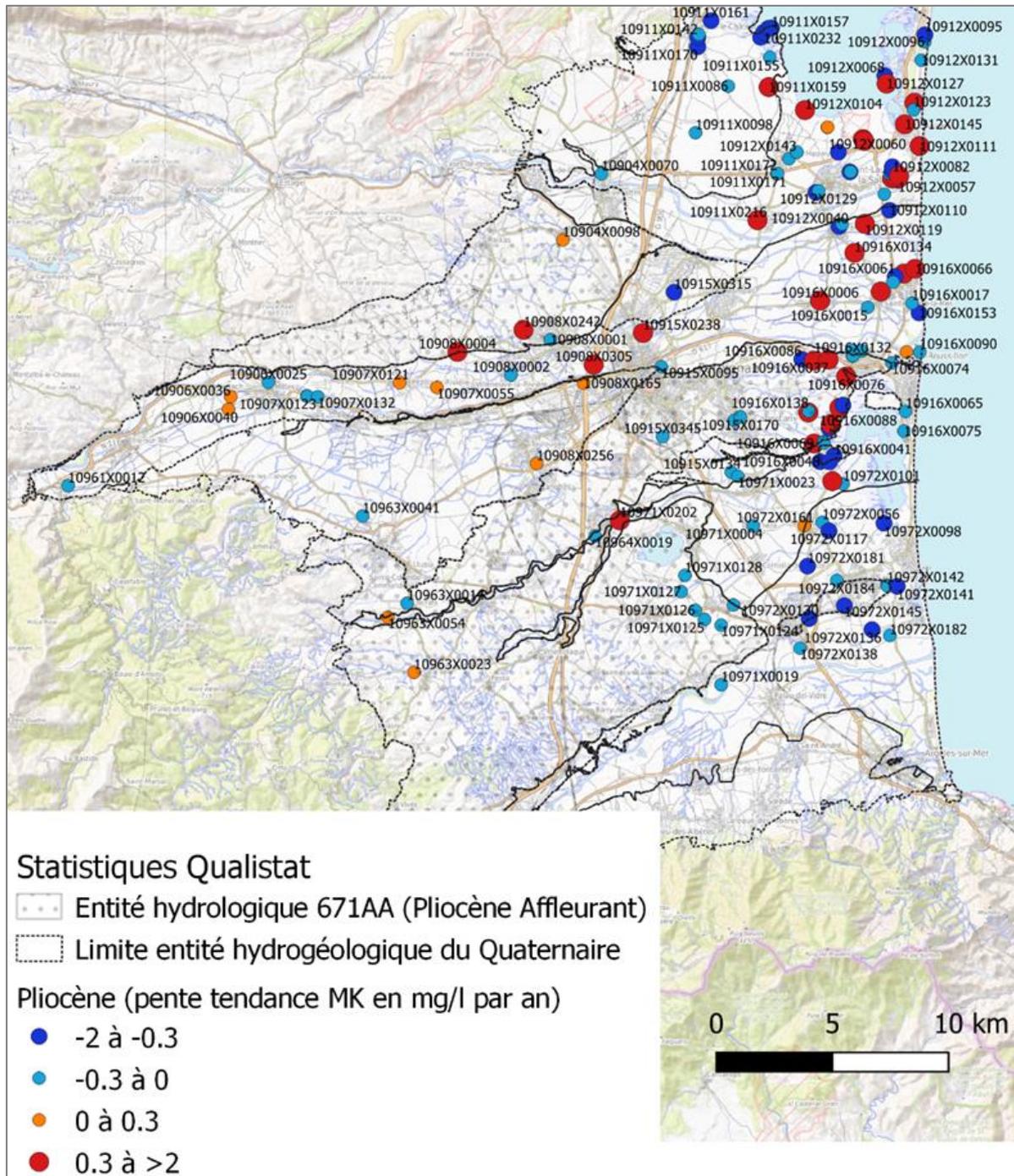


Figure 58. Carte d'évolution des tendances Man Kendall des chlorures des eaux du pliocène calculées par l'outil Qualistat/Hype (les périodes d'analyse dépendent de l'historique de chaque point).

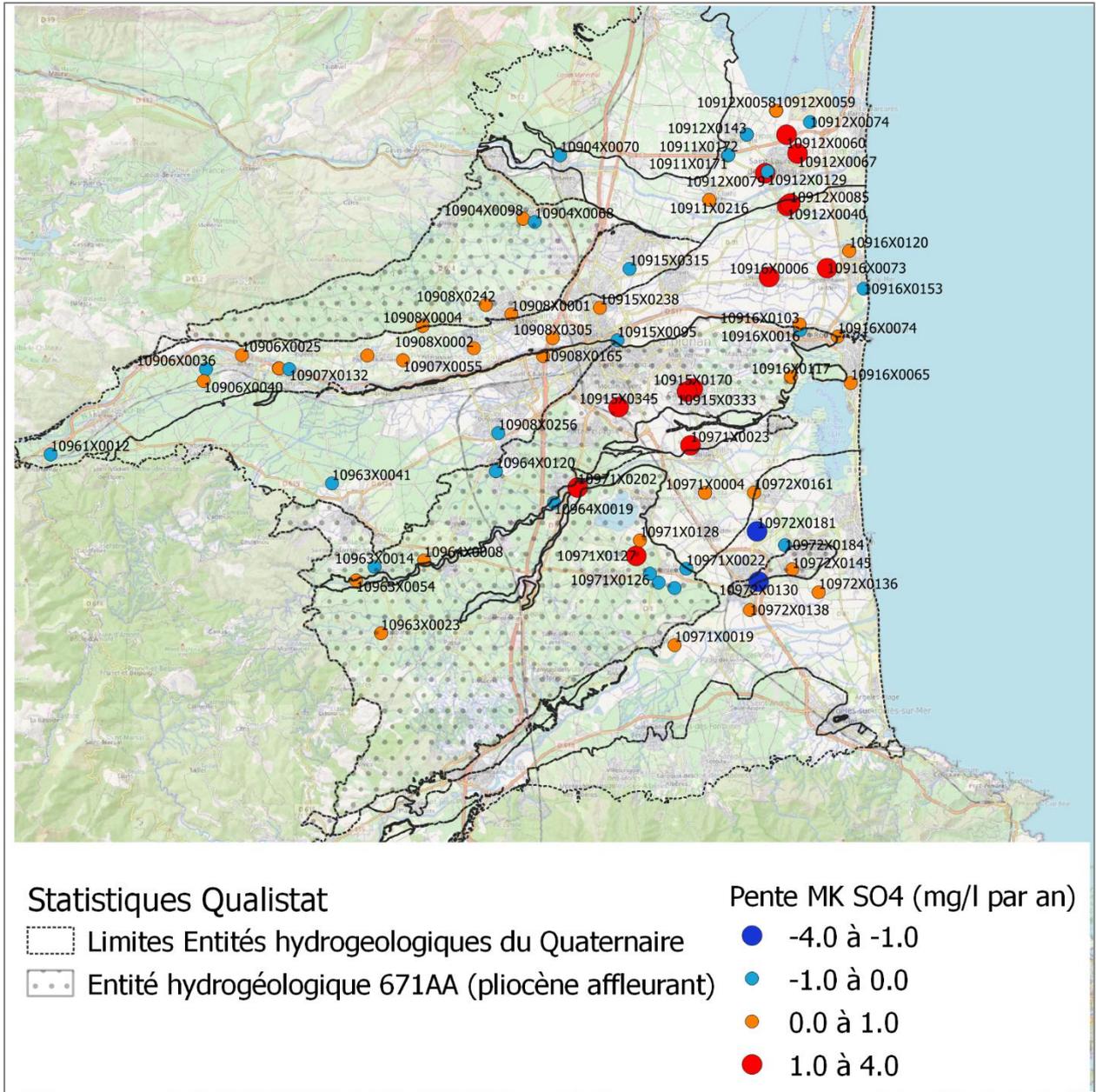


Figure 59. Carte d'évolution des tendances Man Kendall des sulfates des eaux du pliocène calculées par l'outil Qualistat/Hype



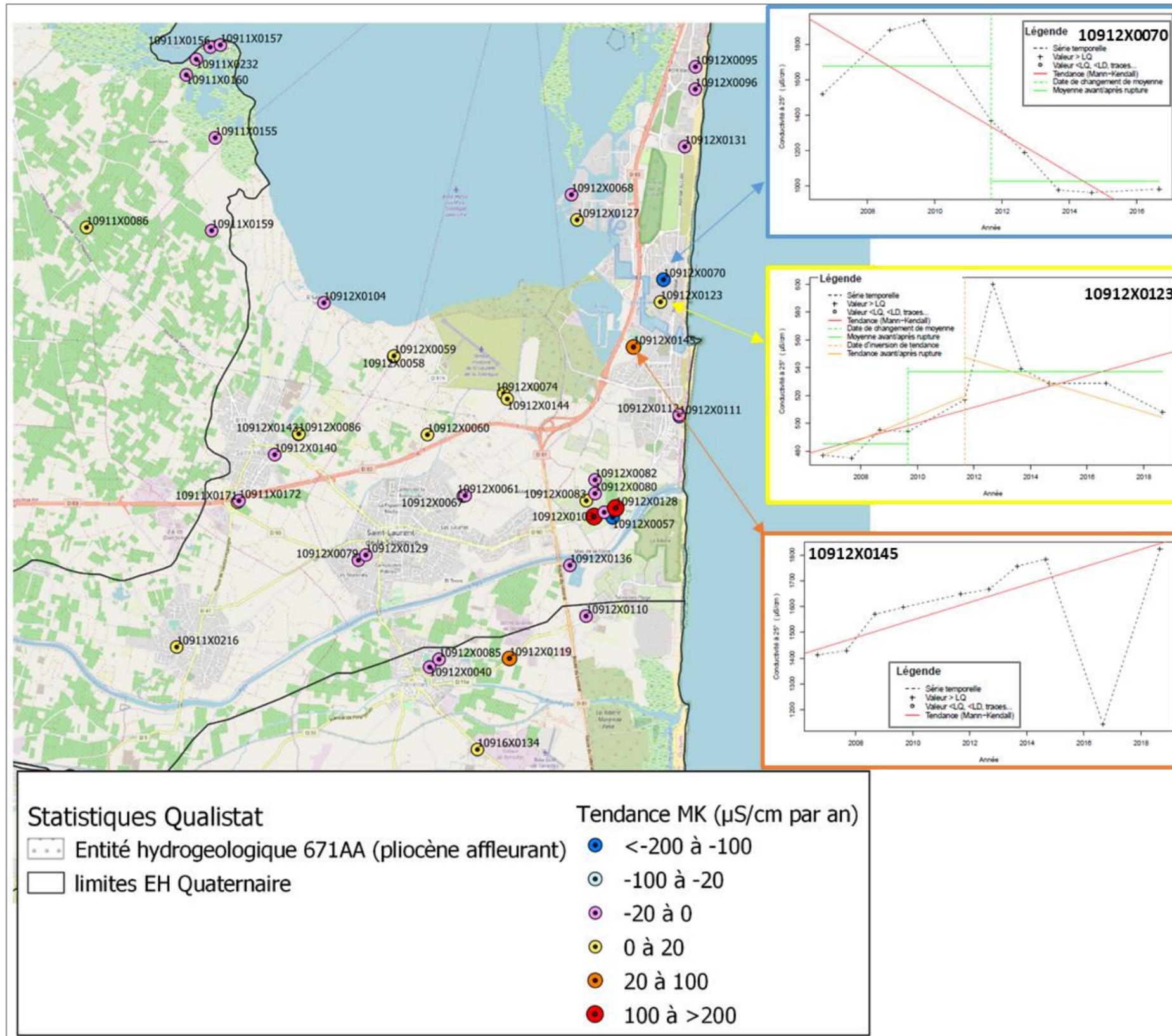


Figure 60. Carte d'évolution des tendances Man Kendall de la conductivité électrique des eaux du pliocène calculées par l'outil Qualistat/Hype. Zoom sur le secteur du Barcares(Le) et Saint-Laurent-de-la-Salanque.

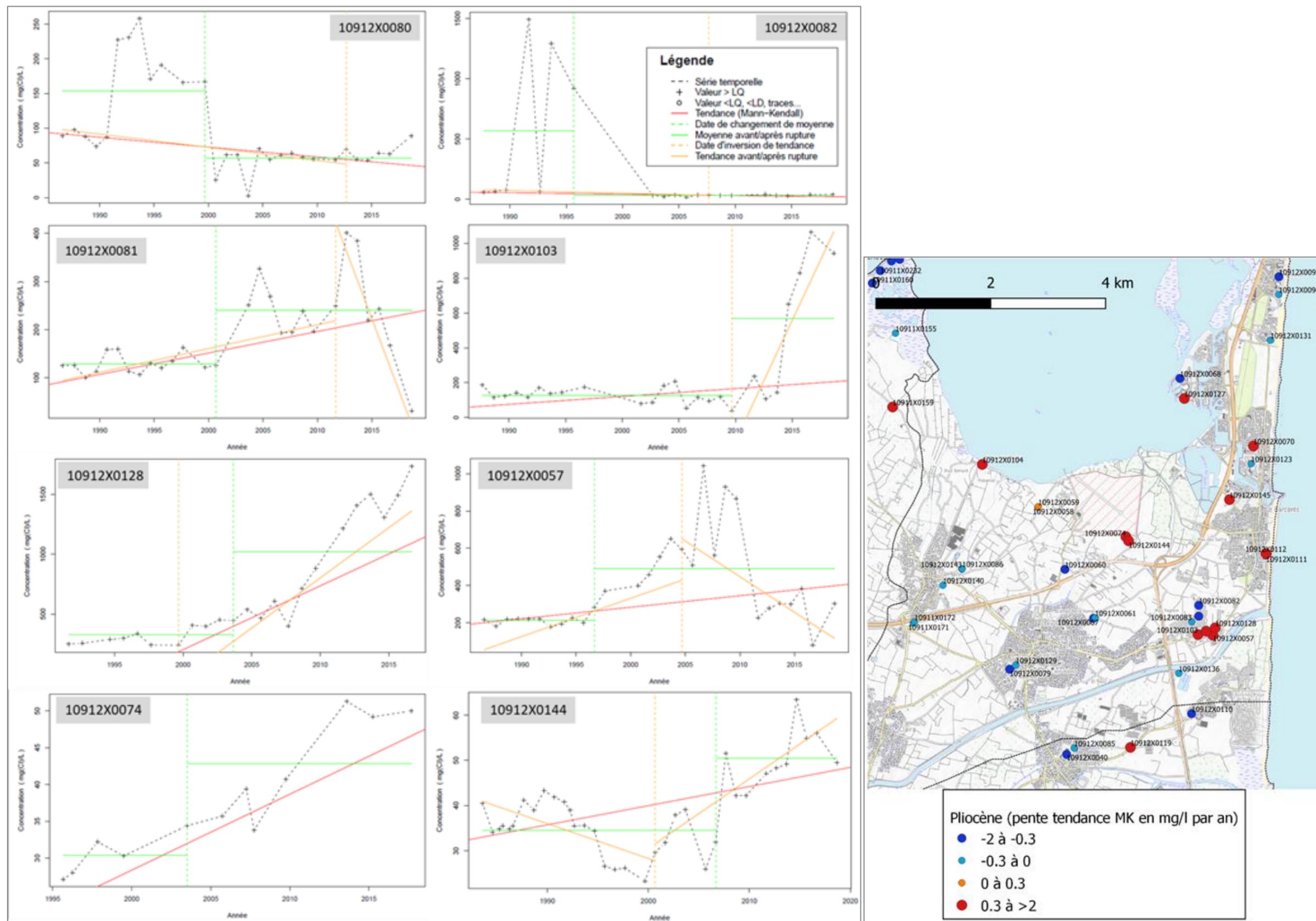


Figure 61. Carte d'évolution des tendances Man Kendall des teneurs en chlorures des eaux du pliocène calculées par l'outil Qualistat/Hype. Zoom sur le secteur du Barcares(Le) et Saint-Laurent-de-la-Salanque.

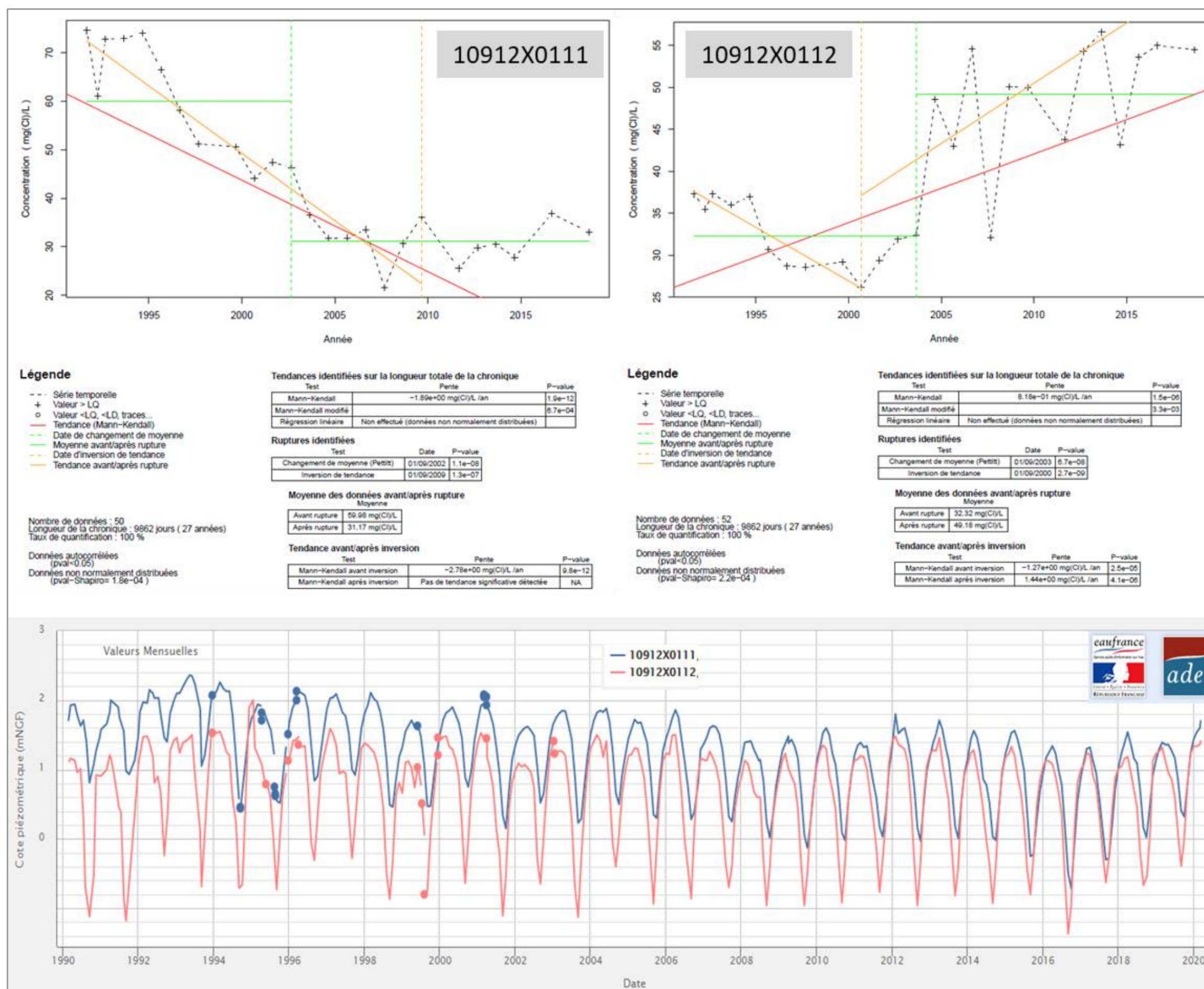


Figure 62. Evolutions des teneurs en chlorures mesurées aux piézomètres d'observations BarcaN3 [10912X0112] et BarcaN4 [10912X0111] et résultats des calculs statistiques produit par l'outil Qualistat/Hype. L'évolution des charges hydrauliques mesurées dans les 2 ouvrages sont également reportées.



Les évolutions des teneurs en chlorures mesurées aux piézomètres d'observations BarcaN3 [10912X0112] et BarcaN4 [10912X0111] ainsi que les résultats des calculs statiques produits par l'outil Qualitat/Hype sont présentés sur la Figure 62. Les évolutions des charges hydrauliques mesurées dans les 2 ouvrages sont également reportées afin d'établir une comparaison avec l'évolution des teneurs en chlorures.

Pour l'ouvrage BarcaN4 [10912X0111] qui capte les horizons très profonds du pliocène (>115 m de profondeur) on observe une diminution des teneurs en chlorures (de 70 mg/l à 30 mg/l) sur la période 1990-2010 qui apparaît corrélée avec la baisse de la charge hydraulique de l'ouvrage (influence de la drainance ?). Depuis 2010, les concentrations oscillent autour de 31 mg/l, le niveau piézométrique ne présente plus de tendance à la diminution depuis 2010.

Pour l'ouvrage BarcaN3 [10912X0112] qui capte les horizons du pliocène situés entre 65 et 73 m de profondeur, on observe une évolution bien différente des teneurs en chlorures en comparaison avec l'ouvrage profond. Les concentrations ont oscillé autour de 32 mg/l jusqu'en 2003, depuis une tendance à l'augmentation des teneurs en chlorures est observée dans l'ouvrage (+1.44 mg/l par an), l'évolution observée ne semble pas liée à l'évolution de la charge hydraulique de l'ouvrage, le niveau piézométrique ne présentant pas de tendance sur la période d'observation (1990-2018). Les teneurs en chlorures de la période récente (2018) demeurent faibles (55 mg/l) en comparaison des valeurs rencontrées localement à ces profondeurs dans l'environnement immédiat de l'ouvrage (cf. Figure 61).

Les évolutions complexes observées dans les 2 ouvrages de suivi de l'état quantitatif et qualitatif de l'aquifère multicouche du pliocène sont à mettre en relation, avec l'évolution des prélèvements des forages exploités à l'échelle de la plaine du Roussillon et non pas à l'échelle locale de l'ouvrage de suivi uniquement.

### **3.6. PROCESSUS GEOCHIMIQUES DANS LES EAUX DU PLIOCENE REVELES PAR LES ELEMENTS MAJEURS**

Les travaux géochimiques réalisés dans le cadre du projet GRAIN D'SEL ont permis d'apporter un éclairage nouveau sur la problématique de salinisation des aquifères (Petelet et al, 2016). Les investigations géochimiques et isotopiques réalisées à différentes profondeurs sur l'ouvrage expérimental du Barcares(Le), équipé du système Westbay, ont permis de poser le cadre conceptuel permettant la caractérisation des phénomènes d'interaction eau-roche et de mélange entre l'eau douce et l'eau de mer, ainsi que les processus d'échange d'ions associés au phénomène d'intrusion et de « rafraîchissement » de l'eau d'origine marine au sein des aquifères. De ce cadre conceptuel nous retiendrons dans le cadre de ce rapport, que les éléments chimiques (Cl, Na, SO<sub>4</sub>, Ca, Mg et B) des données historiques peuvent être utilisés pour identifier les principaux processus impliqués sur la zone d'étude, permettant ainsi d'enrichir le modèle conceptuel de fonctionnement de l'aquifère multicouche du pliocène.

Dans le but de faciliter la comparaison, les données historiques de la base de données constituée dans le projet Dem'Eaux Roussillon seront distinguées des informations de Petelet et al. (2016). Une comparaison avec les résultats préliminaires (éléments majeurs) collectés lors des essais de pompage sur les ouvrages Dem'Mer3 et Dem'Mer4 réalisés en Juillet 2019 a également été effectuée (Dewandel et al., 2022).

L'évolution des teneurs en sodium (Na<sup>+</sup>) et du rapport molaire Na/Cl des eaux du pliocène en fonction des concentrations en chlorures sont présentées sur la Figure 63. Deux pôles géochimiques ont été définis : le pôle « sea » permet de caractériser l'eau de mer locale, le pôle

« fw » permet de représenter la signature de l'eau douce du pliocène peu minéralisée que l'on rencontre notamment sur la bordure occidentale de la zone d'étude au niveau des zones de recharge par le quaternaire (secteur de la Têt en amont de St-Feliu-d'Avall par exemple). La droite de mélange théorique entre ces deux pôles a été reportée sur les illustrations de la Figure 63, les courbes qui encadrent la droite de mélange représentent les incertitudes.

Sur la Figure 63A, les échantillons présentant des concentrations en chlorures supérieures à 100 mg/l (ie >0.5% de contribution du pôle marin) ont tendance à être appauvris en Na par rapport à la droite de dilution, les rapports Na/Cl sont globalement très inférieurs à celui de l'eau de mer, c'est notamment le cas pour les eaux de l'ouvrage Dem'Mer3 (Figure 63B). Pour les points présentant des concentrations en chlorures inférieures à 100 mg/l, les points sont situés majoritairement au-dessus de la droite de mélange ce qui indique un enrichissement en sodium. Un processus secondaire d'interaction eau-roche (qui peut être de la dissolution ou un échange cationique) en plus d'un simple mélange binaire est donc impliqué pour expliquer les concentrations en sodium des eaux du pliocène, les chlorures n'étant pas affectés par ce processus secondaire car supposés conservatifs. En s'inspirant de la méthode mise en œuvre dans Petelet et al (2016), le taux d'échange de sodium (Na-React) peut être calculé comme la différence entre la teneur en Na mesurée et le Na résultant d'un simple mélange binaire entre les pôles d'eau douce et de mer, en supposant que les chlorures sont conservatifs (Appelo et Postma, 2005) :

$$\text{Na-React} = \text{Na}_{\text{Sample}} - (f_{\text{sea}} \times \text{Na}_{\text{sea}} + (1 - f_{\text{sea}}) \times \text{Na}_{\text{fw}}) \text{ avec } f_{\text{sea}} = (\text{Cl}_{\text{Sample}} - \text{Cl}_{\text{fw}}) / (\text{Cl}_{\text{sea}} - \text{Cl}_{\text{fw}})$$

$f_{\text{sea}}$  fait référence à la fraction d'eau de mer calculée à l'aide de l'ion conservateur Cl; fw fait référence au pôle d'eau douce (pliocène peu minéralisé).

Ce principe de calcul a été également mis œuvre pour calculer le taux d'échange du calcium, du sulfate, du magnésium et du bore. Les variables Ca-React, SO4-React, Mg-React et B-React permettant d'apprécier le taux d'échange liés aux interactions eau-roche ont été calculés à l'aide de l'équation précédente en substituant le sodium avec l'ion considéré. L'évolution des paramètres Na-React, SO4-React, Mg-React et Ca-React en fonction du pourcentage d'eau de mer ( $f_{\text{sea}}$ ) est présentée sur la Figure 64. L'évolution des teneurs en sulfate (SO4) et du rapport molaire SO4/Cl des eaux du pliocène en fonction des concentrations en chlorures sont présentées sur la Figure 65. Les évolutions pour le calcium, le magnésium et le bore (Ca vs Cl, Ca/Cl vs Cl, B vs Cl et B/Cl vs Cl) sont présentés en annexe 2 (Figure A- 43 à Figure A- 45). Les caractéristiques chimiques des pôles (sea et fw) sont présentés ci-dessous<sup>14</sup>.

<sup>14</sup>Caractéristiques chimiques des pôles considérés dans cette étude.

Pole 'sea'			pole 'fw'		
Cl-	mg/L	21519	Cl-	mg/L	4
Na+	mg/L	11280	Na+	mg/L	6
SO4--	mg/L	2849	SO4--	mg/L	20
Ca++	mg/L	440	Ca++	mg/L	20
Sr	mg/L	8314	Sr	mg/L	80
K	mg/L	423	K	mg/L	1
Mg++	mg/L	1374	Mg++	mg/L	4
B	µg/L	5693	B	µg/L	7

### 3.6.1. Processus de minéralisation par interaction eau-roche

Les échantillons présentant un enrichissement en sodium (Na-React>0), en magnésium (Mg-React>0) et calcium (Ca-React>0) en comparaison à la courbe de mélange (fw-sea) permettent d'identifier les ouvrages pour lesquels les phénomènes de dissolution des minéraux sont dominants, les valeurs élevées des taux d'échange étant directement corrélable aux temps de résidence de l'eau dans le système.

### 3.6.2. Processus d'absorption sur les minéraux argileux, oxydes et/ou matière organique

Les échantillons présentant un appauvrissement en sodium (Na-React<0), jusqu'à -23 mmol/l pour les eaux de Dem'Mer 3 (Figure 64A) témoignent d'une intrusion d'eau salée et d'une importante interaction eau-roche dans l'aquifère qui se traduit par une absorption de Na dissous et par la libération en échange de Ca (les plus fortes valeurs de Ca-React (jusqu'à + 12 mmol/l pour Dem'Mer 3, Figure 64D) sont associées aux plus faibles valeurs de Na-React. Aux très faibles valeurs de Na-React sont associées de faibles valeurs de B-React (jusqu'à - 54  $\mu\text{mol/l}$  pour Dem'Mer 3, Figure 67), les valeurs de B-react <0 apparaissent bien corrélées aux valeurs de Na-React et Ca-React. Le phénomène inverse dit de «*désalinisation*» (freshening) de l'aquifère (Appelo et Postma, 2005; Pennisi et al., 2006) qui se caractérise par un excès de Na (Na-React>0) et un appauvrissement en Ca (Ca-React<0) n'est a priori pas observé dans notre cas d'étude (Figure 64D).

Petelet et al (2016) a montré à l'aide de la signature isotopique du bore ( $\delta^{11}\text{B}$ ) que les eaux prélevées dans l'ouvrage expérimental du Barcarès(Le) à 27.5, 36, 43.5, 52 et 57 m de profondeur) et dans l'ouvrage Canet (à 15.8 m de profondeur) sont affectés par le phénomène d'absorption sur les minéraux argileux et les oxydes. La signature isotopique de ces échantillons est supérieure à celle de l'eau de mer ( $\delta^{11}\text{B}=39.1 \text{ ‰}$ )<sup>15</sup>. A partir des informations chimiques de ces points, les diagrammes de la Figure 67 permettent d'identifier les ouvrages pour lesquels le phénomène d'absorption sur les minéraux argileux et les oxydes et/ou matière organique est actif. L'ouvrage Dem'Mer3 semble subir intensément ce phénomène, des analyses isotopiques du bore permettraient de qualifier l'importance du phénomène (ces analyses n'ont pu être faites dans le cadre du projet). Le processus d'absorption sur les minéraux argileux et les oxydes et/ou matière organique semble également affecter les teneurs en magnésium de ces eaux, de faibles valeurs en Mg-React sont calculées pour ces points (Figure 64C).

---

<sup>15</sup> En solution aqueuse, le bore est présent sous forme d'acide borique non dissocié  $\text{B}(\text{OH})_3$  et d'ion borates  $\text{B}(\text{OH})_4^-$ . La répartition entre ces deux espèces dépend essentiellement du pH, de la température et de la salinité (Hershey et al., 1986, Kakihana et al., 1977). Le  $^{11}\text{B}$  est préférentiellement incorporé dans l'acide borique  $\text{B}(\text{OH})_3$  tandis que le  $^{10}\text{B}$  a une plus grande affinité pour  $\text{B}(\text{OH})_4^-$ . Lors d'interactions avec des argiles/oxydes et/ou de la matière organique, le  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  sera préférentiellement incorporé lors des processus d'adsorption, entraînant une diminution des teneurs en bore (plus ou moins importante en fonction de la répartition relative des deux espèces), ainsi qu'une augmentation du  $\delta^{11}\text{B}$  dans la solution. Ce phénomène s'accompagne d'une diminution de la teneur en B dans l'eau et donc d'une augmentation du rapport Cl/B par rapport au rapport marin. Ce processus provoque un fractionnement isotopique important qui privilégie l'isotope léger dans les phases solides et donc laisse évoluer la solution vers des valeurs de  $\delta^{11}\text{B}$  de plus en plus élevées. L'amplitude du fractionnement des isotopes du bore varie entre + 20 ‰ et + 30 ‰ (Palmer et al., 1987; Spivack et al., 1987).

### 3.6.3. Processus géochimiques impliquant le soufre

L'évolution des teneurs en sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et du rapport molaire  $\text{SO}_4/\text{Cl}$  des eaux du pliocène en fonction des concentrations en chlorures sont présentées sur la Figure 65.

Les points présentant des concentrations en chlorures inférieures à 100 mg/l (ie <0.5% de contribution du pôle marin) sont situés majoritairement au-dessus de la droite de mélange (fw-sea) ce qui indique un enrichissement en sulfates (certains points atteignent 700 mg/l de sulfate). Certains ouvrages dont le forage Dem'mer4 présentent de faibles teneurs en sulfate et de faibles rapports  $\text{SO}_4/\text{Cl}$  par rapport à la droite de mélange (fw-sea) ce qui indique un appauvrissement en sulfates (Figure 65B). Les points présentant des concentrations en chlorures supérieures à 100 mg/l présentent globalement des rapports  $\text{SO}_4/\text{Cl}$  élevées et sont situés au-dessus de la droite de mélange à l'exception notable de l'ouvrage Dem'Mer 3 et du point Bar1-36m du projet Grain d'Sel (Petelet et al, 2016).

Des processus secondaires d'interaction eau-roche en plus d'un simple mélange binaire sont donc impliqués pour expliquer les concentrations en sulfates des eaux du pliocène, les chlorures n'étant pas affectés par ce processus secondaire car supposés conservatifs.

L'appauvrissement en  $\text{SO}_4$  est souvent signalé en association avec l'intrusion d'eau de mer dans les aquifères côtiers et est généralement attribué à la dégradation de la matière organique par les bactéries sulfato-réductrices (Barker et al., 1998; de Montety et al., 2008; Gattacceca et al., 2009). Ce phénomène est vraisemblablement à l'origine des faibles concentrations mesurées dans le forage Dem'Mer3 dont l'eau présente des potentiels redox négatifs et une absence d'oxygène dissous. Ce phénomène semble également s'observer pour certains ouvrages présentant de faibles teneurs en chlorures (<100 mg/l) et notamment au sein des formations sollicitées par le forage Dem'Mer 4. La localisation des points d'eau affectés par ce phénomène est reportée sur la carte (Figure 66). Ce processus concerne principalement le pliocène de la Plaine de la Salanque.

Pour des eaux souterraines présentant un excès de sulfate ( $\text{SO}_4 \text{ React} >0$ , Figure 64B) une source naturelle est nécessaire pour expliquer cette situation. Le pliocène situé au niveau de la bordure occidentale au contact avec le massif des Corbières est localement rechargé par les eaux du karst du d'Opoul et du Bas Agly (Ladouche et al, 2004 ; Dörfliger et Ladouche 2006). Les eaux du karst contiennent des teneurs comprises entre 90 mg/l et 190 mg/l (dans la zone des pertes de l'Agly) et des concentrations comprises en 50 mg/l et 470 mg/l selon la localisation suivant l'axe d'écoulement, les concentrations les plus élevées étant observées au niveau des exutoires de Fontdame (280 à 330 mg/l) et Fontestramar (jusqu'à 470 mg/l). Ce phénomène local ne permet pas d'expliquer les concentrations élevées en sulfate des autres secteurs.

Lorsque les concentrations de sulfate dans les eaux souterraines dépassent 100 mg/l (sans intrants anthropiques), les sources lithogènes de soufre telles que les évaporites de sulfate, la pyrite ou l'oxydation des matières organiques sont souvent prédominantes (Krouse et Mayer, 2000). Pour les formations du pliocène, les évaporites ne peuvent pas être une source potentielle car il n'y a aucune preuve de tels minéraux dans la séquence sédimentaire et les données isotopiques ( $\delta^{34}\text{S}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  du  $\text{SO}_4$ ) ne supportent pas une telle origine (Petelet et al, 2016).

Une autre façon de libérer du sulfate en solution est l'oxydation de minéraux à soufre réduit tels que la pyrite, le potentiel redox des eaux souterraines présentant alors des conditions oxydantes ( $\text{Eh} \gg 0$  mV) et de l'oxygène dissous. Enfin, l'oxydation du soufre organiquement lié peut constituer une source supplémentaire de sulfate dans les eaux souterraines, ce phénomène a été mis en évidence pour l'échantillon Bar1 - 114 m où une couche riche en matière organique a été identifiée (lignite) dans la formation (Petelet et al, 2016).

Enfin, la dernière source possible pour expliquer l'enrichissement de sulfate est le phénomène de drainance des formations quaternaires par le pliocène. Les plus fortes teneurs observées dans le Quaternaire sont localisées sur la bordure littorale et des étangs (Figure A- 28), notamment du secteur du Barcarès(Le), suggérant une origine marine. Cependant, les échantillons des dépôts quaternaires peu profonds (FOU et GAT) prélevés par Marchal et Chery, (1995) ont une concentration en  $\text{SO}_4$  relativement élevée (~ 300 mg / L) mais avec des signatures  $\delta^{34}\text{S-SO}_4$  incompatibles avec une origine marine, l'hypothèse la plus probable pourrait être la contribution des sulfates anthropiques de l'agriculture avec des signatures  $\delta^{34}\text{S-SO}_4$  entre - 1 et + 12 ‰ (Vitoria et al., 2004) ce qui constituerait la dernière source possible pour expliquer les teneurs en sulfate de la zone d'étude.

La Figure 66 permet de visualiser l'ensemble des ouvrages du Pliocène pour lesquels les données géochimiques ont permis de définir l'importance et le type de processus qui permet d'expliquer les caractéristiques de l'eau souterraine observée au droit des ouvrages.



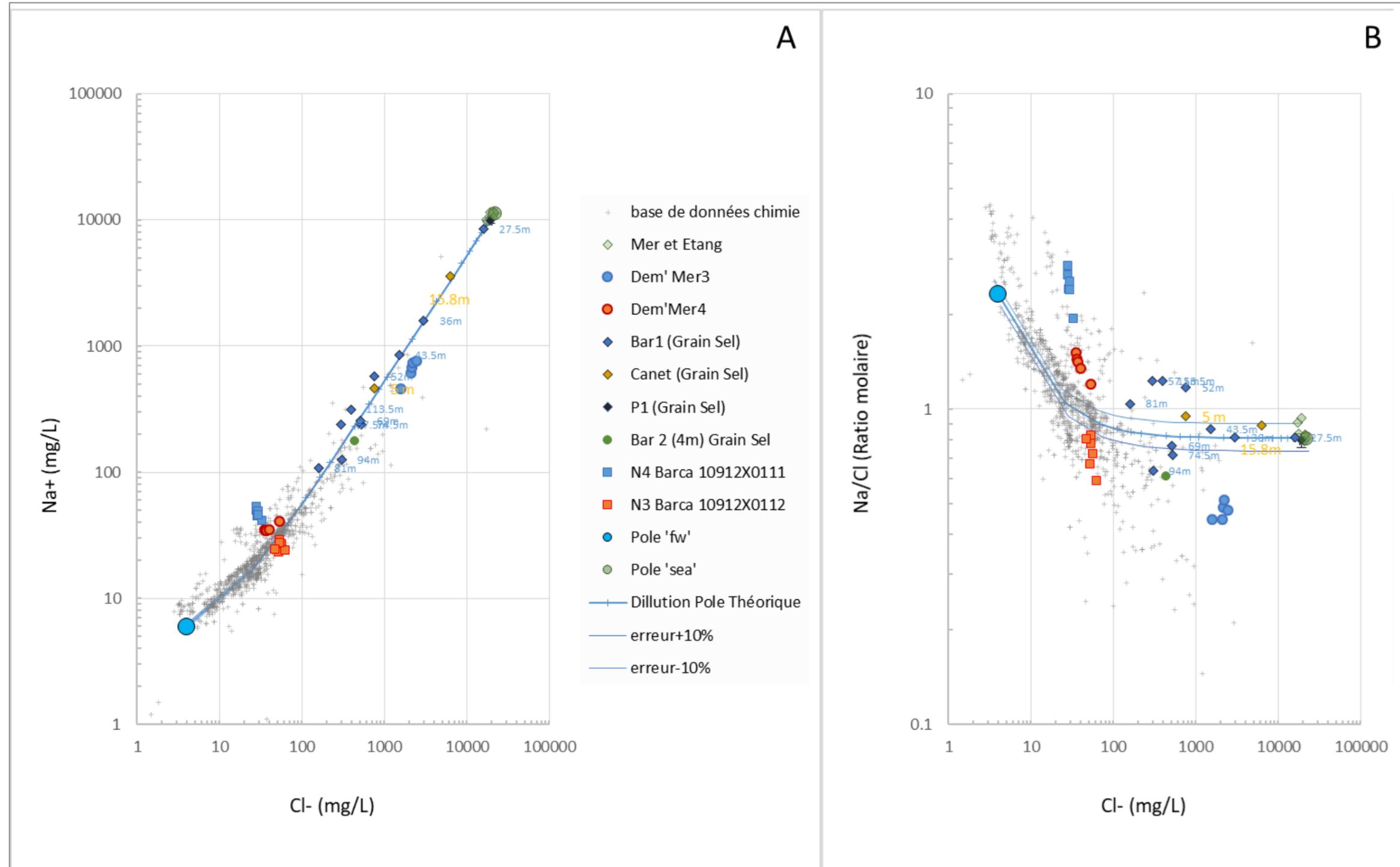


Figure 63. Evolution des teneurs en sodium (Na+) et du rapport molaire Na/Cl des eaux du pliocène en fonction des concentrations en chlorures

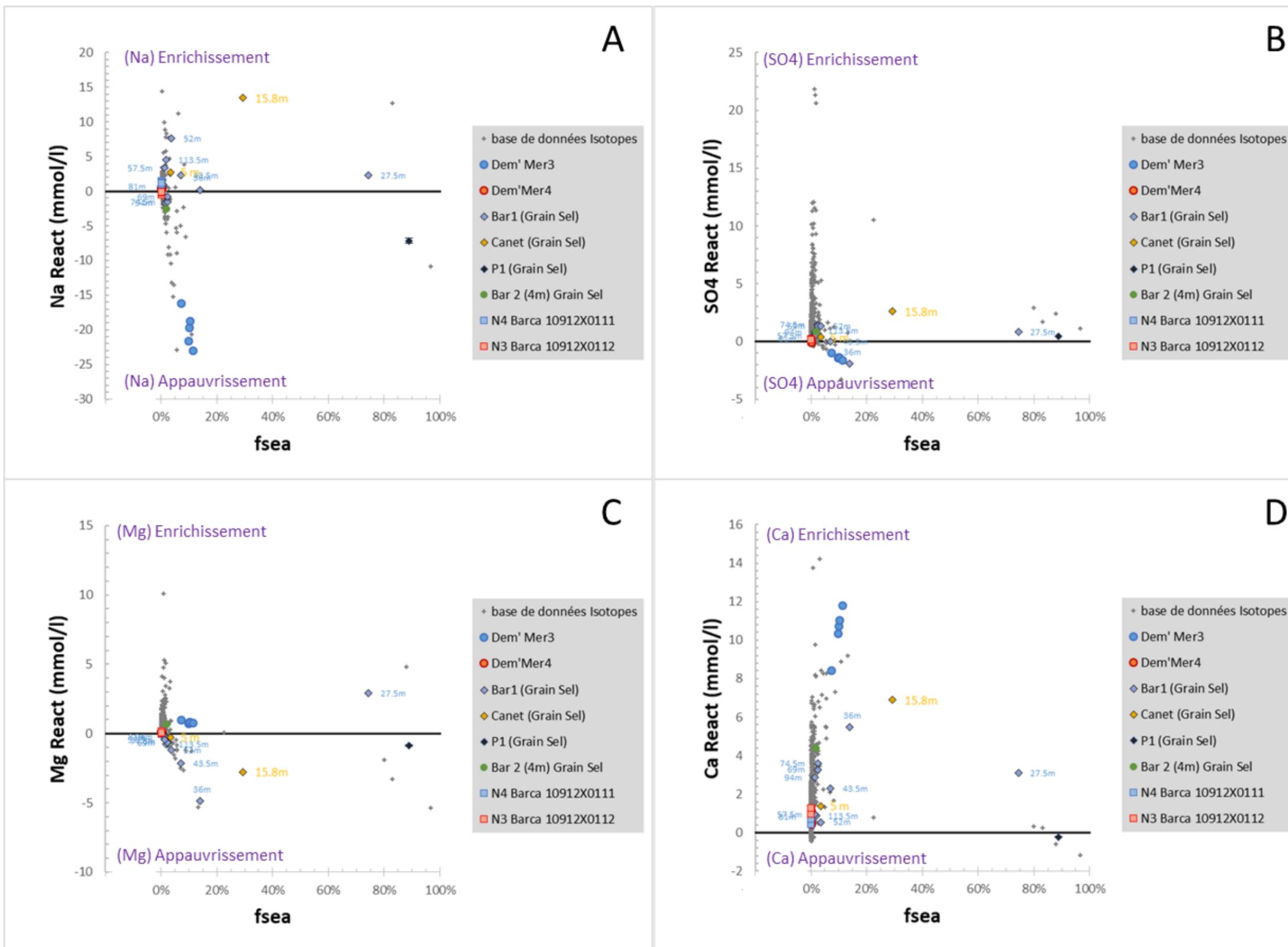


Figure 64. Evolution des paramètres Na-React, SO4-React, Mg-React et Ca-React en fonction du pourcentage d'eau de mer (fsea).

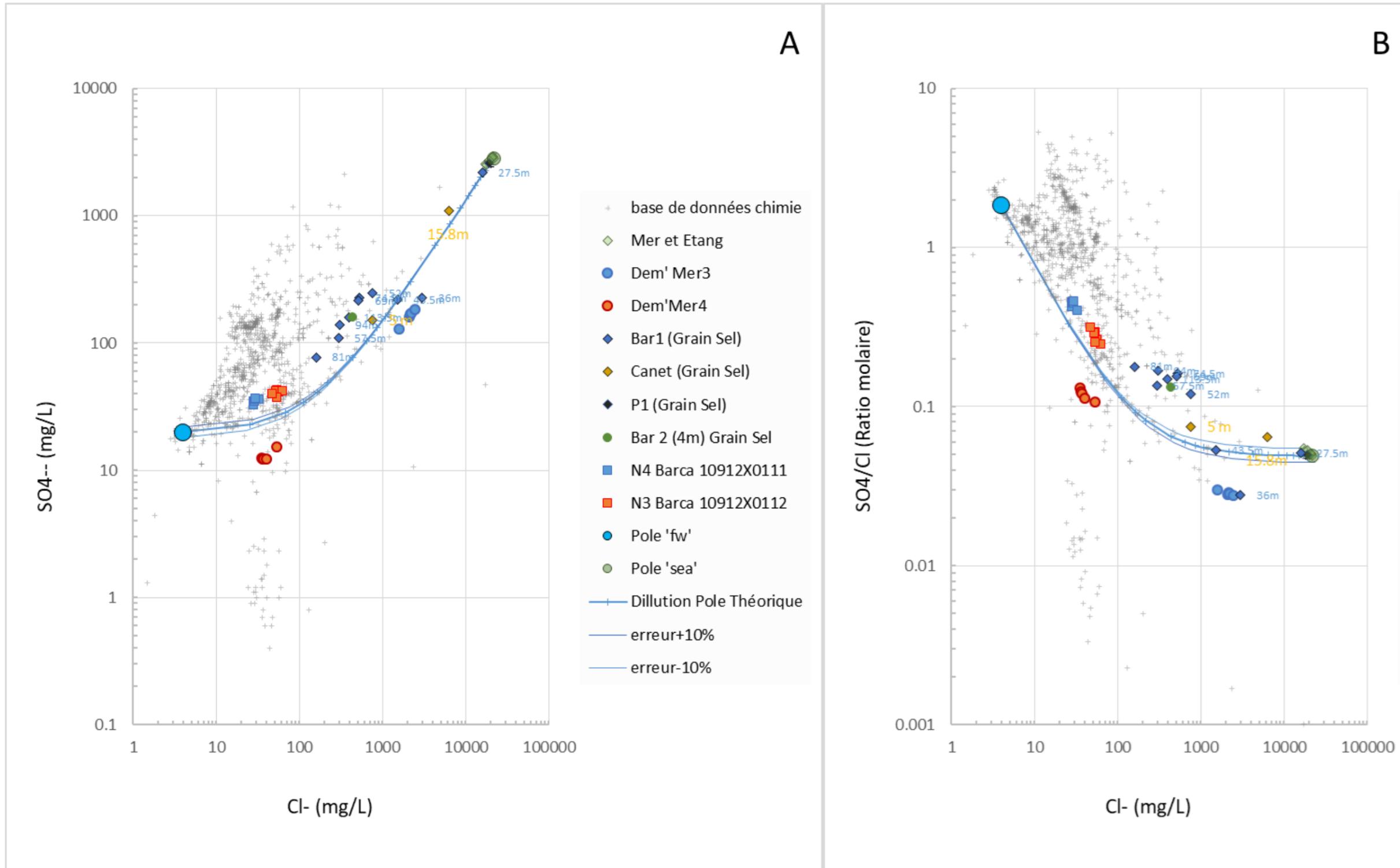


Figure 65. Evolution des teneurs en sulfate ( $SO_4^{--}$ ) et du rapport molaire  $SO_4/Cl$  des eaux du pliocène en fonction des concentrations en chlorures

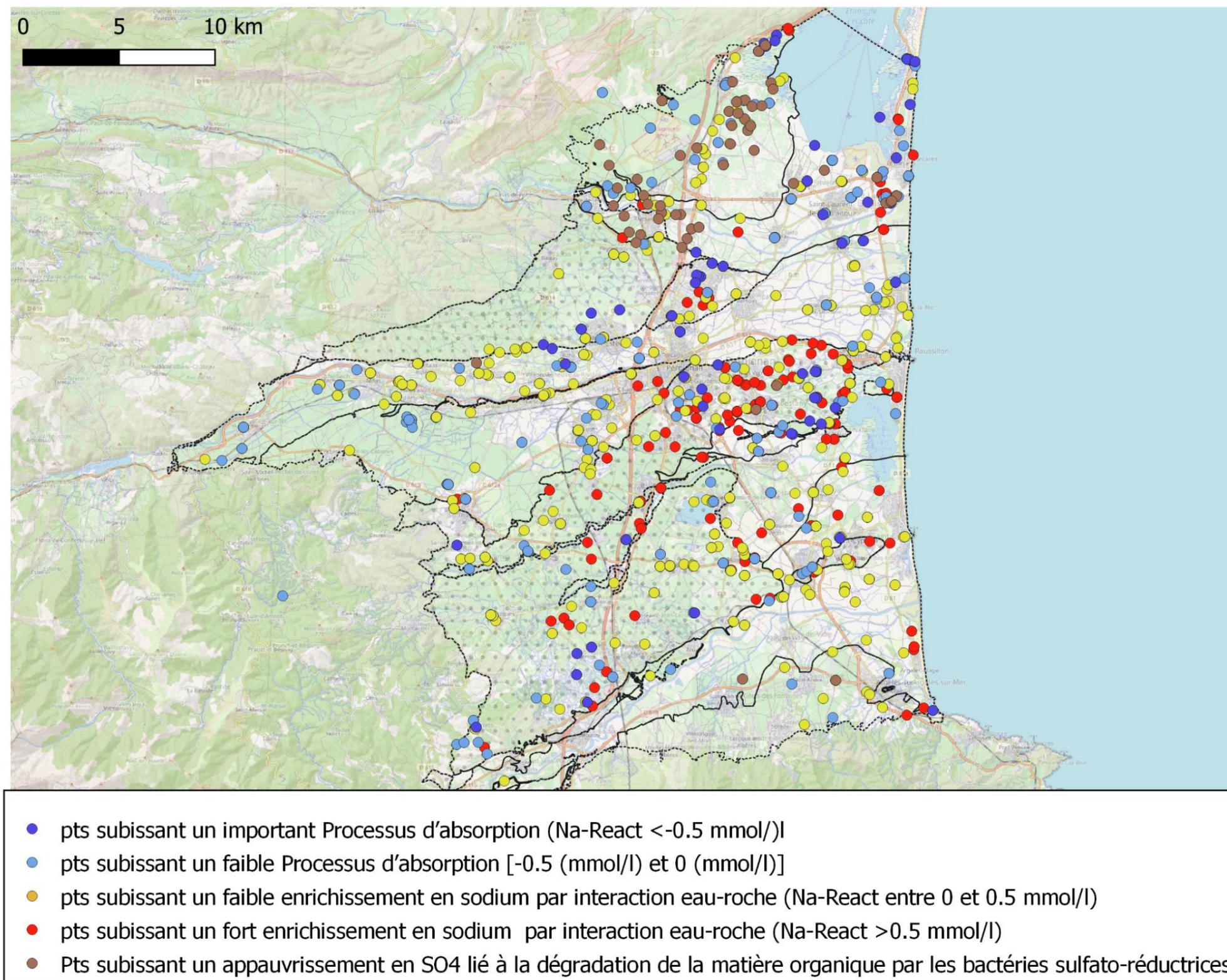


Figure 66. Synthèse de principaux processus géochimiques dans les eaux du pliocène révélés par les éléments majeurs.

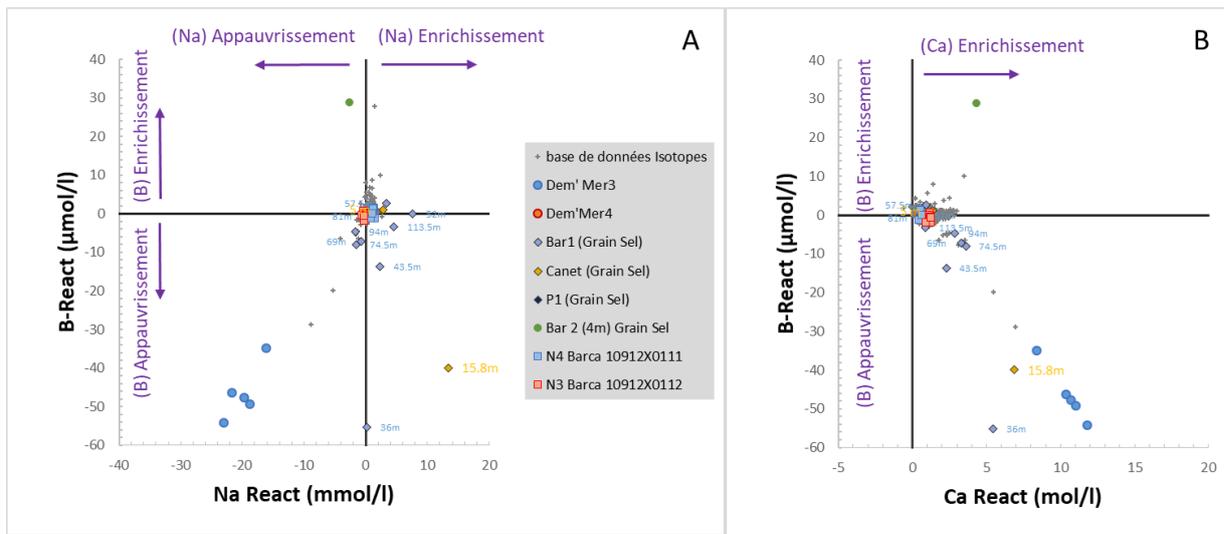


Figure 67. Evolution du paramètre B-React des eaux du pliocène en fonction des paramètres Na-React et Ca\_React.



## 4. Modèle conceptuel : synthèse

L'ensemble des données et connaissances synthétisées ou acquises dans les différents travaux du projet Dem'Eaux Roussillon sont utilisées pour proposer une amélioration du modèle conceptuel du fonctionnement du système aquifère Plio-Quaternaire de la Plaine du Roussillon.

### 4.1. INFLUENCE DES POMPAGES SUR LA RECHARGE DU PLIOCENE

Les informations apportées par l'analyse des cartes piézométriques, notamment traduites en termes de cartes de la drainance verticale ont permis de mettre en évidence la prépondérance de ce processus dans le comportement de l'hydrosystème. Ce processus qui était majoritairement ascendant dans les années 1960, s'est aujourd'hui inversé en raison des pompages et apparaît jouer un rôle prépondérant en termes de recharge des formations du Pliocène, sur la partie qui se situe sous couverture des formations du Quaternaire. Ainsi, les pompages, dont on savait déjà qu'ils contrôlent de manière conséquente les fluctuations des niveaux piézométriques dans les formations du Pliocène, en provoquant une baisse tendancielle des niveaux piézométriques interannuels et des baisses estivales marquées (Caballero & Ladouche, 2015), influencent également les processus de drainance.

Cette influence a été quantifiée grâce à la réinterprétation des essais de pompage présentée au §2.5.4 qui a permis de proposer une schématisation de l'effet des pompages sur le processus de drainance entre les formations du Quaternaire et du Pliocène. A partir des gammes de valeurs des caractéristiques hydrodynamiques déterminées par ces essais (Figure 26), une modélisation du flux de drainance a été réalisée (Figure 68). Les résultats de cette modélisation montrent que, même dans le cas où les caractéristiques hydrodynamiques des deux formations sont les plus défavorables à la mise en place de la drainance (Pliocène le moins diffusif et Quaternaire le plus diffusif), un flux de drainance atteignant 35% du débit de pompage est susceptible de se mettre en place au bout de 100 jours de pompage. Dans les conditions les plus favorables à la mise en place du processus de drainance sous l'effet du pompage, la drainance représente près de 100% du flux de pompage, dès les 50 jours premiers de pompage.

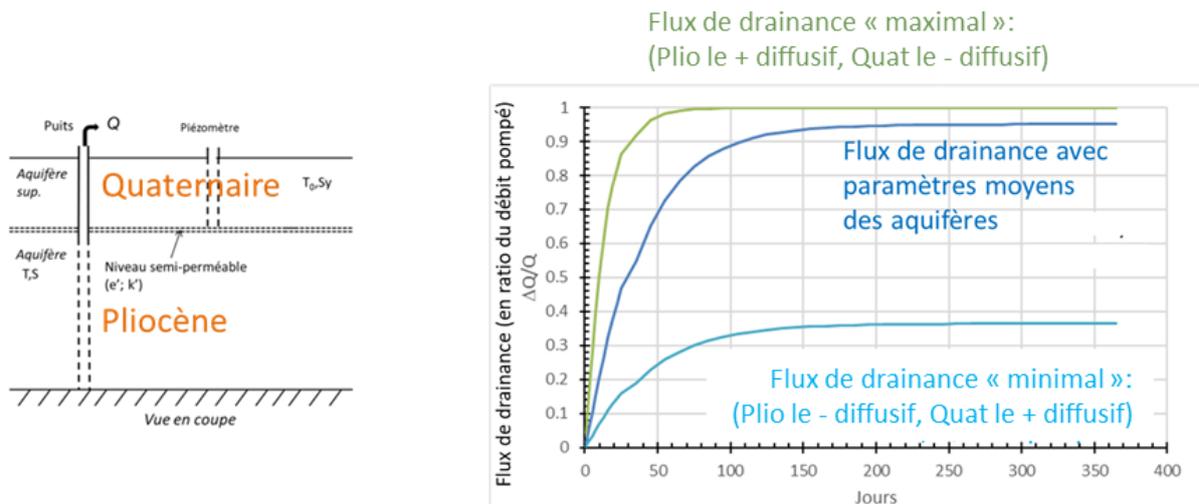


Figure 68 : modélisation de l'effet d'un pompage sur le processus de drainance entre les formations du Quaternaire et du Pliocène, en fonction des caractéristiques hydrodynamiques de ces formations sur la plaine du Roussillon.

Cette modélisation n'est bien sûr représentative que d'une situation où le pompage serait continu pendant toute la période de modélisation et non d'un pompage de quelques heures par jour ou contrôlé par le remplissage d'un réservoir, comme c'est le cas plus généralement dans la réalité. Cependant, elle montre bien que, sur le long terme, le processus de drainage déclenché par les pompages représente le facteur prépondérant de recharge des formations Pliocènes situées sous couverture du Quaternaire. Cette situation est illustrée sur la Figure 69 qui présente une vision très schématisée des dépôts dans les formations du Pliocène avec des chenaux sableux (en bleu foncé) dans lesquels les eaux souterraines s'écoulent facilement et qui sont généralement les horizons crépinés dans les forages d'exploitation, pris au sein d'une matrice globalement argileuse dans laquelle les eaux souterraines s'écoulent beaucoup plus difficilement. Au sein du Quaternaire les eaux souterraines s'écoulent également en direction de la mer, mais la nature des interactions avec la mer en bordure côtière et sous la mer est variable spatialement (l'eau souterraine est très saumâtre dans certains secteurs comme à Canet en Roussillon) et sa dynamique temporelle doit faire l'objet d'investigations supplémentaires.

Les interprétations des essais de pompage (et en particulier, ceux réalisés sur les ouvrages des observatoires Dem'Mer et Dem'Ter) ont permis de montrer que les écoulements souterrains au sein du Pliocène étaient orientés par la géométrie des dépôts sableux, tels que décrits dans Duvail et al., (2022), avec des rabattements provoqués par les pompages qui peuvent s'étendre sur des distances pluri-kilométriques latéralement (Dewandel et al., 2022), tel qu'illustré sur la Figure 69. Ces interprétations ont également montré que l'on n'a pas observé de relation hydraulique entre les formations du Pliocène et la mer ou les étangs lors des pompages dans le Pliocène, même en bordure littorale. Cependant, ces pompages provoquent des drainances descendantes qui contrôlent le processus de recharge des formations du Pliocène. Ainsi, on peut considérer que, sous l'effet des pompages, les formations du Pliocène bénéficient des apports des précipitations là où ces formations affleurent, des apports des cours d'eau lorsqu'ils s'écoulent sur ces formations et des apports du Quaternaire lorsque ces formations contiennent de l'eau. La recharge des formations du Quaternaire est apportée par les précipitations et les apports des cours d'eau, dérivées dans les réseaux de canaux d'irrigation lorsqu'ils existent ou bien directement vers les nappes, plutôt en partie aval de la plaine.

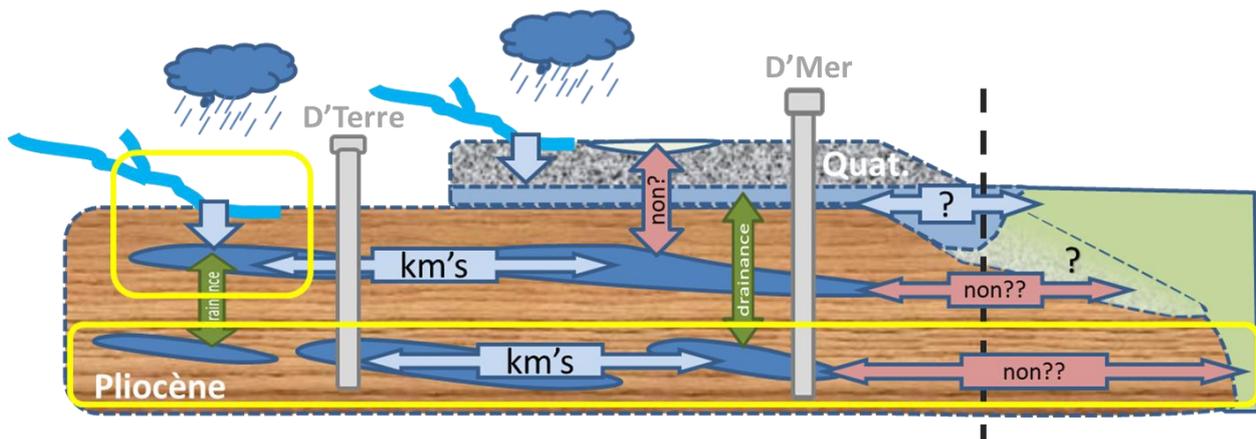


Figure 69 : Schéma conceptuel de l'influence des pompages sur le comportement hydrodynamique au sein des formations du Pliocène.

## 4.2. INFLUENCE DES CANAUX ET DES POMPAGES SUR LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES DANS LE PLIOCENE

Le travail de bilan et de valorisation des données géochimiques présenté au §3 a permis d'illustrer la distribution spatiale des caractéristiques géochimiques des eaux souterraines dans les formations du Quaternaire et du Pliocène. Les conclusions de ce bilan montrent que les caractéristiques géochimiques des eaux souterraines du Pliocène sont fortement dépendantes de l'origine des eaux de recharge et des processus d'interaction eau-roche liés à la nature des formations traversées et au temps de résidence de l'eau dans le sous-sol.

Le travail de caractérisation mené dans le cadre de la campagne de mesures sur le bassin versant de la Têt en amont de Perpignan (Laurent et al., (2021) ; Ladouche et Caballero, (2022)) a permis de quantifier les flux entre canaux, nappe et cours d'eau (Têt). Ces résultats ont mis en avant le rôle important des canaux pour la recharge des formations quaternaires, pendant les périodes d'irrigation. Ils ont également montré la complexité des processus en jeu dans la relation canaux-nappes-cours d'eau, qui donne lieu à l'alimentation des cours d'eau par les nappes, observée sur les cartes piézométriques, dans les zones amont des cours d'eau sur la plaine (Figure 34). Sur le plan géochimique, ce travail a également confirmé l'influence des processus de drainance sur les écoulements souterrains au travers de la signature isotopique des eaux échantillonnées dans le Pliocène.

La Figure 70 présente une synthèse de l'ensemble des résultats des analyses réalisées sur les eaux échantillonnées au cours du projet, en termes de teneurs en Silice et de signature isotopique de l'Oxygène 18. Cette comparaison permet de décrire l'origine de l'eau de recharge et de la mettre en regard de l'importance des interactions eau-roche qui traduisent son devenir au sein des formations aquifères. Cette figure montre que si les eaux situées dans les formations du Pliocène présentent généralement des teneurs en silice plus élevées que celles échantillonnées dans le Quaternaire (ce qui s'explique par temps de résidence et d'interaction eau-roche plus long des eaux souterraines dans les formations du Pliocène), elles peuvent également présenter des signatures isotopiques en isotopes stables de l'eau très comparables aux valeurs mesurées dans le Quaternaire, dans les secteurs où ce dernier recouvre les formations du Pliocène. Cette situation confirme que les flux d'eau de recharge dans le Pliocène ont une origine similaire à celle des eaux du Quaternaire. Associés à la caractérisation des processus d'absorption sur les minéraux argileux détaillés au §3.6 et aux modélisations de l'impact des pompages dans le Pliocène (§4.1), ces résultats confirment l'existence des processus d'infiltration des eaux du Quaternaire vers le Pliocène, par effet de drainance verticale descendante, sous l'effet des pompages.

On constate également une différence en termes de signature isotopique des eaux du Pliocène entre les secteurs où des canaux d'irrigation sont utilisés pour arroser les formations du Quaternaire et ceux situés en dehors des zones d'influence des canaux d'irrigation (secteur de la Canterrane). Dans ces derniers, les signatures isotopiques des eaux du Pliocène et du Quaternaire sont similaires à celles des précipitations sur la plaine (ordres de grandeur des signatures issus de la littérature) et/ou de la Canterrane. La recharge serait donc essentiellement apportée par l'infiltration directe des eaux des précipitations sur la plaine sur ces secteurs.

En revanche, dans les secteurs où les formations du Quaternaire sont sous l'influence des canaux de la Têt, les signatures isotopiques des eaux du Pliocène sont appauvries en oxygène 18 et sont très similaires à celles des eaux du Quaternaire, elles-mêmes proches de celles des eaux de la Têt en amont des prises d'eau des canaux. Enfin, l'influence des eaux drainées depuis les massifs qui entourent la plaine se manifeste également par la proximité des signatures isotopiques des eaux du Quaternaire et du Pliocène dans le secteur de Millas avec celles des

eaux échantillonnées en amont du Boulés, qui draine les massifs cristallins situés au sud de la Têt.

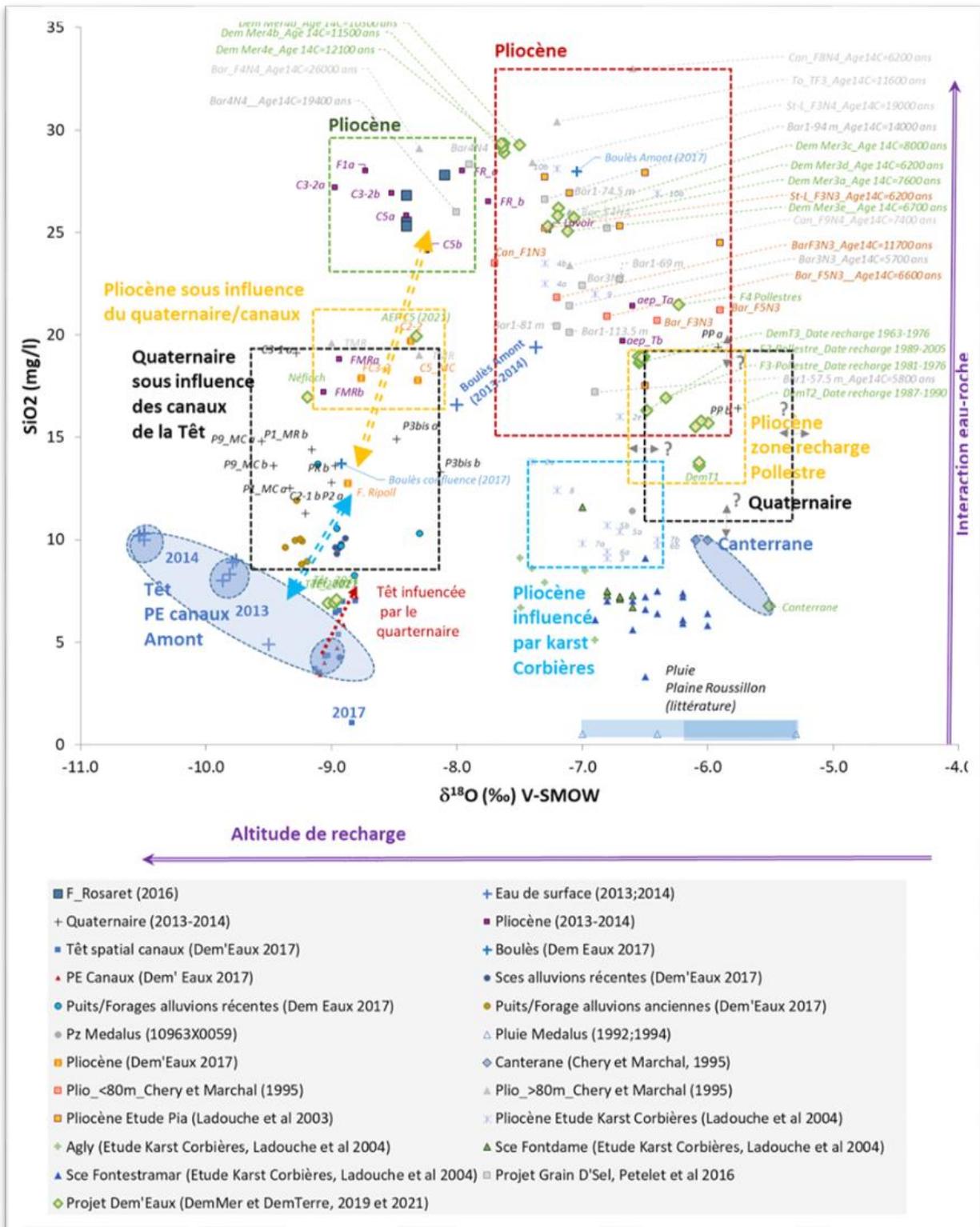


Figure 70 : Report des teneurs en silice et de la signature isotopique en oxygène 18 de l'ensemble des eaux échantillonnées dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon, dans le contexte géochimique du secteur d'étude.

La Figure 70 confirme également l'existence des apports d'eau souterraine à la Têt qui viennent augmenter les teneurs en Si des eaux du cours d'eau par rapport aux teneurs observées en amont des canaux (Rodes). Elle permet également d'illustrer l'existence des apports des eaux des karsts des Corbières au sein des formations du Pliocène dans le secteur de Salses-le-Château, avec des signatures isotopiques proches de celles mesurées dans le secteur du Bas-Agly et/ou des précipitations sur la plaine et des teneurs en silice significativement plus faibles que celles observées pour la majorité des eaux échantillonnées dans le Pliocène (ce qui marque une durée d'interaction eau-roche plus limitée en lien avec les apports d'eau karstiques récentes). Enfin, les eaux échantillonnées dans le Pliocène en situation proche de la côte (Dem'Mer, Barcarés,...) montrent à la fois des teneurs en Si élevées et des signatures isotopiques appauvries en oxygène 18 par rapport à celles des eaux de pluie actuelles. Ceci indique que les eaux échantillonnées dans les secteurs aval du Pliocène le long du littoral se sont probablement infiltrées à une période plus froide que la période actuelle et se sont lentement écoulées au sein des formations du Pliocène, ce qui leur a permis d'acquérir les teneurs en silice observées. Cette situation est en cohérence avec les âges (carbone 14) estimés pour ces eaux qui sont globalement compris entre 5 et 26 milles ans, ce qui indique que l'écoulement longitudinal au sein des formations du Pliocène est très lent en contexte de fonctionnement naturel (quelques mètres par an).

#### **4.3. CONSEQUENCES SUR LE RISQUE D'INTRUSION SALINE DANS LES FORMATIONS DU PLIOCENE**

La caractérisation hydrodynamique dans les formations du Pliocène qui montre que le flux d'eau souterraine en bordure de mer est majoritairement sortant (§2.6.1), la caractérisation géochimique présentée au §3 et les suivis géochimiques des essais de pompage réalisés dans les ouvrages des observatoires Dem'Ter et Dem'Mer (Dewandel et al., 2022) permettent d'affirmer qu'il ne semble pas y avoir, à ce stade des connaissances, de risque majeur d'intrusion saline dans les formations du Pliocène, par arrivée latérale d'eau salée, en provenance de la mer. Si un risque de salinisation des eaux du Pliocène existe, il est probablement lié en premier lieu à l'infiltration d'eau salée en provenance du Quaternaire, sous l'effet de la drainance provoquée par les pompages dans le Pliocène.

Les caractéristiques géochimiques des eaux souterraines dans les formations du Pliocène qui ont pu être analysées jusqu'ici sont très clairement contrôlées par un mélange entre un pôle « eau douce » (apportée par les eaux des précipitations et des cours d'eau qui drainent les massifs environnants et qui s'infiltrent, soit directement, soit en passant par les formations du Quaternaire) et un pôle « eau de mer / étang » (Figure 71). Cependant, elles montrent également la présence des processus d'absorption (§3.6.2) et de dégradation de la matière organique (§3.6.3), qui plaident plutôt pour une infiltration verticale de l'eau amenée à traverser des formations argileuses que pour une arrivée d'eau salée latéralement, au sein des formations sableuses.

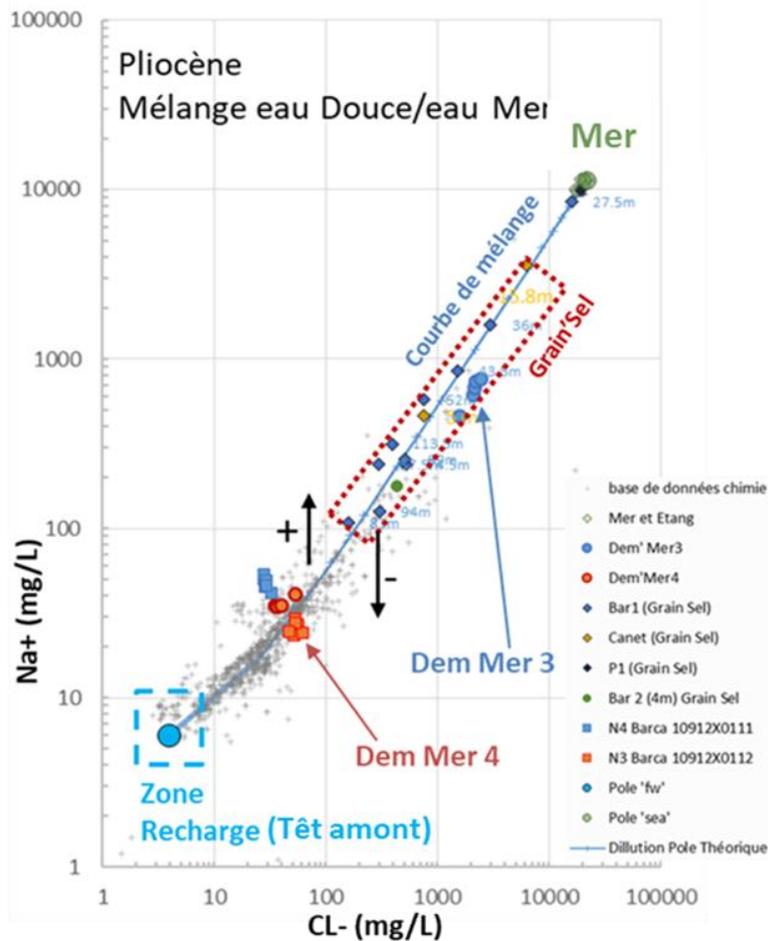


Figure 71 : Synthèse sur le rôle des processus de mélange sur les caractéristiques géochimiques de l'ensemble des eaux souterraines échantillonnées dans les formations du Pliocène, à ce jour.

Les résultats des datations des eaux viennent également renforcer cette vision conceptuelle des écoulements au sein des formations du Pliocène, qui considère 1) que la recharge du système se situe essentiellement en position amont situé à l'ouest (zone d'arrivée des cours d'eau dont l'eau est déviée par les canaux et zone d'arrivée des écoulements en provenance des massifs karstiques et cristallins environnants) et 2) que, de ce fait, le risque d'intrusion saline est faible latéralement, puisque, comme le montre la Figure 72, les temps de résidence de l'eau au niveau de l'observatoire Dem'Mer sont très significativement plus longs que ceux obtenus au niveau de l'observatoire Dem'Ter. Ce résultat renforce l'idée que ce sont les pompages et leurs conséquences en termes de processus de drainage qu'il faut contrôler de manière prioritaire pour maintenir en bon état la ressource en eau souterraine dans les formations du Pliocène. En effet, les pompages favorisent la recharge dans les zones amont et accélèrent grandement les vitesses de circulation verticales de l'eau, comme le suggèrent les résultats en termes de temps de résidence estimé pour Dem'Ter2, beaucoup plus faible que pour Dem'Mer2, alors qu'ils captent les formations du Pliocène à des profondeurs similaires).

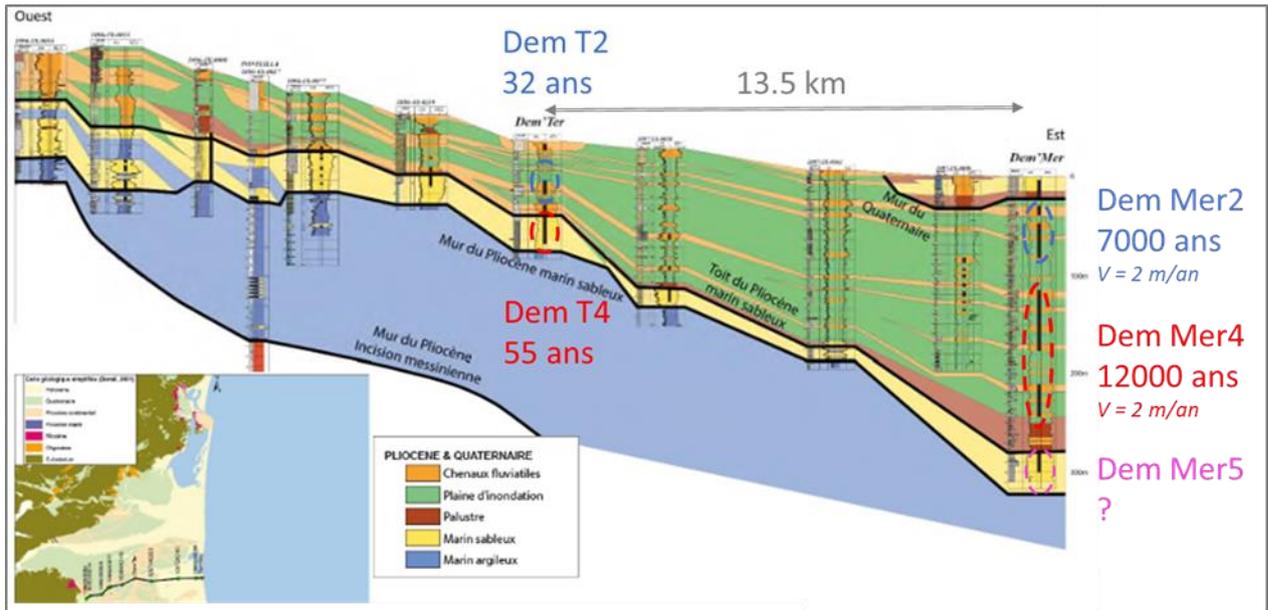


Figure 72 : Information de datation des eaux souterraines reportées dans le contexte hydrogéologique des aquifères de la plaine du Roussillon (Dewandel et al., 2022).

Le rôle prépondérant du processus de drainance provoqué par les pompages dans les formations du Pliocène, permet également d'affirmer que le maintien d'une ressource en eau de bonne qualité et en quantité suffisante dans les formations du Quaternaire, représente un levier majeur pour garantir un bon état quantitatif et qualitatif de la ressource en eau souterraine dans les formations du Pliocène. Ceci implique que l'on doit s'intéresser de près à l'état de la ressource en eau dans les formations du Quaternaire, notamment en bordure littorale et à proximité des étangs, où l'on constate des niveaux de minéralisation qui ont toujours été élevés (cf. Figure 51) et dont les causes, qui peuvent être multiples (intrusion latérale d'eau de mer, d'eau des étangs, présence de formation géologiques minéralisées – paléo étangs, etc...), doivent être caractérisées au cas par cas. Cette caractérisation au cas par cas est d'autant plus nécessaire que la présence d'ouvrages défectueux (longtemps considérés comme la cause principale des problèmes de contamination de l'eau souterraine constatés dans les formations du Pliocène) reste un facteur pouvant localement aggraver la problématique de l'infiltration d'eau du Quaternaire vers le Pliocène, provoquée par les pompages.



## 5. Conclusions

Le travail présenté dans ce rapport a permis de valoriser l'ensemble des données hydrodynamiques et géochimiques existantes ou acquises dans le cadre du projet Dem'Eaux Roussillon, à l'échelle de la plaine du Roussillon au cours des 60 dernières années.

L'analyse de ces données a permis de proposer une évaluation spatialisée des caractéristiques hydrodynamiques et géochimiques des réservoirs d'eau souterraine contenus dans les formations du Quaternaire et du Pliocène de la plaine du Roussillon. Elle a également permis de proposer une conceptualisation nouvelle des principaux processus qui contrôlent l'évolution de l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines de la plaine du Roussillon.

Les caractéristiques et processus principaux qui en résultent sont schématisés sur la Figure 73.

Cette figure illustre le fait que les aquifères des formations quaternaires sont rechargés par les précipitations et les apports des canaux d'irrigation qui prélèvent leur eau dans les cours d'eau drainant les massifs entourant la plaine du Roussillon. Dans les zones où les canaux sont présents (secteurs amont hydraulique de la plaine), on constate généralement que les nappes du Quaternaire alimentent les cours d'eau. A l'inverse, dans les zones aval, en allant vers la bordure côtière, cette relation s'inverse. Cette schématisation n'est bien sûr valable qu'à grande échelle et peut être mise en défaut localement en présence de pompages dans le Quaternaire, ou d'aménagements (seuils) sur les cours d'eau, en particulier dans la vallée du Tech.

La spatialisation des caractéristiques hydrodynamiques permet de mettre en évidence les secteurs les plus productifs en termes de pompage dans les formations du Pliocène (Salanque et secteur central de la plaine) et du Quaternaire (Vallée de la Têt en amont de Perpignan et secteur sud étang de Canet et aval de la vallée du Tech).

Le travail de valorisation des données géochimiques a permis de mettre en évidence le processus de drainance entre les formations du Quaternaire et du Pliocène, sous l'effet des pompages dans ces dernières. La drainance se traduit par un appauvrissement en sodium et bore et un enrichissement en calcium des eaux du Pliocène en comparaison de celles du Quaternaire, du fait des processus d'absorption sur les minéraux argileux des formations du Pliocène, lorsqu'elles sont traversées par les eaux en provenance du Quaternaire. Elle peut également provoquer ponctuellement une modification des teneurs en sulfates, se traduisant par un appauvrissement (dégradation de matière organique par les bactéries sulfato-réductrices, observé dans le Pliocène de la Salanque) ou un enrichissement (sulfates anthropiques associés aux activités agricoles).

Le processus de drainance constitue probablement le facteur majeur de la recharge des eaux du Pliocène, en comparaison avec l'infiltration des eaux des précipitations ou des cours d'eau qui n'intervient que dans les secteurs où les formations du Pliocène affleurent à la surface. Une quantification précise des flux de recharge suivant ces mécanismes est proposée grâce aux travaux de modélisation hydrodynamique présentés dans Lanini et al. (2022).

Malgré les pompages et les rabattements importants qui affectent le niveau des nappes dans les formations du Pliocène en période estivale, la situation actuelle montre le maintien d'un flux orienté ouest-est au sein de ces formations, qui limite le risque d'intrusion d'eau de mer latéralement. Ce constat est renforcé par l'absence d'observation de relations hydrauliques avec la mer en condition de pompage dans le Pliocène, même en situation côtière. La drainance verticale provoquée par ces pompages apparaît de ce fait constituer le principal risque de

salinisation des eaux des formations du Pliocène, si les eaux du Quaternaire qui les surplombent sont salées.

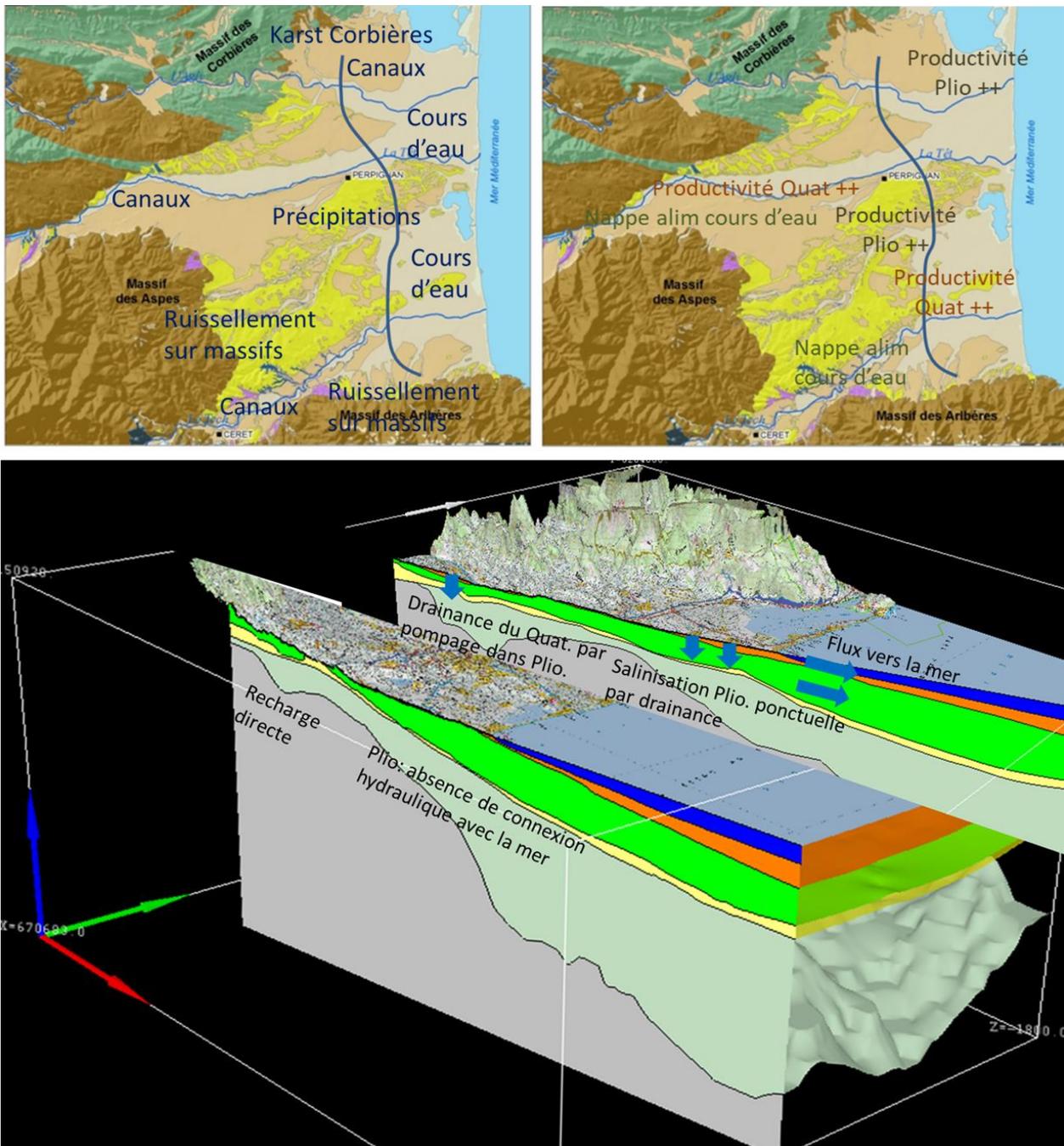


Figure 73 : Présentation synthétique des principales caractéristiques et processus qui contrôlent le comportement des eaux souterraines dans les formations de la plaine du Roussillon. Haut gauche : recharge des aquifères ; haut droite : caractéristiques hydrodynamiques ; bas : drainance et risque d'intrusion saline.

Dans ce contexte, la surveillance de l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines qui s'écoulent dans les formations du Quaternaire apparaît constituer une action nécessaire, voire prioritaire pour assurer la pérennité de la ressource en eau des formations du Pliocène. Elle nécessite probablement une description fine des caractéristiques lithologiques et hydrauliques et

des conditions de pompage au sein des formations du Quaternaire présentes dans les vallées de l'Agly, de la Têt, du Réart et du Tech et de la Salanque.

Dans les secteurs présentant des réseaux de canaux pour l'irrigation, un travail de modélisation détaillé des relations entre les canaux, les nappes quaternaires et les cours d'eau est probablement également nécessaire. Maintenir un bon niveau de remplissage des aquifères avec de l'eau de bonne qualité, dans les formations du Quaternaire, pourrait ainsi représenter une bonne manière de limiter le risque d'intrusion saline, tout en optimisant l'exploitation de la ressource en eau souterraine contenue dans les formations du Pliocène.



## 6. Bibliographie

Aunay (2007). Apport de la stratigraphie séquentielle à la gestion et à la modélisation des ressources en eau des aquifères côtiers. Thèse Université Montpellier II, 263 p + annexes

Appelo, C.A.J., Postma, D., 2005. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Seconde ed. Balkema.

Biscaldi R. (1964). Hydrogéologie du bassin inférieur du Tech (de Céret à la Mer). Thèse de 3eme cycle, Université Montpellier.

Barker, A., Newton, R., Bottrell, S., Tellam, J., (1998). Processes affecting groundwater chemistry in a zone of saline intrusion into an urban sandstone aquifer. *Appl. Geochem.* 13 (6), 735–749.

Caballero, Y., M. Assenbaum, Y. Balouin, L. Baudouy, S. Berne, C. Bosio, F. Bouchette, B. Bourguine, F. Bourrin, L. Brun, C. Champollion, M. Chauveau, C. Duvail, V. Dall'Alba, B. Dewandel, A. Fioravanti, P. Garin, G. Henry, B. Issautier, T. Jacob, B. Ladouche, S. Lanini, E. Lasseur, S. Laurent, R. Lavenus, F. Lemoing, J. Loffi, C. Loiselet, M.-A. Mauffrey, F. Meslard, M. Montginoul, G. Nadal, N. Neverre, A. Petit, P. Pezard, N. Proust, J.-B. Raynaud, P. Renard, J.-D. Rinaudo, L. Schorpp, L. Seguin, A. Soullignac, H. Tachrift, P. Vigouroux (2022), Caractérisation transdisciplinaire d'un aquifère côtier complexe, pour une exploitation maîtrisée et durable de sa ressource en eau en contexte méditerranéen : Le Projet Dem'Eaux Roussillon. Rapport final. BRGM/RP-71814-FR.

Capaccioni, B., Didero, M., Paletta, C., Didero, L., (2005). Saline intrusion and refreshing in a multilayer coastal aquifer in the Catania Plain (Sicily, Southern Italy): dynamics of degradation processes according to the hydrochemical characteristics of groundwaters. *J. Hydrol.* 307 (1–4), 1–16.

Chery L. (1992). Interprétation des résultats des analyses isotopiques des eaux du multicouche du Roussillon. BRGM R36094

Chery L. et Marchal J.P. (1995). Contamination marine de l'aquifère plio-quaternaire du Roussillon. BRGM R38604

Croiset N., Lopez B. (2013) – HYPE, outil d'analyse statistique des séries temporelles d'évolution de la qualité des eaux souterraines, manuel d'utilisation. Rapport BRGM/RP-63066-FR, 64 p., 33 fig.

Dazy J. (1965). Etude hydrogéologique du bassin inférieur de la Têt. Thèse de 3eme cycle, Université Montpellier

de Montety, V., Radakovitch, O., Vallet-Coulomb, C., Blavoux, B., Hermitte, D., Valles, V., (2008). Origin of groundwater salinity and hydrogeochemical processes in a confined coastal aquifer: case of the Rhone delta (Southern France). *Appl. Geochem.* 23 (8), 2337–2349.

Dewandel B., Ladouche B., Caballero Y. (2022) – Synthèse et valorisation des données d'essai par pompage réalisés sur les sites Dem'Mer et Dem'Ter dans le cadre du projet Dem'Eaux

Roussillon. Production #22b du projet Dem'Eaux Roussillon. BRGM/RP 71514 FR, 99 p., 72 fig., 3 ann.

Dorfliger.N., Ladouche.B., Le.Strat.P., Marechal.J.C., Aunay.B., Cubizolles.J., Izac.J.L., (2006). - Rapport de la phase II du projet CORBIERES. Rapport final. BRGM/RP-54708-FR

D.R.A.F., (1988). Nappe II de la Salanque. Etudes préalables aux équipements hydrauliques, Programme 1986. 2ième tranche d'étude. Dépt. des Pyrénées Orientales, Dir. Dépt. de l'Agriculture et de la Forêt. Fiche d'étude 2.6. 23 pages + annexes.

Duvail C., Berné S., Champollion C., Delahaie S., Issautier B., Jacob Th., Laouenan S., Lasseur E., Mauffrey M.-A. (2022) – Corrélation géologique terre-mer. Production #5 du projet Dem'Eaux Roussillon. Rapport BRGM/RP-71769-FR, 78 pp., 32 fig, 2 annexes.

Fleury P., Ladouche B., Dewandel B., Le Strat P., Grunenwald G., Izac JL., Cubizolles J., (2009), Rapport de fin de travaux du forage de reconnaissance hydrogéologique de Salses-le-Château. Rapport final. BRGM/RP-57606-FR, 53 p, 19 ill.

Fleury P., Dewandel B., Ladouche B., Delvoye P., Maldan F., (2014). Evaluation des ressources en eau souterraine des systèmes aquifères karstiques des Corbières. Phase IV –Investigations sur le forage ROBOL 2. Rapport « final ». BRGM/RP-64468-FR, 90 p., 47 ill., 4 ann..

Gadel F. (1966). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des Corbières orientales (région est) et des plaines de Rivesaltes, Lapalm-Caves et Sigean. Thèse de 3eme cycle, Université Montpellier

Gattacceca, J.C., Vallet-Coulomb, C., Mayer, A., Claude, C., Radakovitch, O., Conchetto, E., Hamelin, B., (2009). Isotopic and geochemical characterization of salinization in the shallow aquifers of a reclaimed subsiding zone: the southern Venice Lagoon coastland. J. Hydrol. 378 (1–2), 46–61.

Gentet, V. (2017), Evolution de l'aquifère dans la Plaine du Roussillon : de 1960 à nos jours. Stage Master II, diplôme d'Ingénieur de l'Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre de l'Université de Strasbourg

Got H. (1965). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région de Feuilla-Fitou (Corbières) et de la Salanque (Roussillon). Thèse de 3eme cycle, Université Montpellier

Hershey J. Peter , Marino Fernandez, Peter J. Milne, Frank J. Millero (1986).The ionization of boric acid in NaCl, Na□Ca□Cl and Na□Mg□Cl solutions at 25°C, Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume 50, Issue 1, Pages 143-148, ISSN 0016-7037, [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(86\)90059-1](https://doi.org/10.1016/0016-7037(86)90059-1).

Hydriad, (2013). Etude des volumes prélevables des nappes plio-quaternaires de la plaine du Roussillon

Kakihana, H., Kotaka, M., Satoh, S., Nomura, M., Okamoto, M., (1977). Fundamental studies on ion-exchange separation of boron isotopes. Bull. Chem. Soc. Jpn. 50 (1), 158–163.

Ladouche, B., Dörfliker, N., Izac, J.L., Cubizolles, J., Le Strat, P., Du Couëdic, C., Aunay, B., Thomson, P., (2004). Evaluation des ressources en eaux des Corbières. Phase I – Synthèse de la caractérisation des systèmes karstiques des Corbières orientales. Volume 2 –

Caractérisation géologique et hydrogéologique du système karstique du «synclinal du Bas-Agly». Report BRGM/RP-52919-FR, 196 pp

Ladouche B., Duvail C., Marchal J.-P., Le strat P. & Chery L. (2003) - Détermination de l'origine des nitrates dans l'aquifère du Roussillon par le traçage isotopique des sources d'azote (Commune de Pia, Pyrénées Orientales). Rapport BRGM/RP-52745-FR. 51 p.

Ladouche B. et Dewandel B. (2016) – Apport de la datation (CFC/SF6/Tritium) à la compréhension du fonctionnement de l'aquifère du pliocène mobilisé par le forage Rosaret (commune d'Ille-sur-Têt). Rapport final. BRGM/RP-66432-FR

Lanini S., Schorpp L. et Dall'Alba V. (2022) – Modélisation des écoulements souterrains dans la plaine du Roussillon : modèle MartROUSS. Production #24 du projet Dem'Eaux Roussillon. BRGM/RP-71764-FR, 52 p., 46 fig., 5 ann.,

Laurent, S., Chauveau, M., Digaud, R. (2021) – Campagne de mesure des débits sur la Têt et conclusions sur les flux de surface et souterrains. Production.#11a du projet Dem'Eaux Roussillon, BRGM/RP-71406-FR, 64 p., 37 fig., 1 tabl

Marchal J.P. (1995). Teneurs en nitrate dans les eaux souterraines de l'aquifère plio-quaternaire du Roussillon-Situation en 1995. BRGM R38748

Marchal J.P. (1996). Teneurs en nitrate dans les eaux souterraines de l'aquifère plio-quaternaire du Roussillon-Situation en 1996. BRGM R39386.

Marchal, J.P., Chery, L., (1995). Contamination marine de l'aquifère du plio-quaternaire du Roussillon (Pyrénées Orientales). Rapport BRGM R38604

Meité D., (2018), Caractérisation et modélisation du fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère de la plaine du Roussillon. Rapport de stage de fin d'études 3A, Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy.

Palmer, M.R., Spivack, A.J., Edmond, J.M., (1987). Temperature and pH controls over isotopic fractionation during adsorption of boron on marine clay. *Geochim. Cosmochim. Acta* 51 (9), 2319–2323.

Pennisi, M., Bianchini, G., Muti, A., Kloppmann, W., Gonfiantini, R., (2006). Behaviour of boron and strontium isotopes in groundwater–aquifer interactions in the Cornia Plain (Tuscany, Italy). *Appl. Geochem.* 21, 1169–1183.

Petelet-Giraud, E., Négrel, P., Aunay, B., Ladouche, B., Bailly-Comte, V., Guerrot, C., Flehoc, C. Pézard, P., Lofi, J., & Dörfliger, N. (2016). Coastal groundwater salinization: Focus on the vertical variability in a multi-layered aquifer through a multi-isotope fingerprinting (Roussillon Basin, France). *Science of the Total Environment*, 566, 398-415.

Partenot Ch. (1964). Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin du Réart. Thèse de 3eme cycle, Université Montpellier

Spivack, A.J., Palmer, M.R., Edmond, J.M., (1987). The sedimentary cycle of the boron isotopes. *Geochim. Cosmochim. Acta* 51 (7), 1939–1949.

Vaute L. (2018) – Qualistat 3 : un outil de valorisation des données de qualité des eaux souterraines du bassin Rhin-Meuse. Rapport BRGM/RP-68386-FR, 37 p., 10 ill., 2 ann.

Vitoria, L., Otero, N., Soler, A., Canals, A., (2004). Fertilizer characterization: isotopic data (N,S, O, C, and Sr). *Environ. Sci. Technol.* 38 (12), 3254–3262.

## **Annexe 1**

### **Elements complémentaires du chapitre « Hydrodynamique »**



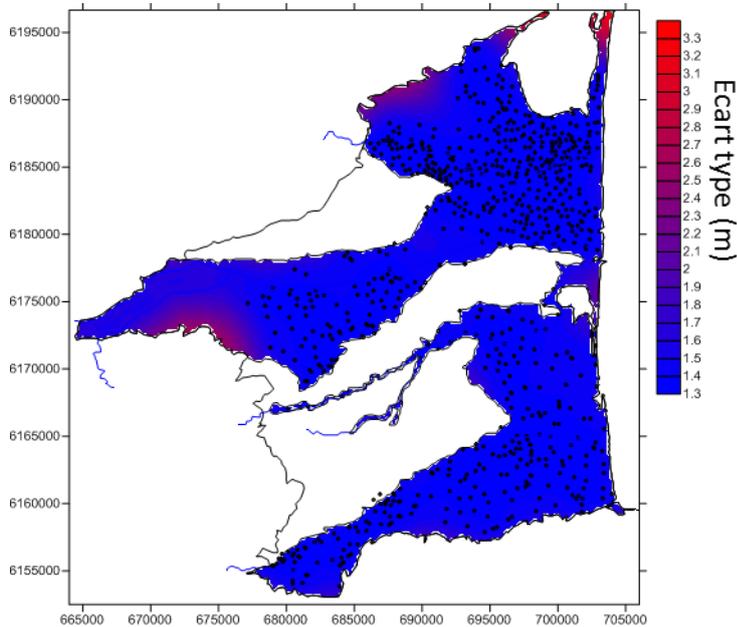


Figure A- 1. Ecart type de la carte piézométrique du Quaternaire, année 60. Point : mesures (n=756). Bleu cours d'eau. Isovaleurs tous les 10 mètres (mNGF). Variogramme, modèle : Gaussien (var. : 6,7 ; portée : 3 800 m) +effet pépité (var. :1,7). Carte en 200x200m.

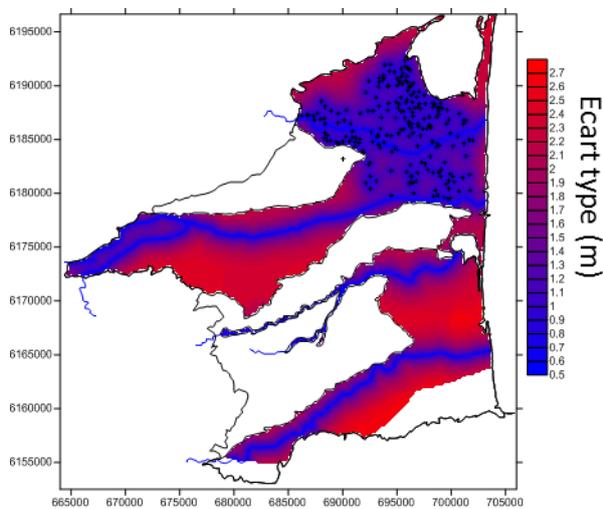


Figure A- 2. Ecart type de la carte piézométrique du Quaternaire – Salanques uniquement, Mai 1987. Point : mesures (n=211). Bleu cours d'eau. Isovaleurs tous les 10 mètres (mNGF). Variogramme, modèle : sphérique (var. : 4,5 ; portée : 3 900 m) +effet pépité (var. :0,2). Carte en 200x200m.

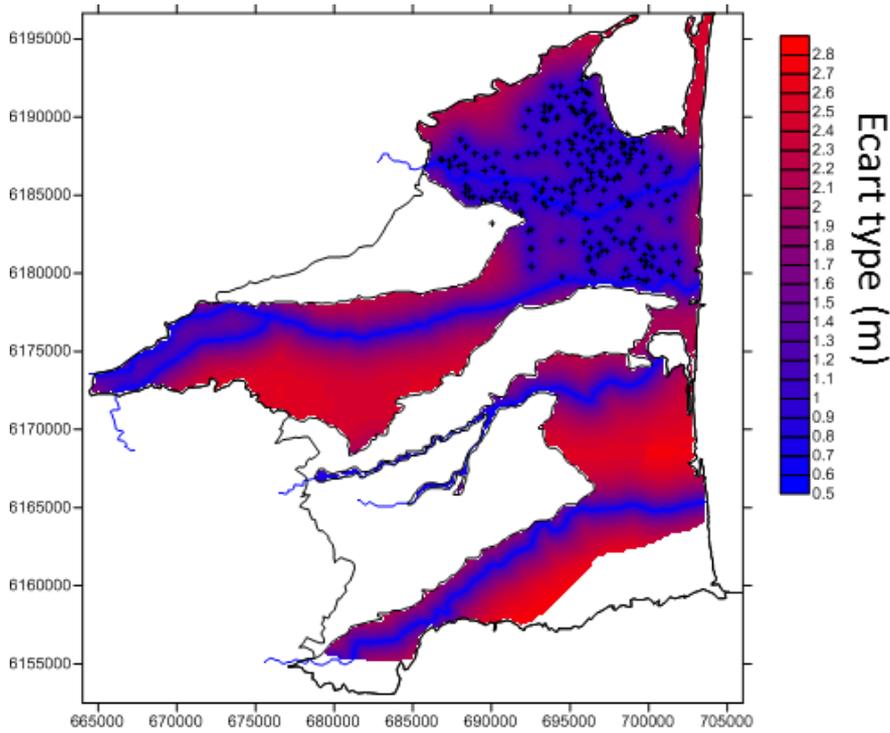


Figure A- 3. Ecart type de la carte piézométrique du Quaternaire – Salanques uniquement, Septembre 1987. Point : mesures (n=206). Bleu cours d'eau. Isovaleurs tous les 10 mètres (mNGF). Variogramme, modèle : sphérique (var. : 4,95 ; portée : 4 300 m) +effet pépité (var. :0,2). Carte en 200x200m.

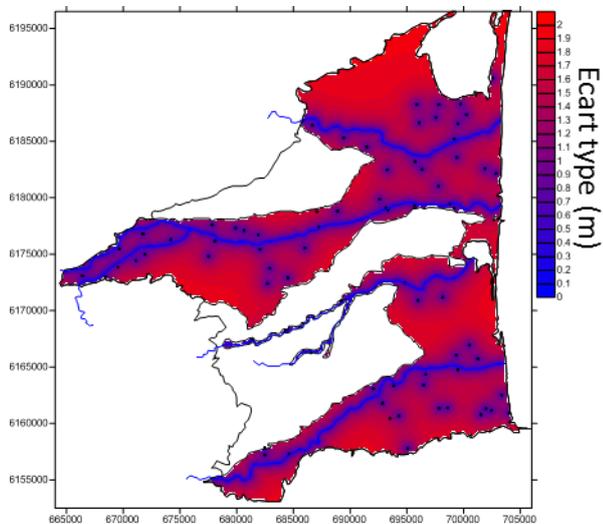


Figure A- 4. Ecart type de la carte piézométrique du Quaternaire, Août 2012. Point : mesures (n=74). Bleu cours d'eau. Isovaleurs tous les 10 mètres (mNGF). Variogramme de la profondeur du niveau piézométrique, modèle : sphérique (var. : 4,95 ; portée : 4 300 m) +effet pépité (var. :0,2). Carte en 200x200m.

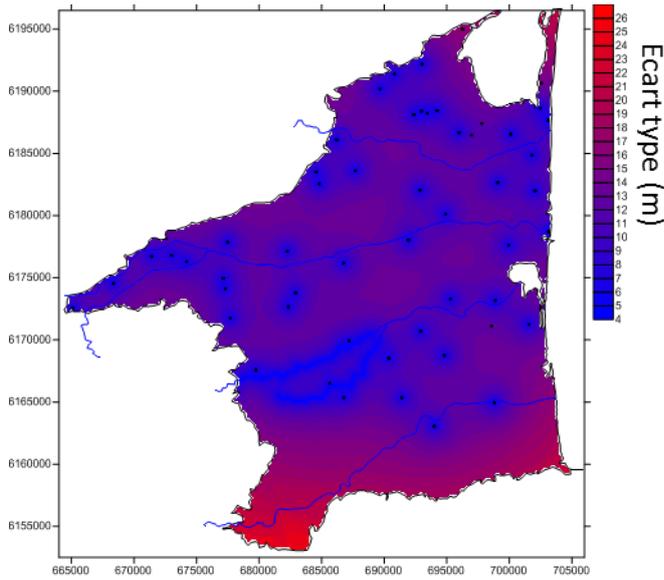


Figure A- 5. Ecart type de la carte piézométrique du Pliocène, Avril 2013. Point : mesures (n=50). Bleu cours d'eau. Isovaleurs tous les 5 mètres (mNGF). Variogramme du niveau piézométrique, modèle : exponentiel (var. : 210 ; portée : 3 000 m) +effet pépite (var. : 10). Carte en 200x200m.

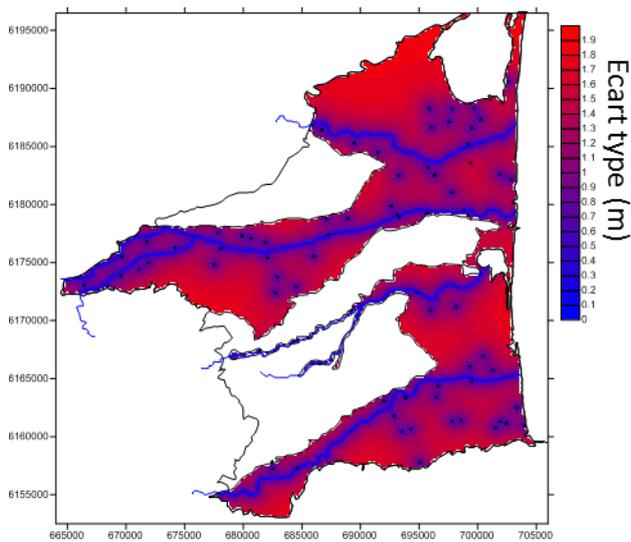


Figure A- 6. Ecart type de la carte piézométrique du Quaternaire, Avril 2013. Point : mesures (n=77). Bleu cours d'eau. Isovaleurs tous les 10 mètres (mNGF). Variogramme de la profondeur du niveau piézométrique, modèle : exponentiel (var. : 3, 2 ; portée : 2 200 m). Carte en 200x200m.

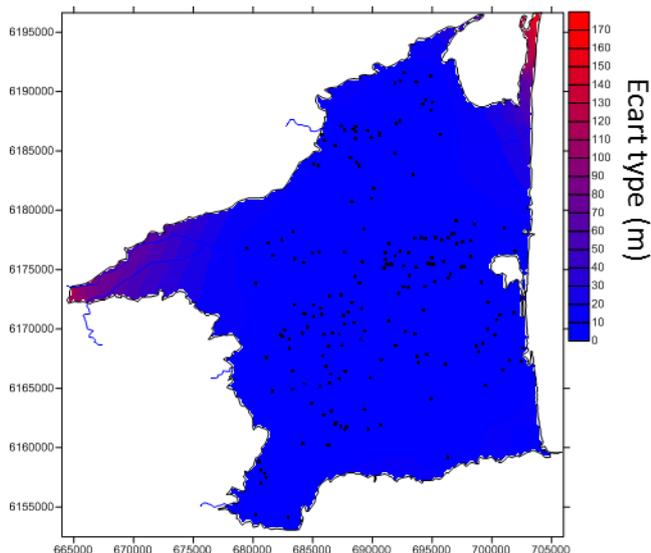


Figure A- 7. Ecart type de la carte piézométrique du Pliocène, années 1960. Point : mesures (n=225). Bleu cours d'eau. Isovaleurs tous les 5 mètres (mNGF). Variogramme du niveau piézométrique, modèle : sphérique (var. : 120 ; portée : 10 000 m) +effet pépité (var. : 23). Carte en 200x200m.

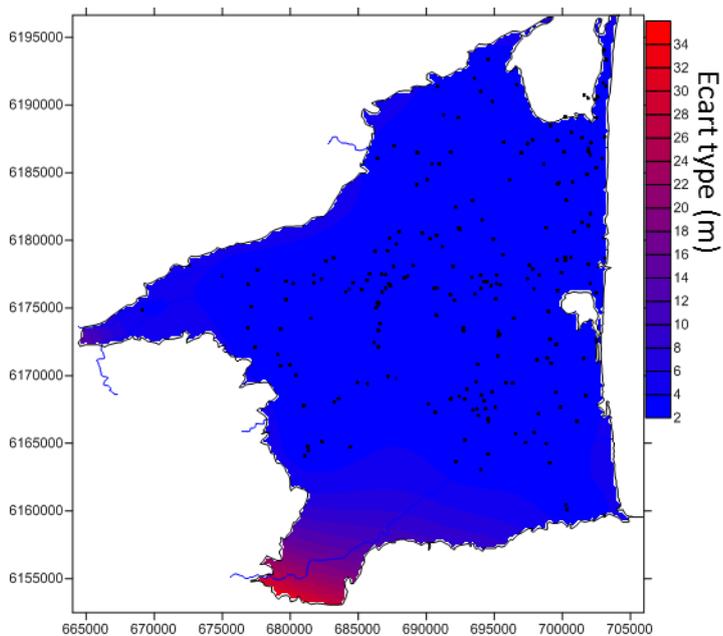


Figure A- 8. Ecart type de la carte piézométrique du Pliocène, Déc.1989-Mars 1990. Point : mesures (n=227). Bleu cours d'eau. Isovaleurs tous les 5 mètres (mNGF). Variogramme du niveau piézométrique, modèle : gaussien (var. : 60 ; portée : 6 800 m) +effet pépité (var. : 8). Carte en 200x200m.

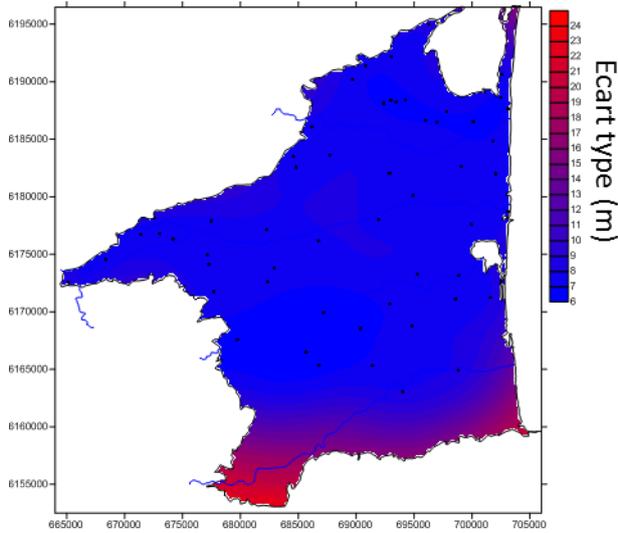


Figure A- 9. Ecart type de la carte piézométrique du Pliocène, Août 2012. Point : mesures (n=56). Bleu cours d'eau. Isovaleurs tous les 5 mètres (mNGF). Variogramme de la profondeur du niveau piézométrique, modèle : gaussien (var. : 165 ; portée : 7 000 m) +effet pépite (var. : 40). Carte en 200x200m.

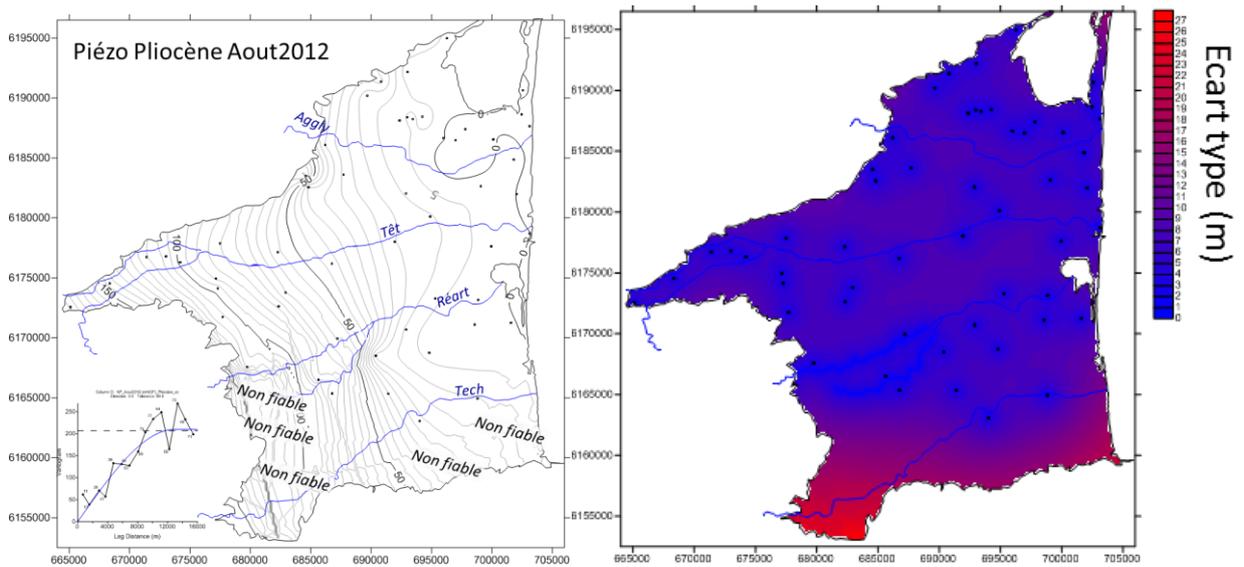


Figure A- 10. Carte piézométrique du Pliocène et écart type, Août 2012. Point : mesures (n=56). Bleu cours d'eau. Isovaleurs tous les 5 mètres (mNGF). Variogramme de la profondeur du niveau piézométrique, modèle : sphérique (var. : 210 ; portée : 13 000 m). Carte en 200x200m.

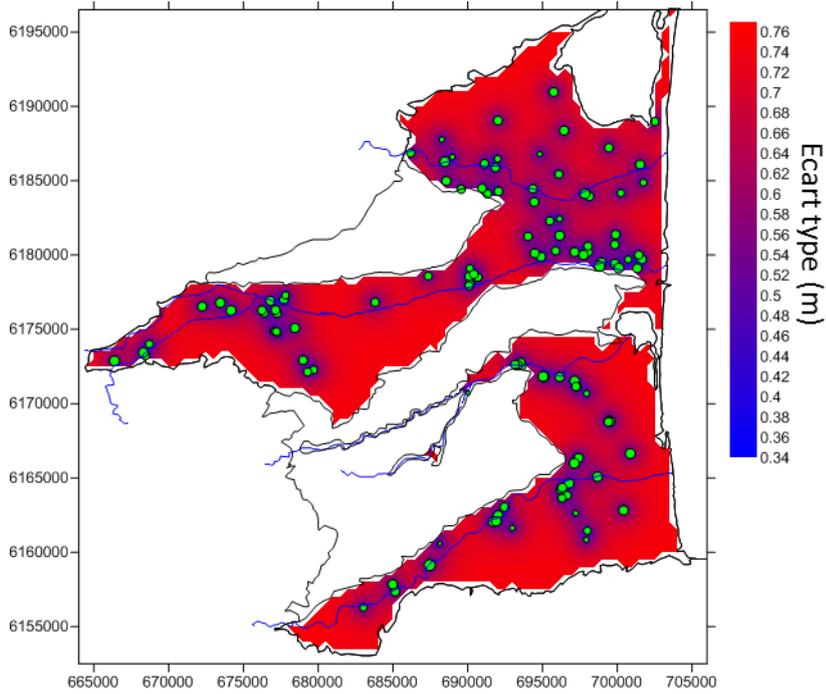


Figure A- 11. Ecart type Log T Quaternaire

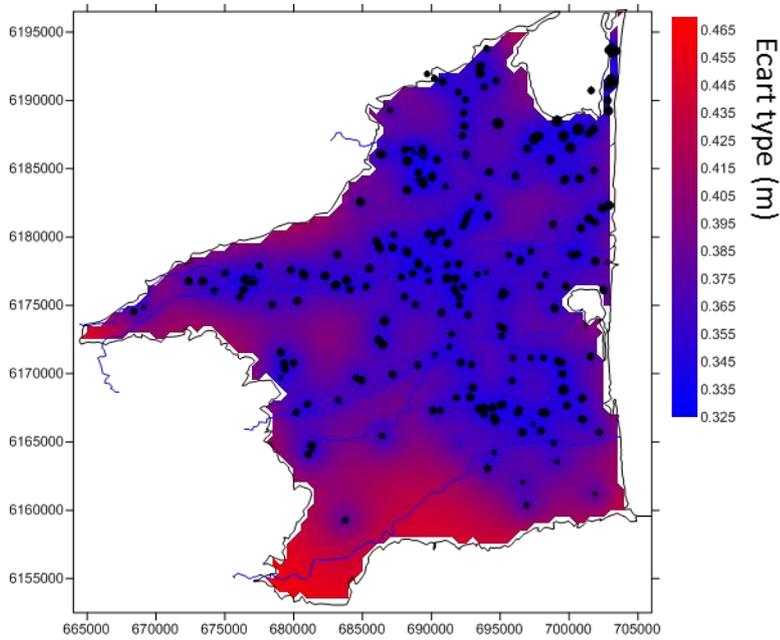


Figure A- 12. Ecart type Log T Pliocène

# 1961-1963

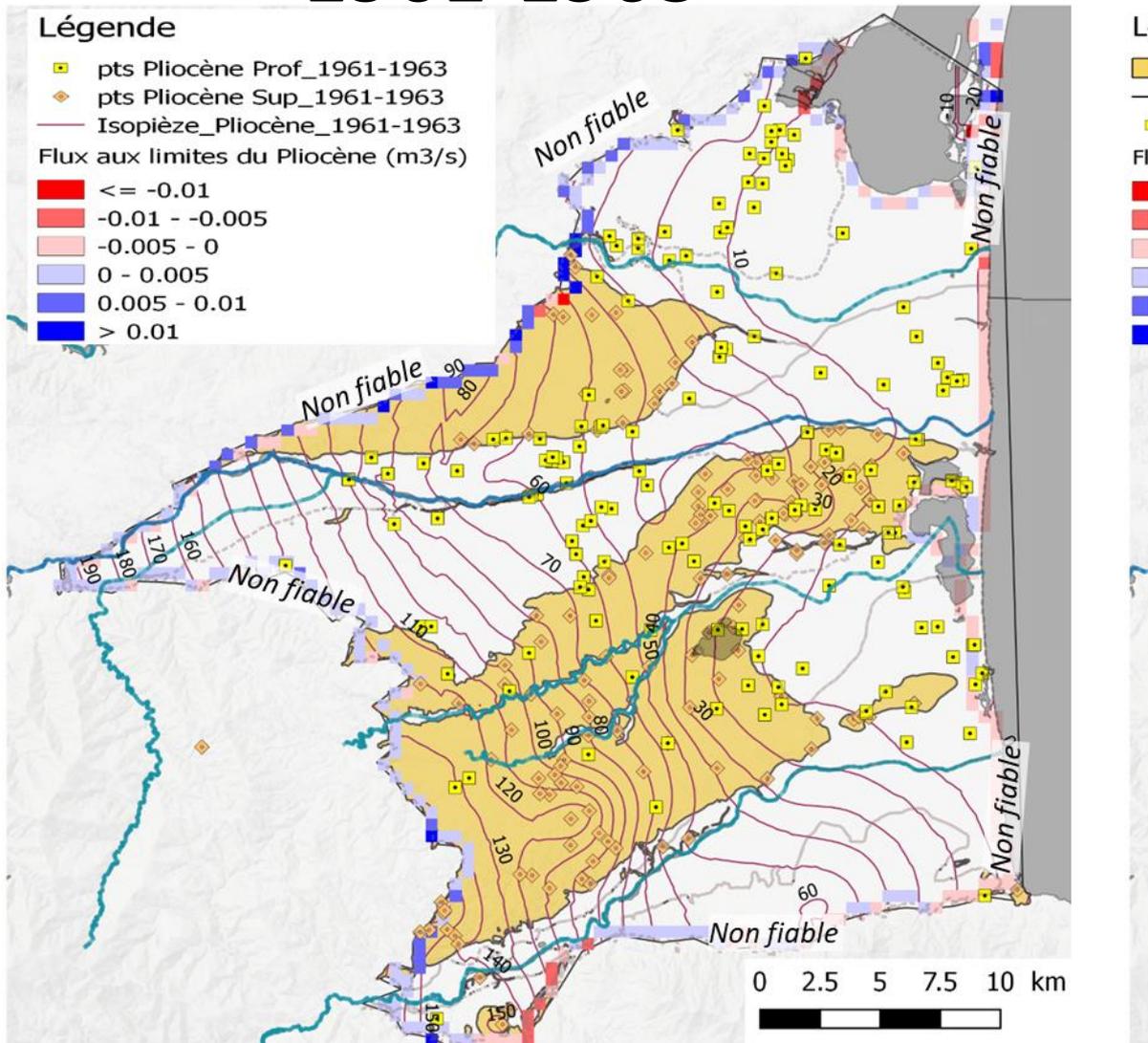


Figure A- 13. Calculs des flux entrants et sortants (en m<sup>3</sup>/s) aux limites de l'aquifère du Pliocène. Etiages années 1960.

# 1990

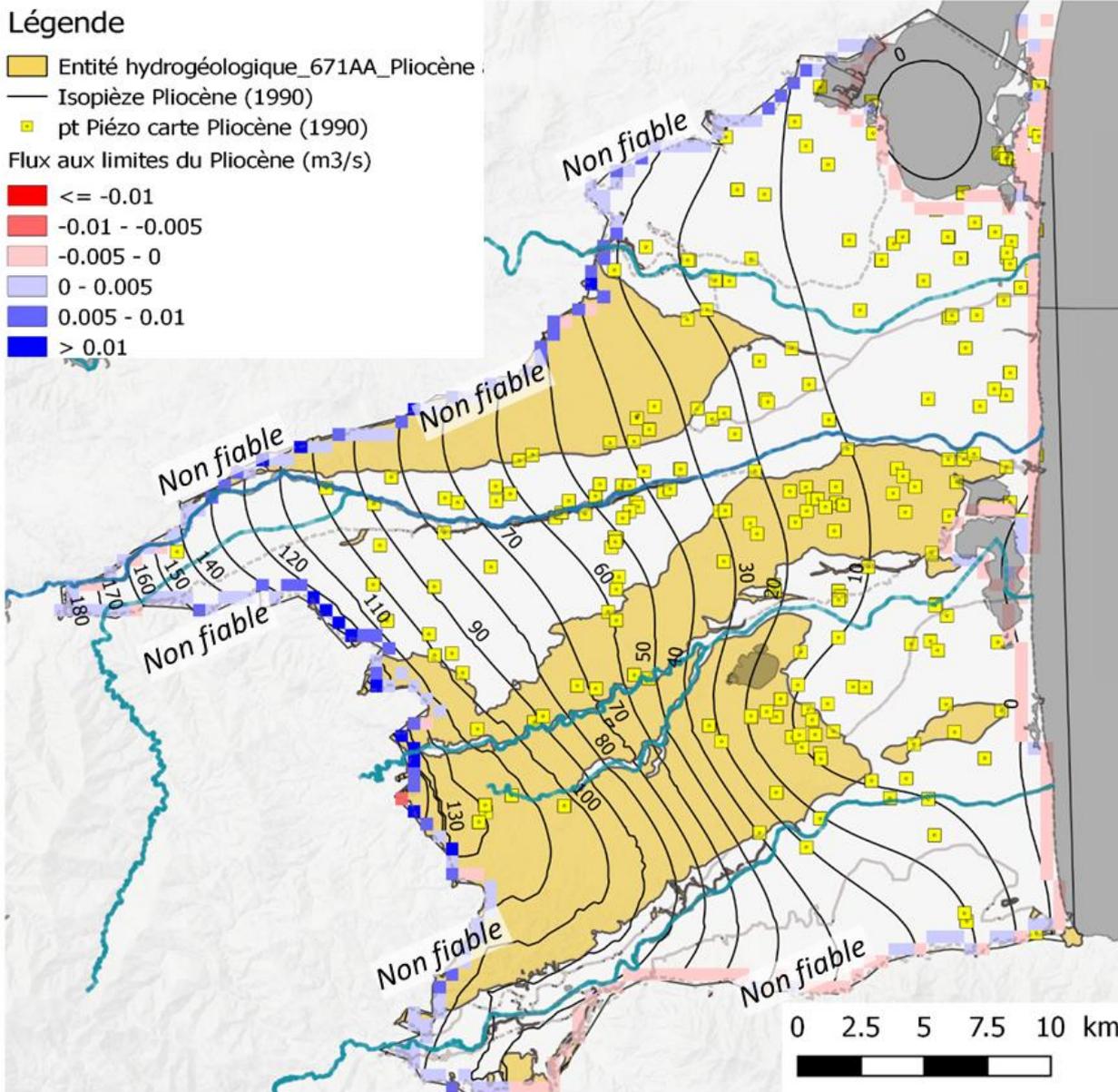


Figure A- 14. Calculs des flux entrants et sortants (en  $m^3/s$ ) aux limites de l'aquifère du Pliocène. Etiage 1990.

# Avril 2013

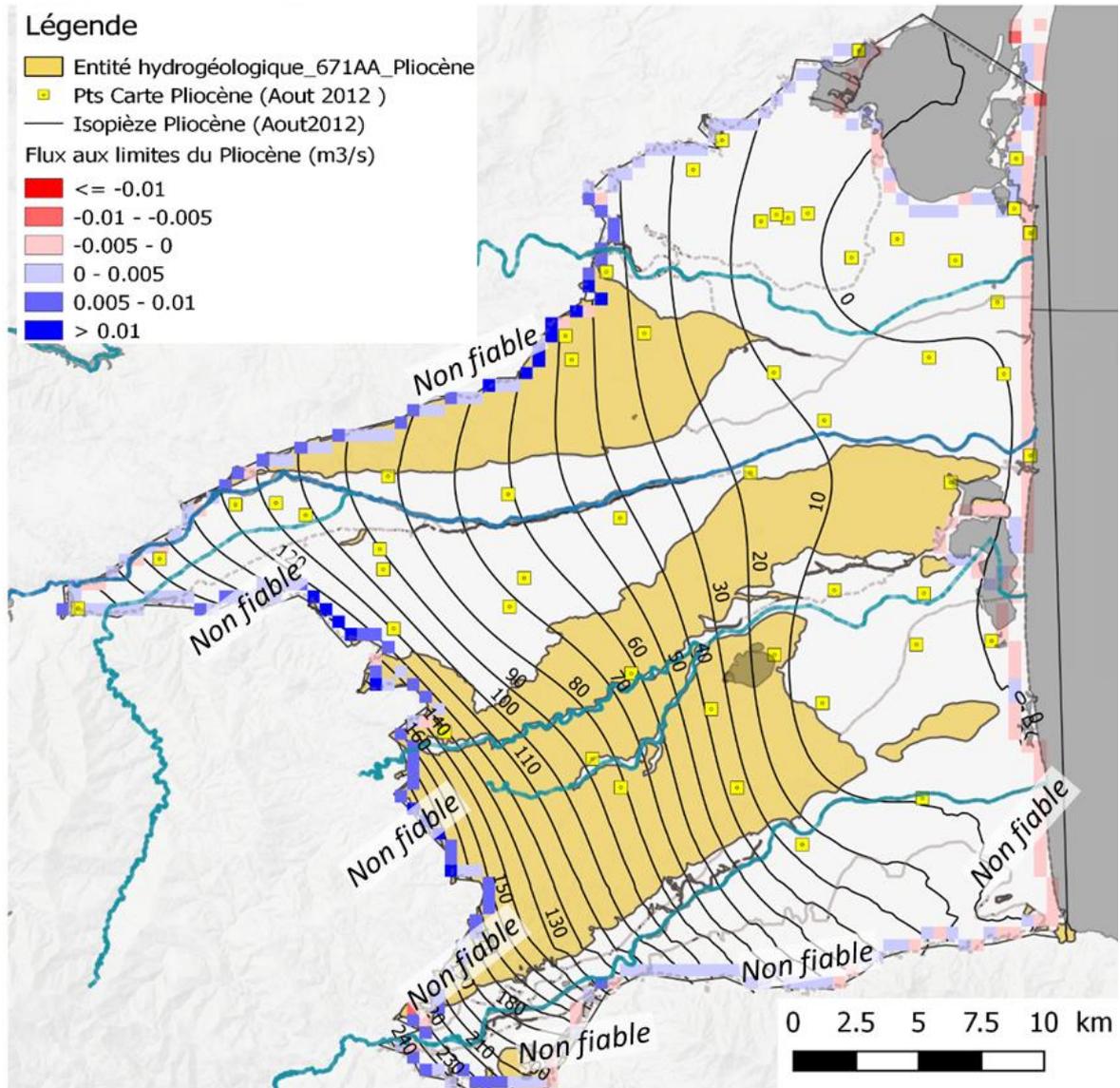


Figure A- 15. Calculs des flux entrants et sortants (en m<sup>3</sup>/s) aux limites de l'aquifère du Pliocène. Etiage août 2012.

# Août 2012

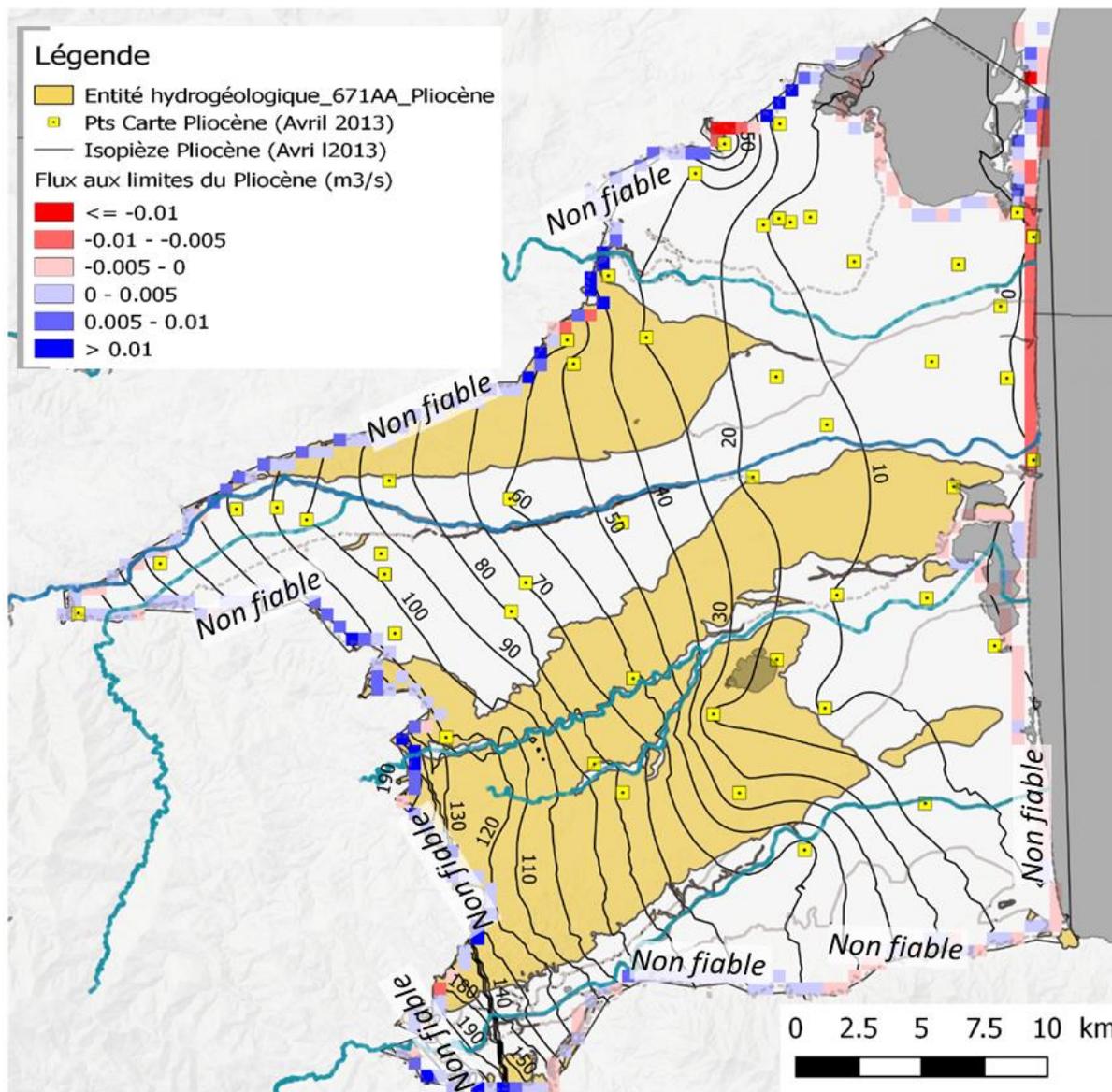


Figure A- 16. Calculs des flux entrants et sortants (en m<sup>3</sup>/s) aux limites de l'aquifère du Pliocène. Avril 2013.

# 1961-1963

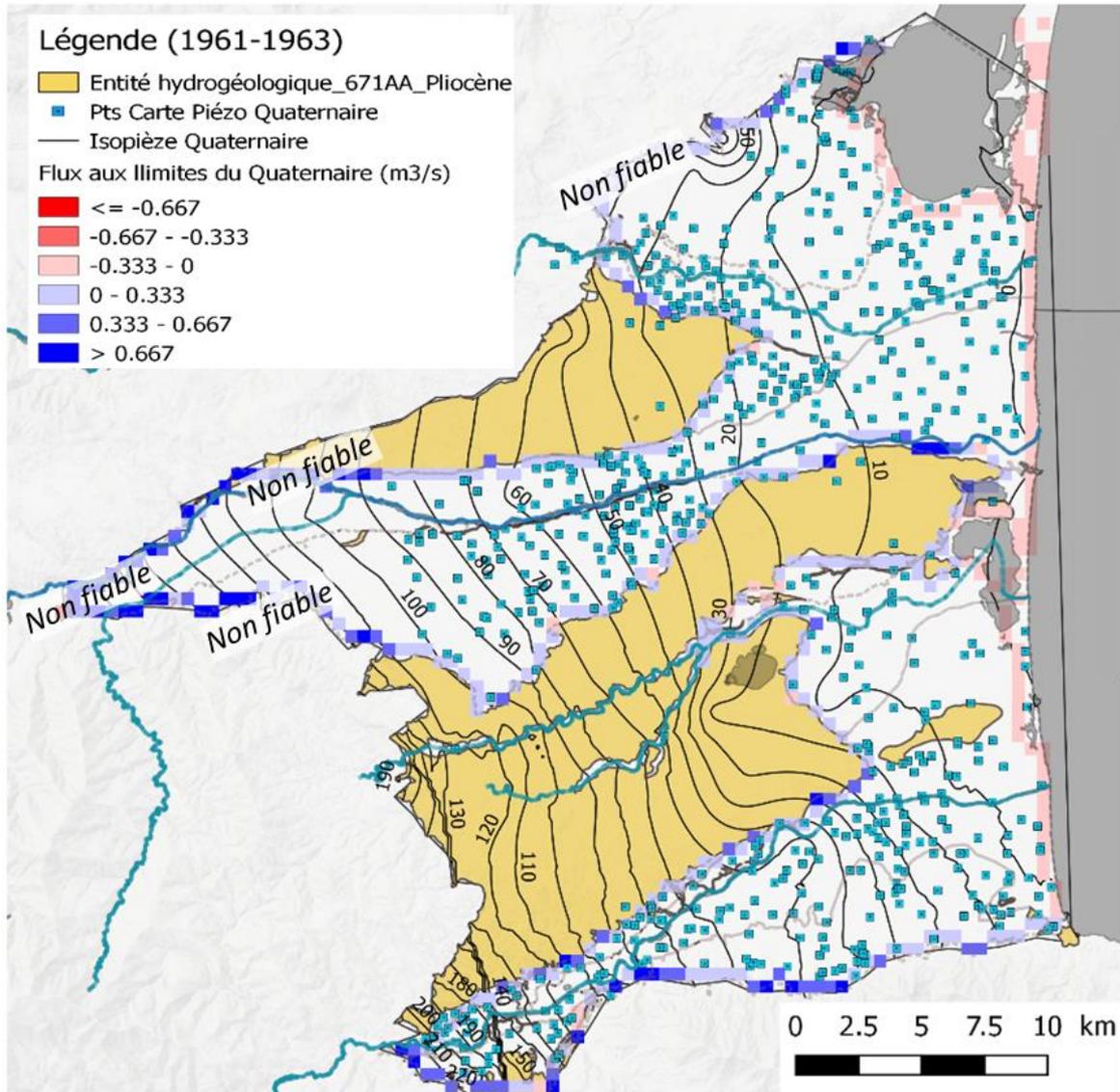


Figure A- 17 : Calculs des flux entrants et sortants (en m<sup>3</sup>/s) aux limites de l'aquifère du Quaternaire. Etiage années 1960.

# Mai 1987

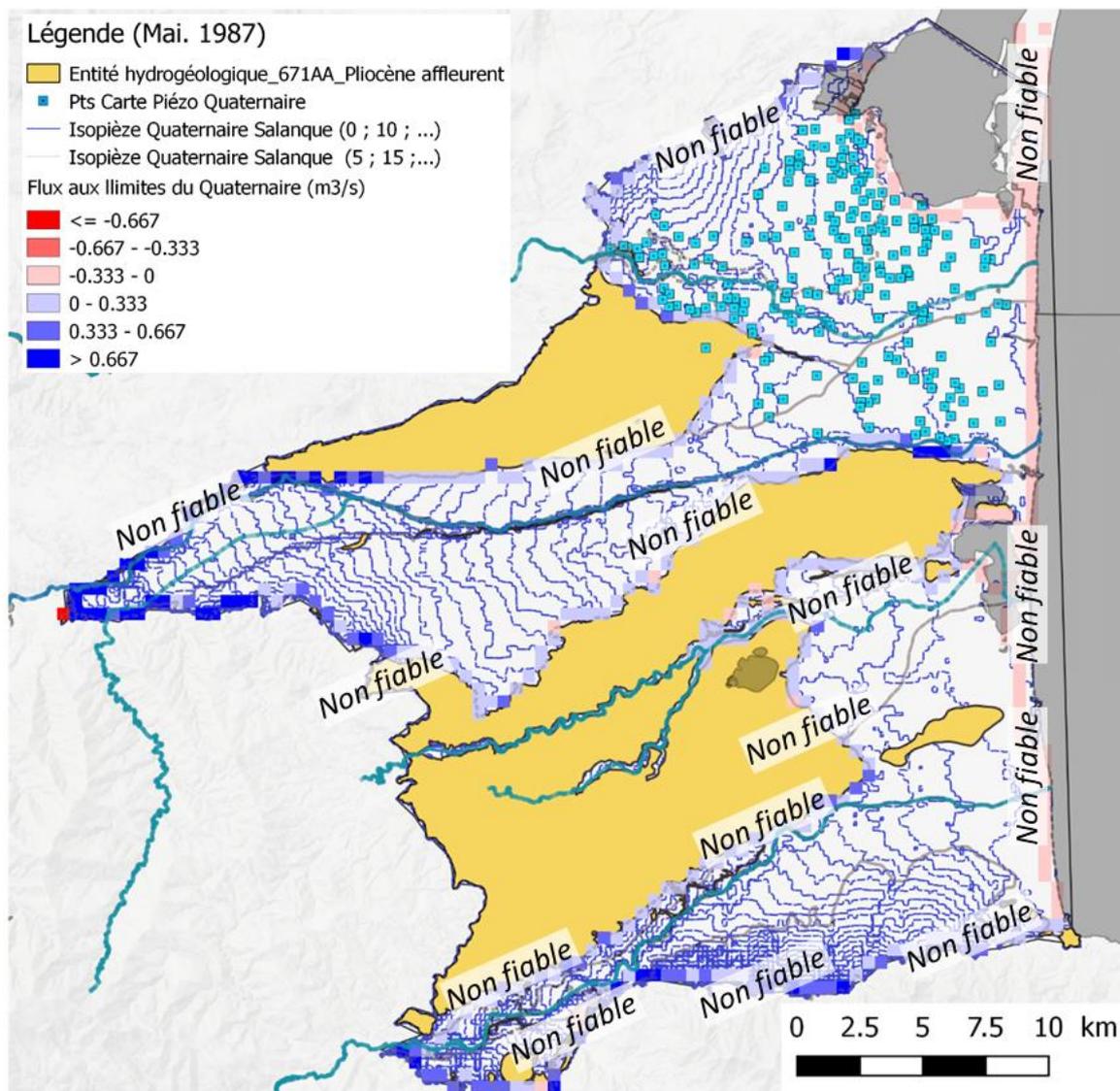


Figure A- 18. Calculs des flux entrants et sortants (en m<sup>3</sup>/s) aux limites de l'aquifère du Quaternaire. Mai 1987.

# Septembre 1987

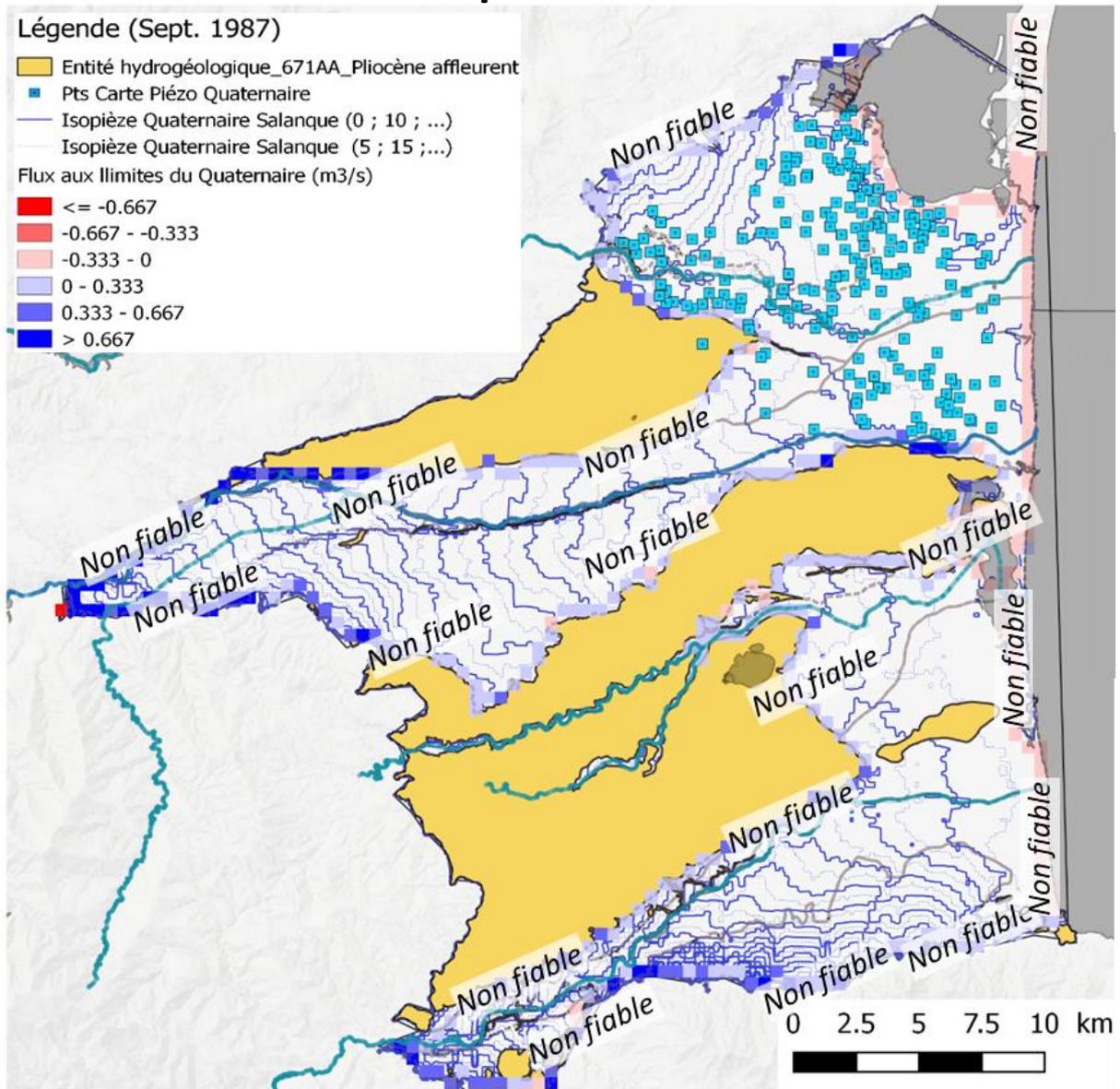


Figure A- 19. Calculs des flux entrants et sortants (en m<sup>3</sup>/s) aux limites de l'aquifère du Quaternaire. Septembre 1987.

# Août 2012

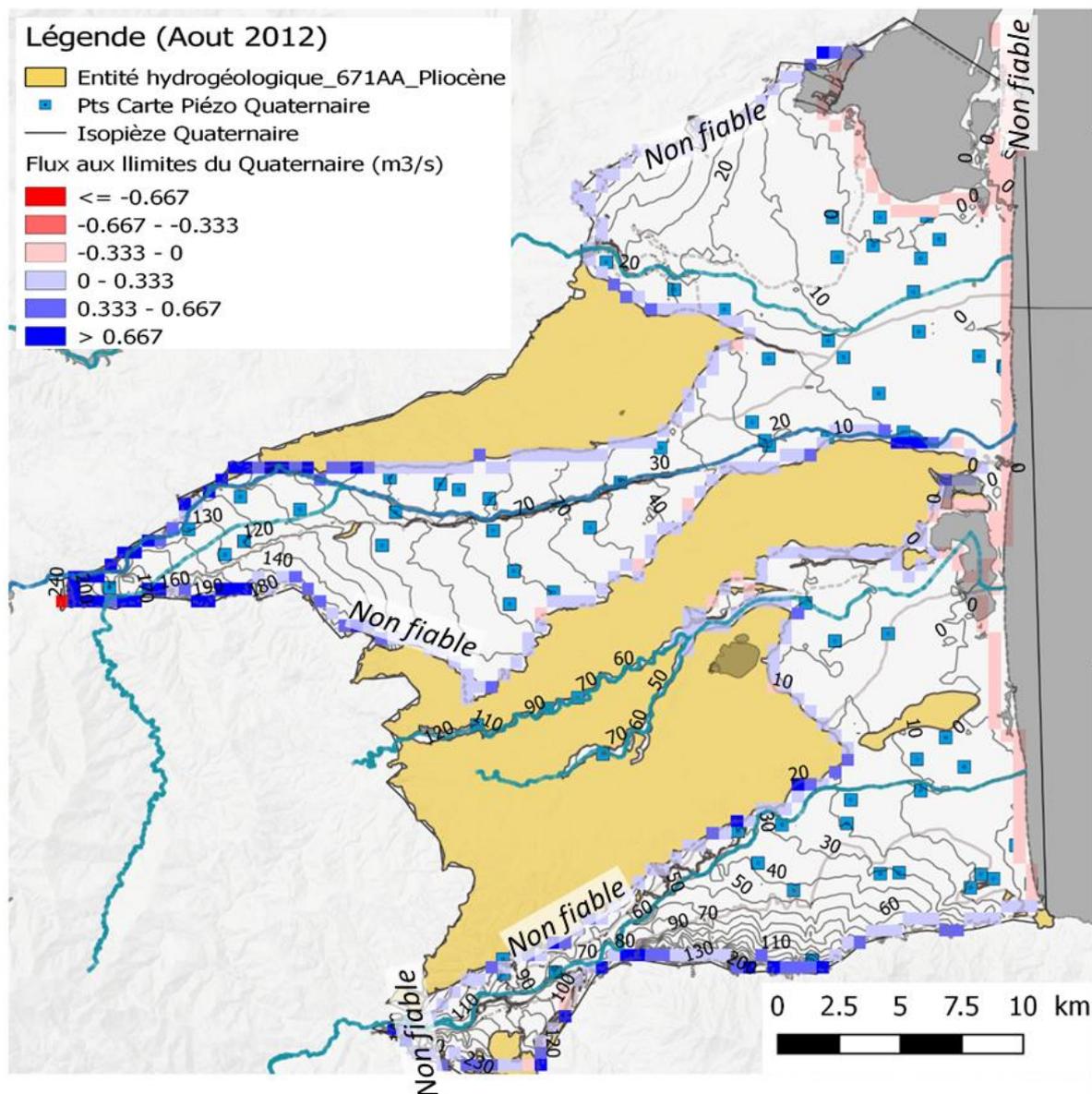


Figure A- 20. Calculs des flux entrants et sortants (en m<sup>3</sup>/s) aux limites de l'aquifère du Quaternaire. Août 2012.

# Avril 2013

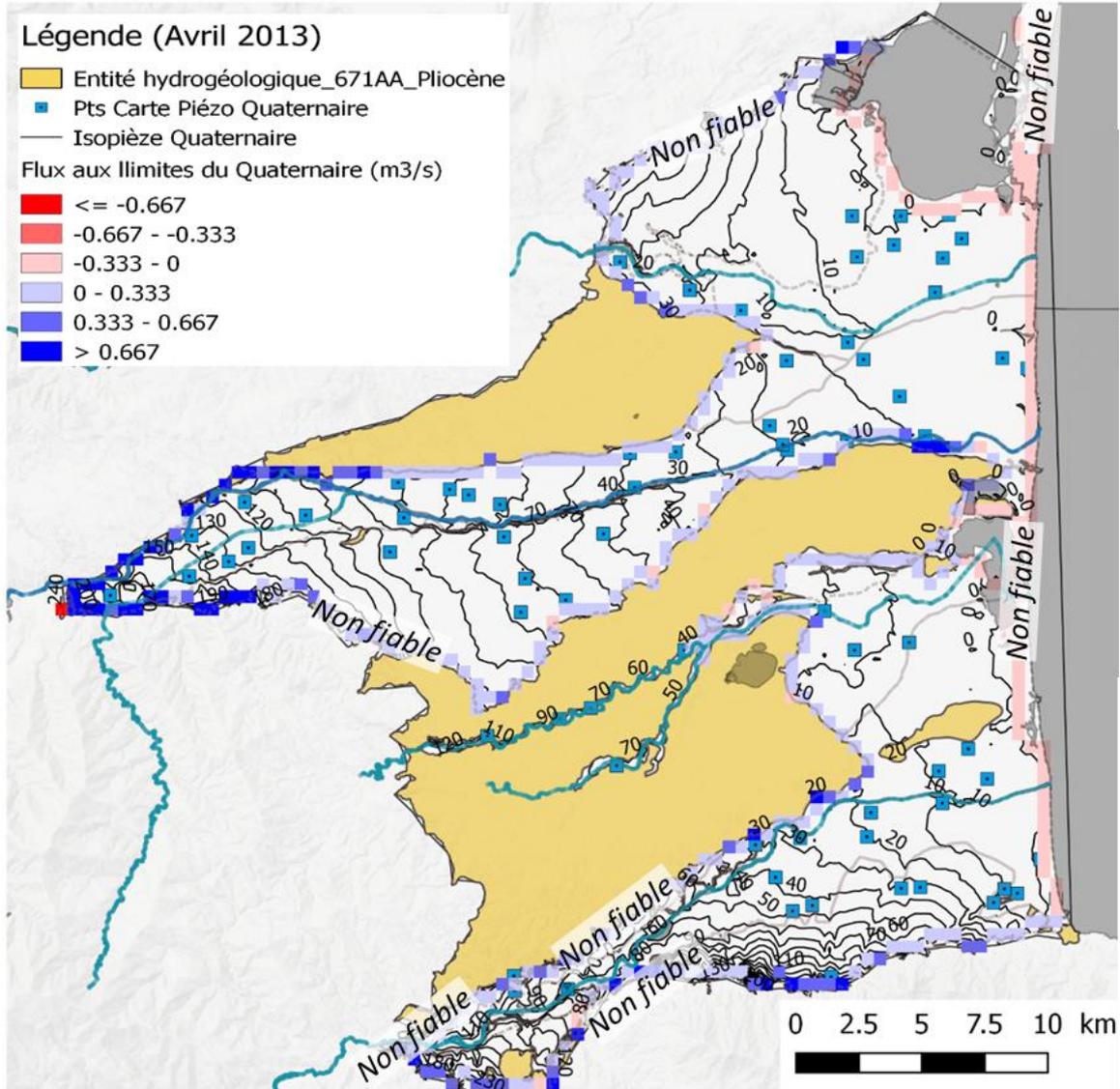


Figure A- 21. Calculs des flux entrants et sortants (en m<sup>3</sup>/s) aux limites de l'aquifère du Quaternaire. Avril 2013.



## **Annexe 2**

### **Eléments complémentaires du chapitre « Géochimie »**



Quaternaire										
Année	nb de C(25°C)	nb de SO4	nb de Cl	nb de NO3	nb de Na	nb de HCO3	nb de Ca	nb de Mg	nb de K	Total
1905	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1953	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1954	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1959	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1960	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
1961	171	171	171	32	171	149	171	171	170	1377
1962	88	88	88	8	88	82	88	88	79	697
1963	307	305	307		307	213	307	307	307	2360
1964	56	56	56		56	56	56	56	56	448
1967	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1968	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1969	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1971	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
1972	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
1973	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
1974	7	7	7	7	7	7	7	7	7	63
1975	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
1976	27	27	27		27	27	27	27	27	216
1977	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1979	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
1981	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1985	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
1986	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1987	15	15	15	15	15	15	15	15	15	135
1988	5	5	5	5	5	5	5	5	5	45
1989	6	6	6	6	6	6	6	6	6	54
1990	15	15	15	15	15	15	15	15	15	135
1991	11	11	11	9	11	11	11	11	11	97
1992	20	20	20	19	19	20	19	18	19	174
1993	21	20	21	21	20	20	20	20	20	183
1994	21	21	21	21	21	21	21	21	21	189
1995	490	25	25	484	25	24	25	25	25	1148
1996	838	44	44	703	44	44	44	44	44	1849
1997	57	57	57	129	57	54	57	57	57	582
1998	215	81	81	215	81	76	44	44	81	918
1999	29	29	29	29	29	28	29	29	29	260
2000	37	37	37	37	37	37	37	37	37	333
2001	69	69	69	69	69	69	69	69	69	621
2002	66	66	66	66	66	66	66	66	66	594
2003	92	92	92	92	92	90	92	92	92	826
2004	88	88	88	88	88	88	88	88	88	792
2005	66	66	66	66	66	65	66	66	66	593
2006	57	57	57	57	57	55	57	57	57	511
2007	60	60	60	60	60	60	60	60	60	540
2008	76	76	76	76	76	74	76	76	76	682
2009	81	81	81	81	81	81	81	81	81	729
2010	62	62	62	62	62	62	62	62	62	558
2011	87	87	87	87	87	86	87	87	87	782
2012	92	92	92	92	92	92	92	92	92	828
2013	91	91	91	91	91	89	91	91	91	817
2014	103	103	103	103	103	102	103	103	103	926
2015	80	80	80	80	80	80	80	80	80	720
2016	78	78	78	78	78	78	78	78	78	702
2017	64	64	64	64	64	64	64	64	64	576
2018	42	42	42	42	42	42	42	42	42	378
<b>Total général</b>	<b>3816</b>	<b>2420</b>	<b>2423</b>	<b>3135</b>	<b>2421</b>	<b>2279</b>	<b>2384</b>	<b>2383</b>	<b>2411</b>	

Figure A- 22. Recensement des données chimiques disponibles par années pour le quaternaire (sans distinction des unités hydrogéologiques)

Pliocène										
Année	nb de C(25°C)	nb de SO4	nb de Cl	nb de NO3	nb de Na	nb de HCO3	nb de Ca	nb de Mg	nb de K	Total
1905	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
1932	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1951	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1954	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
1956	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
1959	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
1960	27	27	27	27	27	11	27	27	27	227
1961	93	93	93	22	93	82	93	93	93	755
1962	74	75	75	6	75	70	75	75	75	600
1963	128	123	128	12	128	94	128	128	128	997
1964	23	23	23	2	23	23	23	23	23	186
1965	5	5	5	5	5	5	5	5	5	45
1966	9	9	9	9	9	9	9	9	9	81
1967	7	7	7	7	7	7	7	7	7	63
1968	18	18	18	18	18	18	18	18	18	162
1969	6	6	6	6	6	6	6	6	6	54
1970	9	9	9	9	9	9	9	9	9	81
1971	26	25	25	25	25	26	26	26	25	229
1972	5	5	5	5	5	5	5	5	5	45
1973	28	28	28	28	28	28	28	28	28	252
1974	59	59	58	59	58	55	58	58	58	522
1975	28	28	28	28	28	23	28	28	28	247
1976	89	87	89	3	86	87	89	89	86	705
1977	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
1978	4	4	4	4	4	3	4	4	4	35
1979	5	5	5	5	5	5	5	5	5	45
1981	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36
1982	10	10	10	10	10	10	10	10	10	90
1983	25	25	25	25	25	25	25	25	25	225
1984	45	45	45	45	45	45	45	45	45	405
1985	43	43	43	43	43	42	43	43	43	386
1986	57	57	57	57	57	57	57	57	57	513
1987	70	70	70	70	70	62	70	70	70	622
1988	68	68	68	68	68	68	68	68	68	612
1989	62	62	62	62	62	62	62	62	62	558
1990	89	89	89	89	89	89	89	89	89	801
1991	84	84	84	83	84	84	84	84	84	755
1992	131	131	131	131	128	130	131	129	128	1170
1993	88	88	88	88	88	88	88	88	88	792
1994	97	97	97	97	97	96	97	97	97	872
1995	427	139	139	425	139	139	139	138	139	1824
1996	816	209	209	737	209	209	209	209	209	3016
1997	219	219	219	219	219	219	219	219	219	1971
1998	109	109	109	109	108	108	108	108	108	976
1999	222	222	222	222	222	222	222	222	222	1998
2000	196	196	196	196	196	196	196	196	196	1764
2001	261	261	261	261	261	253	261	261	261	2341
2002	205	212	212	212	212	211	212	212	212	1900
2003	248	249	249	249	249	249	249	249	249	2240
2004	241	241	241	241	241	240	241	241	241	2168
2005	212	212	212	212	212	212	212	212	212	1908
2006	195	195	195	195	195	194	195	195	195	1754
2007	229	229	229	227	229	229	229	229	229	2059
2008	208	208	208	208	208	208	208	208	208	1872
2009	216	216	216	216	216	216	216	216	216	1944
2010	93	93	93	92	93	93	93	93	93	836
2011	215	215	215	206	215	214	215	215	215	1925
2012	208	208	208	208	208	208	208	208	208	1872
2013	217	217	217	215	217	217	217	217	217	1951
2014	187	187	187	185	187	187	187	187	187	1681
2015	158	158	158	158	158	158	158	158	158	1422
2016	207	207	207	207	207	203	207	207	207	1859
2017	121	121	121	121	121	121	121	121	121	1089
2018	114	95	114	95	114	95	95	95	114	931
<b>Total général</b>	<b>7051</b>	<b>6138</b>	<b>6163</b>	<b>6579</b>	<b>6156</b>	<b>6040</b>	<b>6144</b>	<b>6141</b>	<b>6156</b>	

Figure A- 23. Recensement des données chimiques disponibles par années pour le pliocène

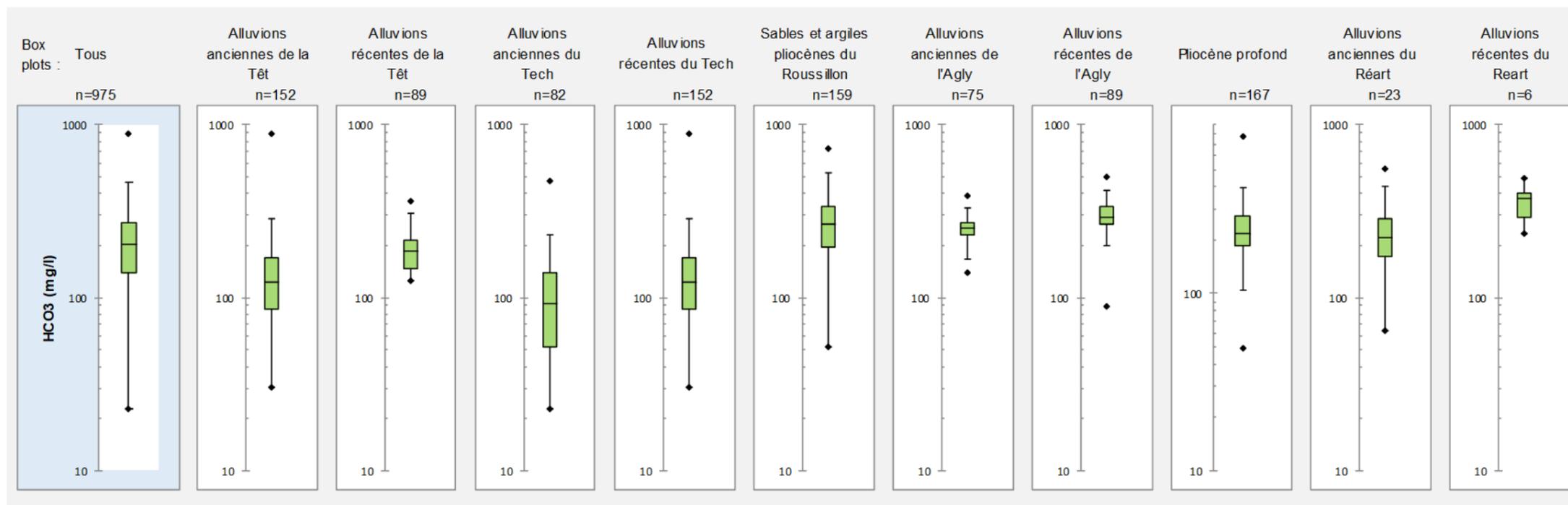


Figure A- 24. Statistique descriptive (Box Plot) des teneurs en hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) des eaux des différentes entités hydrogéologiques de la zone d'étude, (période 1961-1963), calculée à partir des données des thèses de Dazy (1961), Biscaldi (1964), Patternot (1964), Got (1965) et Gadel (1966)

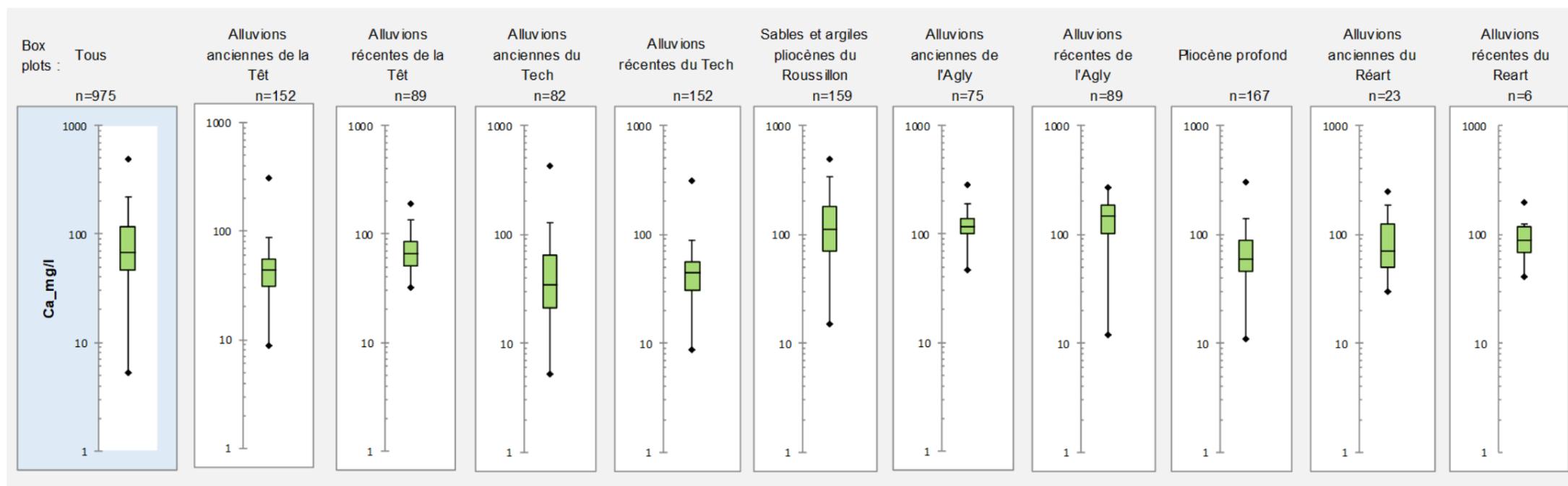


Figure A- 25. Statistique descriptive (Box Plot) des teneurs en calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) des eaux des différentes entités hydrogéologiques de la zone d'étude, (période 1961-1963), calculée à partir des données des thèses de Dazy (1961), Biscaldi (1964), Patternot (1964), Got (1965) et Gadel (1966)

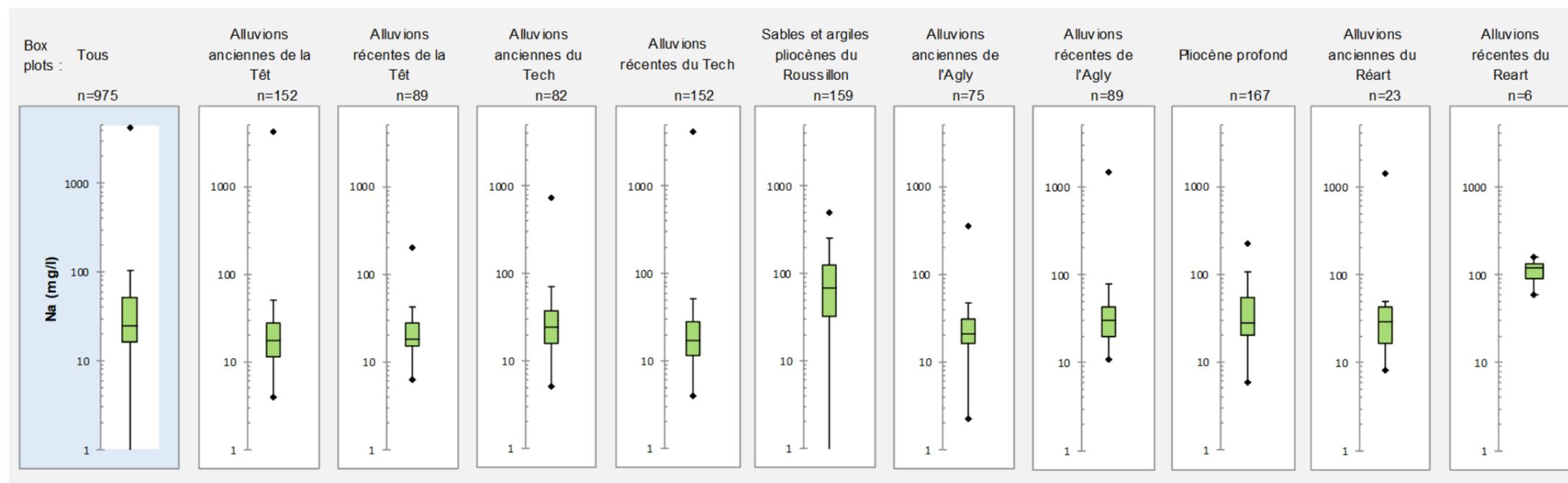


Figure A- 26. Statistique descriptive (Box Plot) des teneurs en chlorure ( $Cl^-$ ) des eaux des différentes entités hydrogéologiques de la zone d'étude, (période 1961-1963), calculée à partir des données des thèses de Dazy (1961), Biscaldi (1964), Patternot (1964), Got (1965) et Gadel (1966)

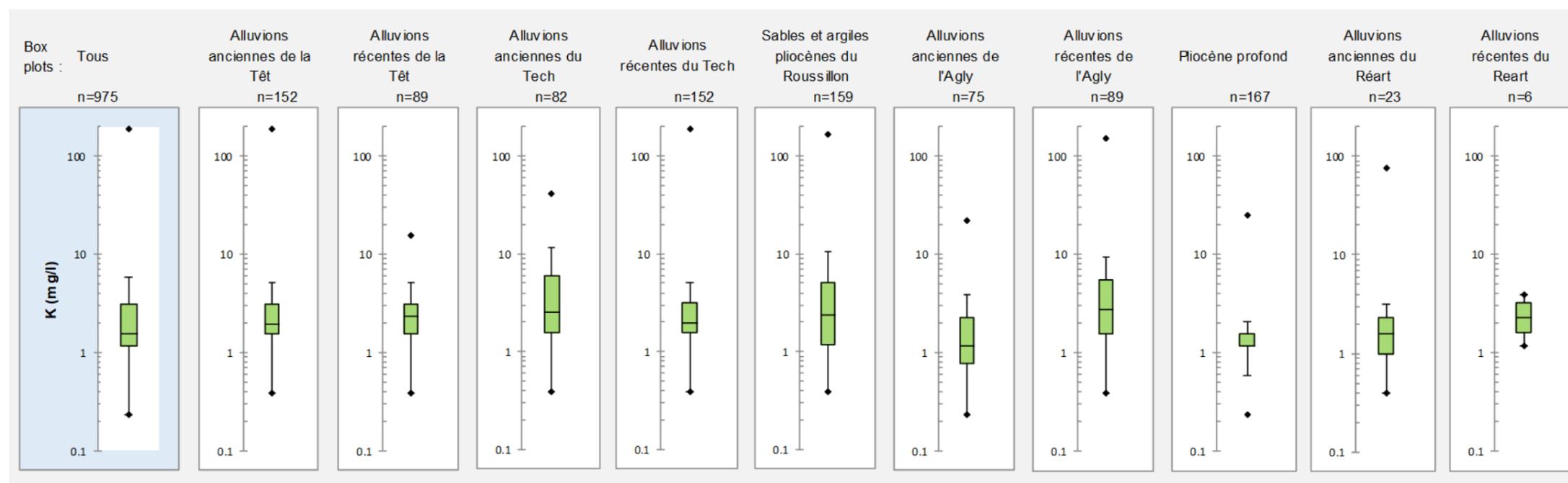


Figure A- 27. Statistique descriptive (Box Plot) des teneurs en potassium ( $K^+$ ) des eaux des différentes entités hydrogéologiques de la zone d'étude, (période 1961-1963), calculée à partir des données des thèses de Dazy (1961), Biscaldi (1964), Patternot (1964), Got (1965) et Gadel (1966)

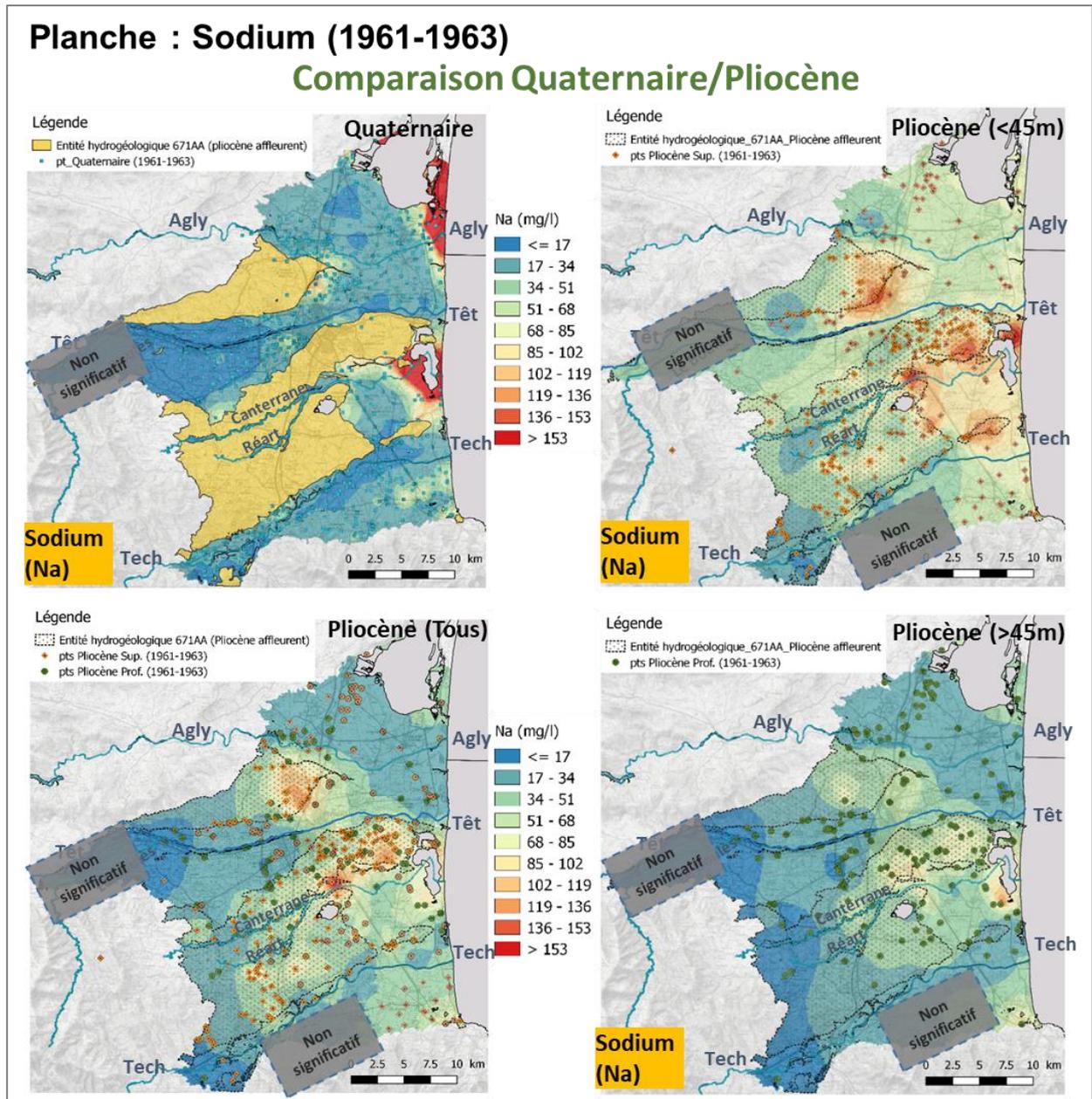


Figure A- 28. Evolution spatiale des teneurs en sodium (Na en mg/l) des eaux du quaternaire et du pliocène (période de référence : 1961-1963).

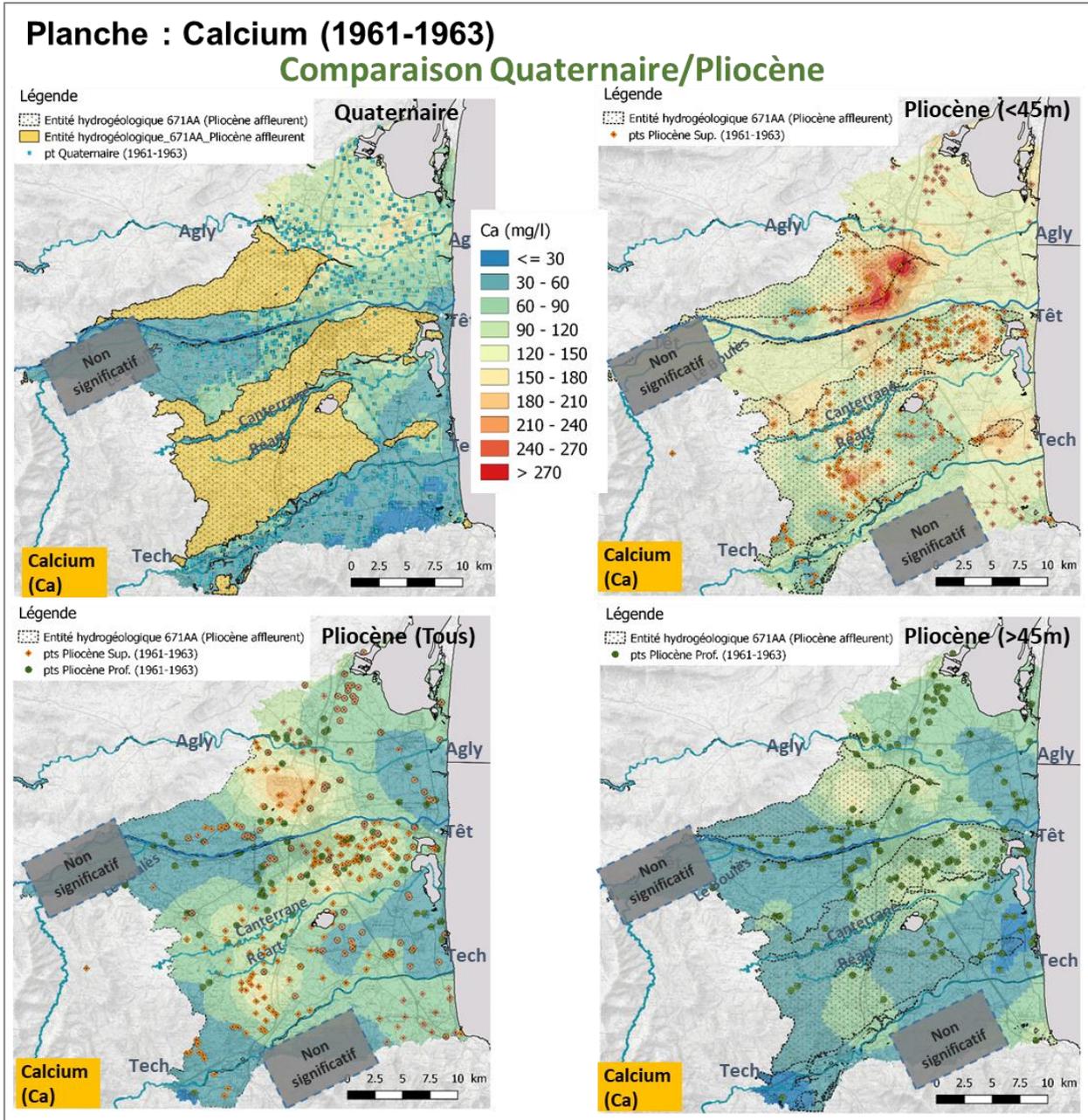


Figure A-29. Evolution spatiale des teneurs en calcium (Ca en mg/l) des eaux du quaternaire et du pliocène (période de référence : 1961-1963).

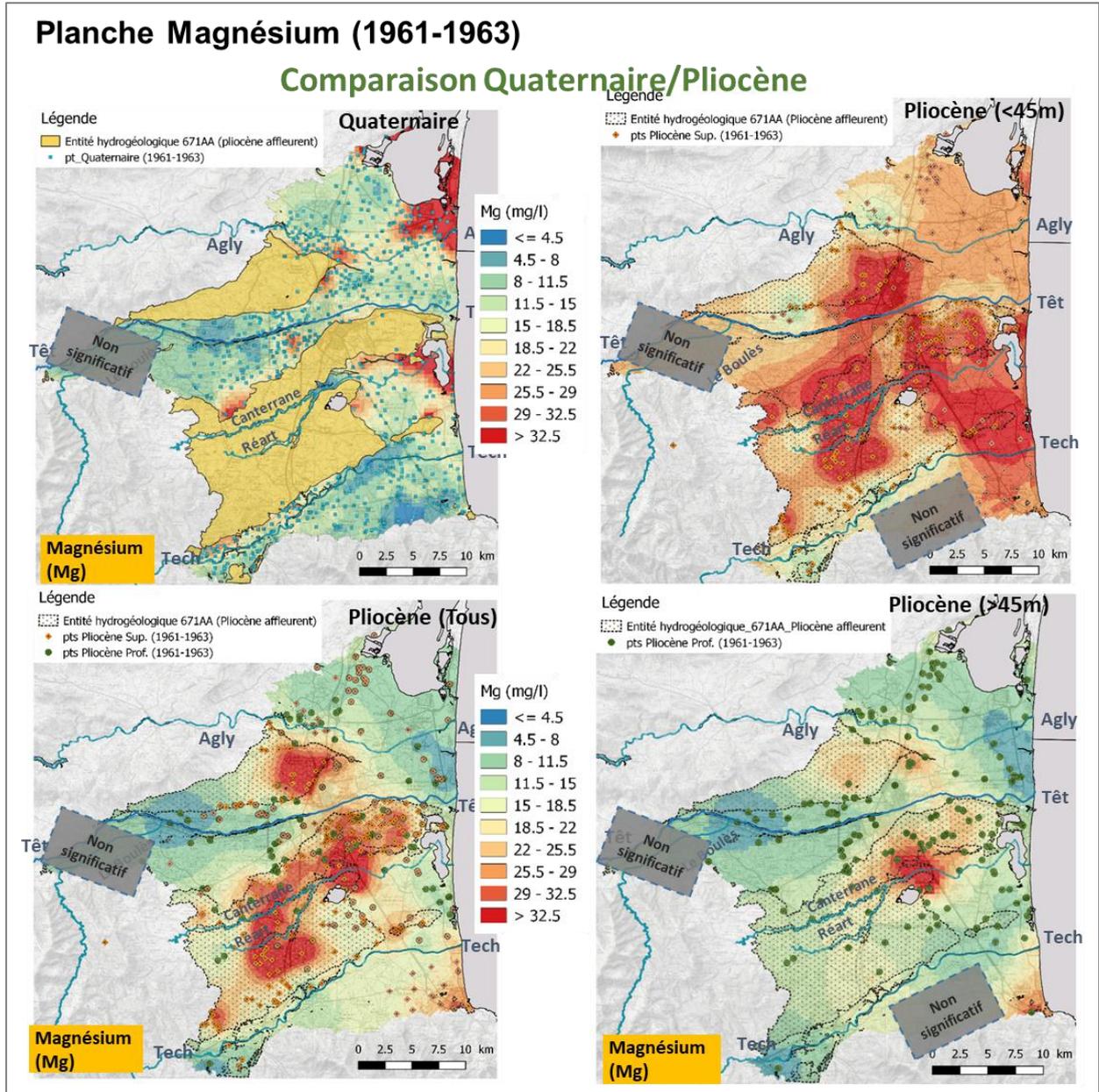


Figure A- 30. Evolution spatiale des teneurs en magnésium (Mg en mg/l) des eaux du quaternaire et du pliocène (période de référence : 1961-1963).

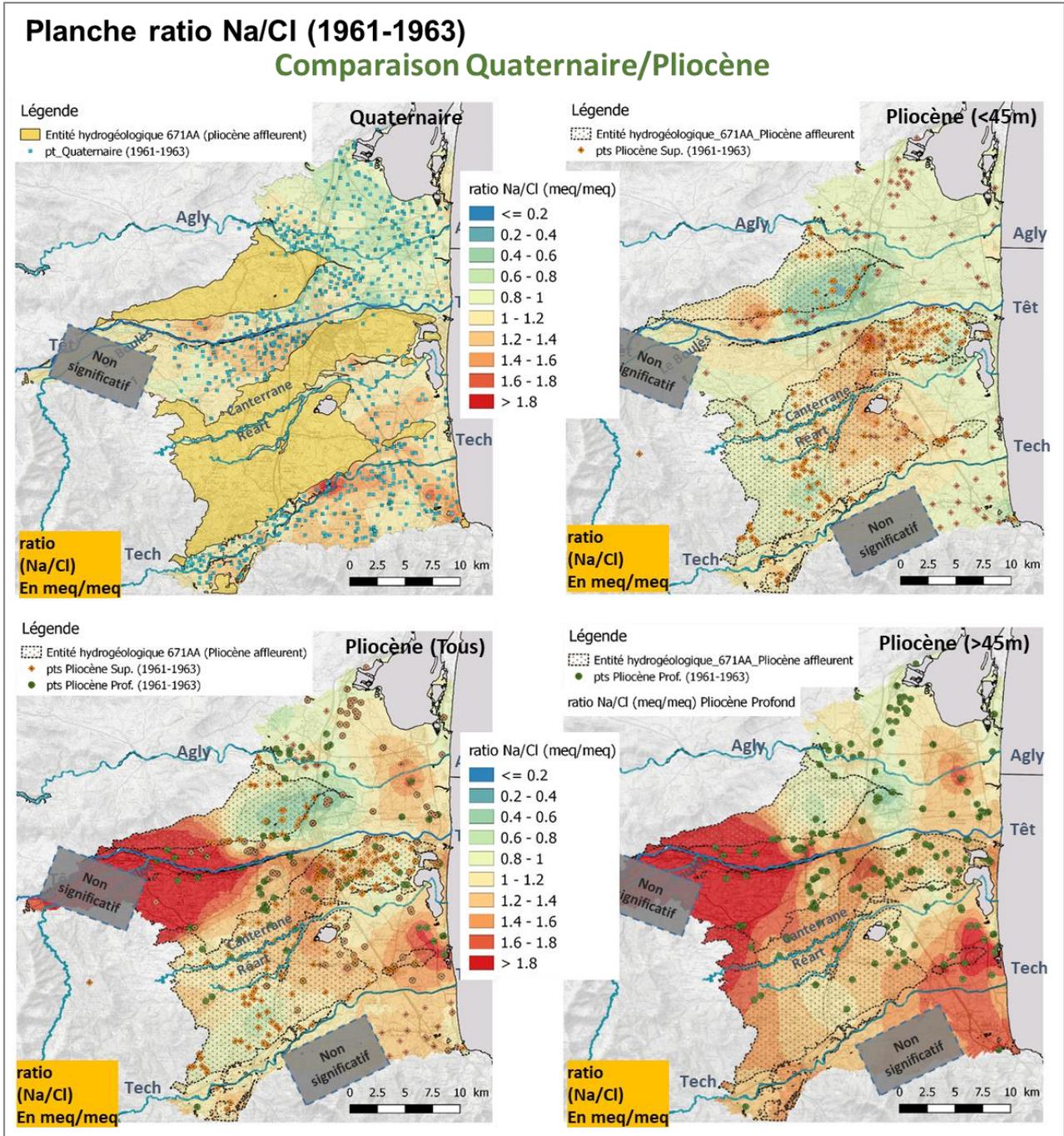


Figure A- 31. Evolution spatiale du rapport molaire Na/Cl des eaux du quaternaire et du pliocène (période de référence : 1961-1963).

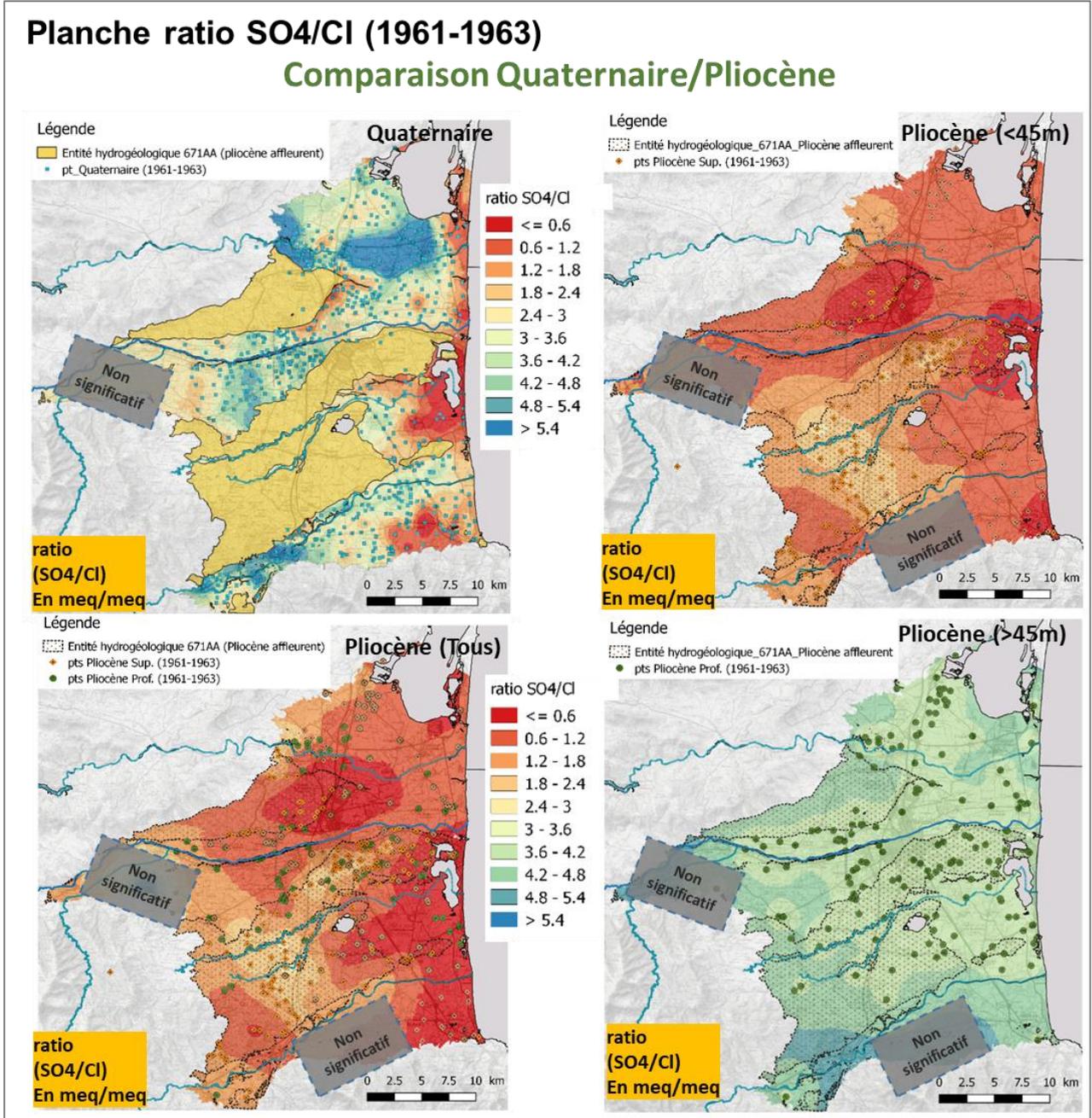


Figure A- 32. Evolution spatiale du rapport SO4/Cl des eaux du quaternaire et du pliocène (période de référence : 1961-1963).

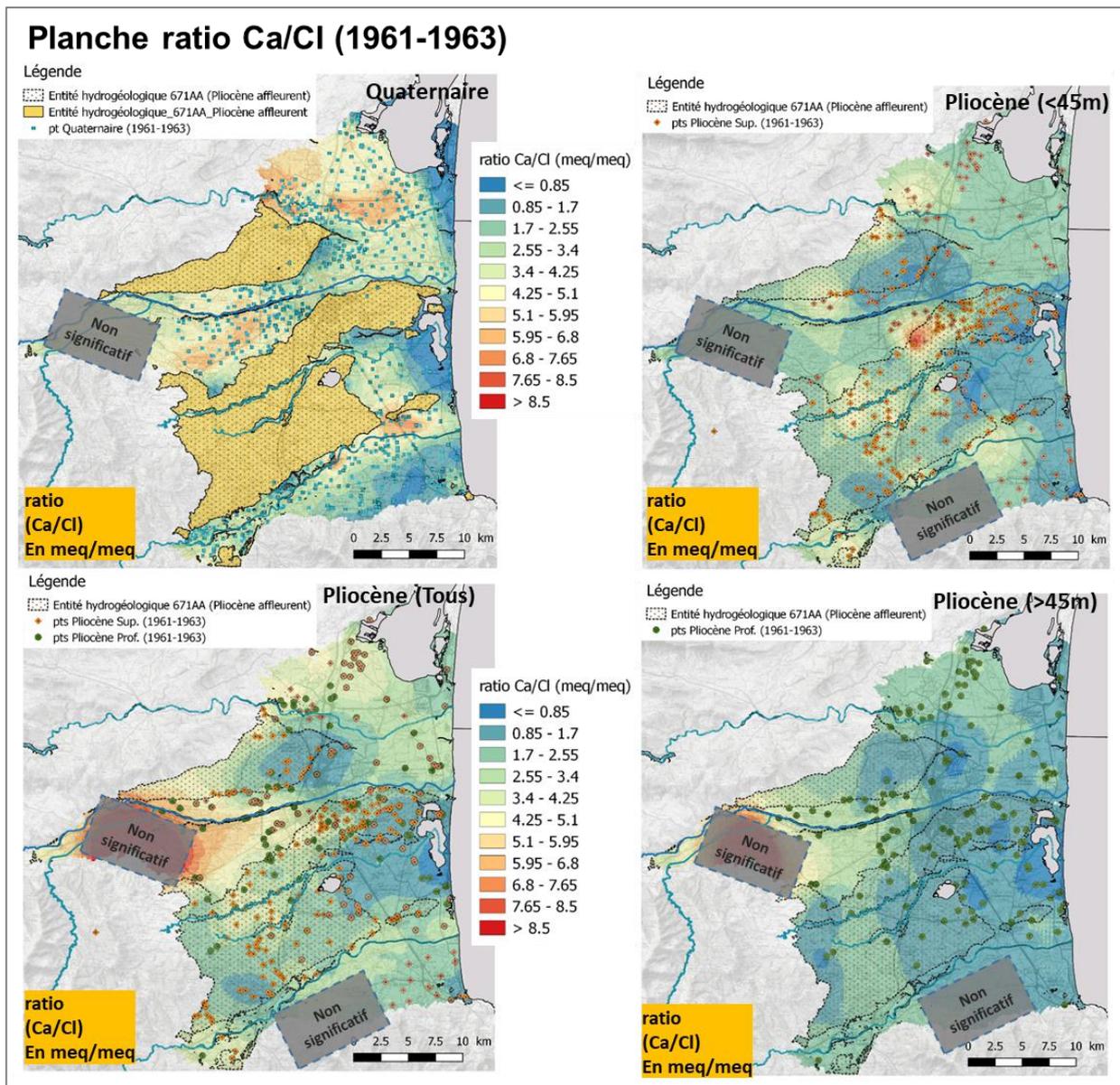


Figure A- 33. Evolution spatiale du rapport Ca/Cl des eaux du quaternaire et du pliocène (période de référence : 1961-1963).

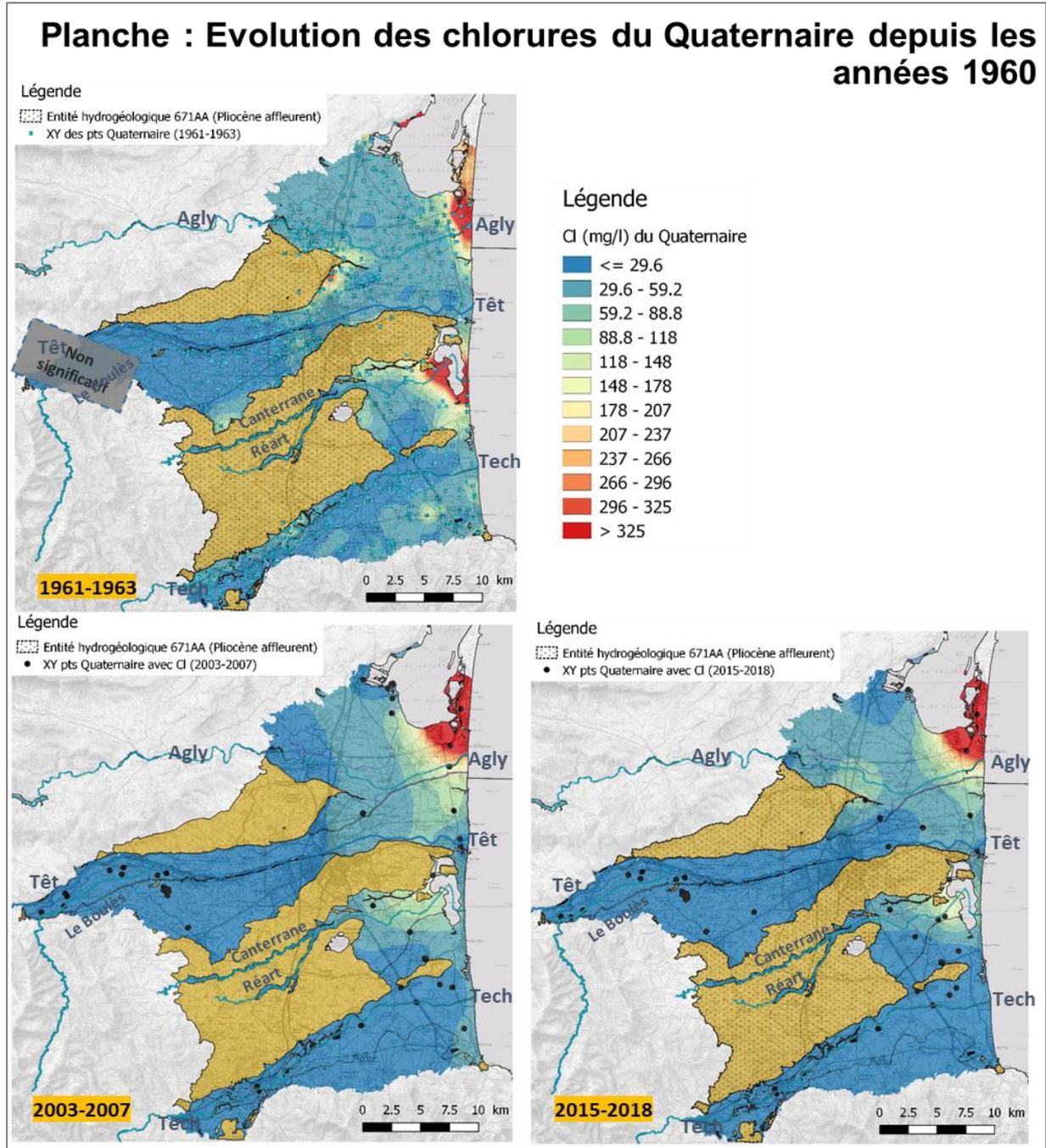


Figure A- 34. Evolutions des teneurs en chlorure des eaux du quaternaire depuis les années 1960.

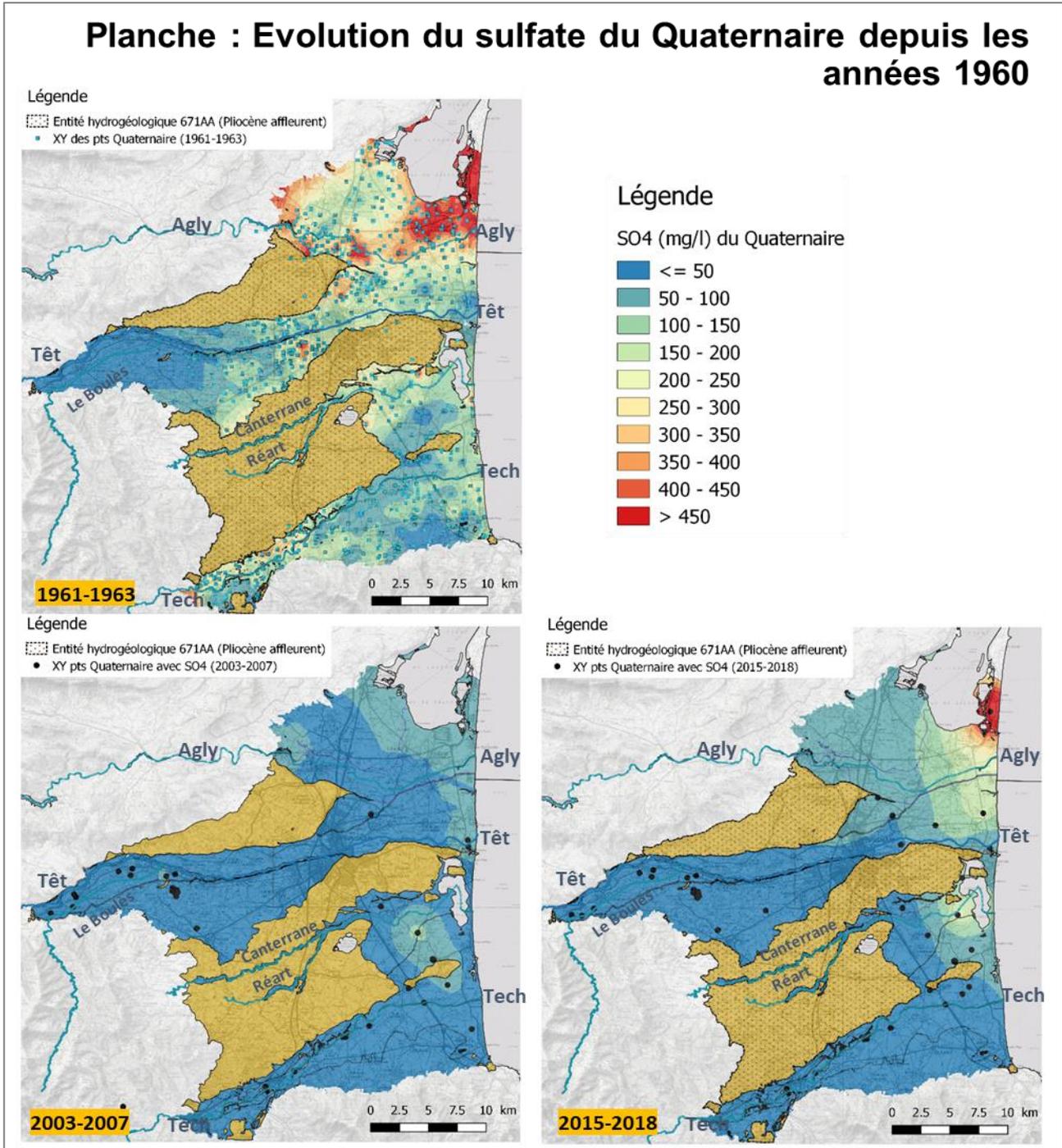


Figure A- 35. Evolutions des teneurs en sulfate des eaux du quaternaire depuis les années 1960.

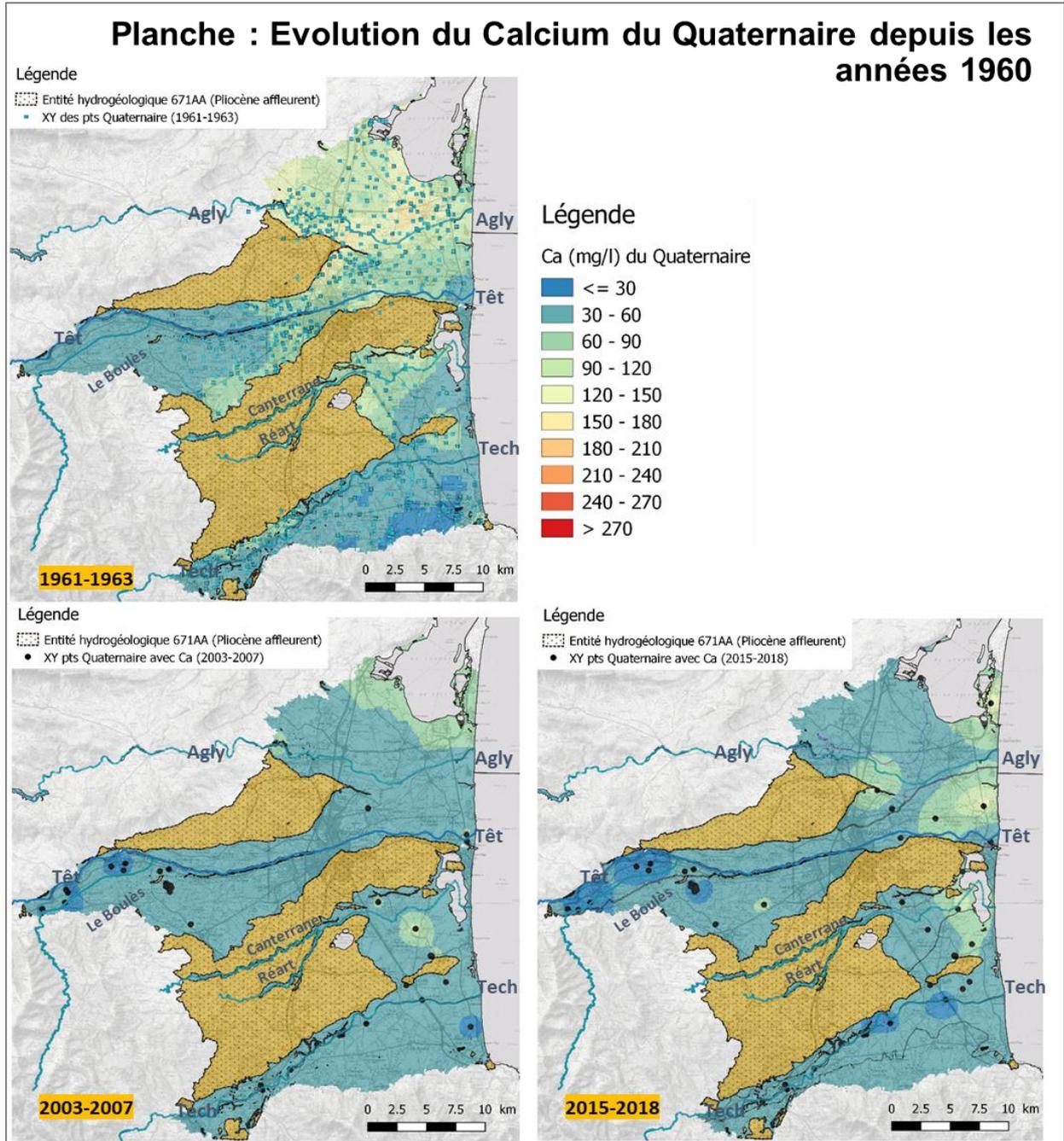


Figure A- 36. Evolutions des teneurs en calcium des eaux du quaternaire depuis les années 1960.

## Planche : Evolution du Magnésium du Quaternaire depuis les années 1960

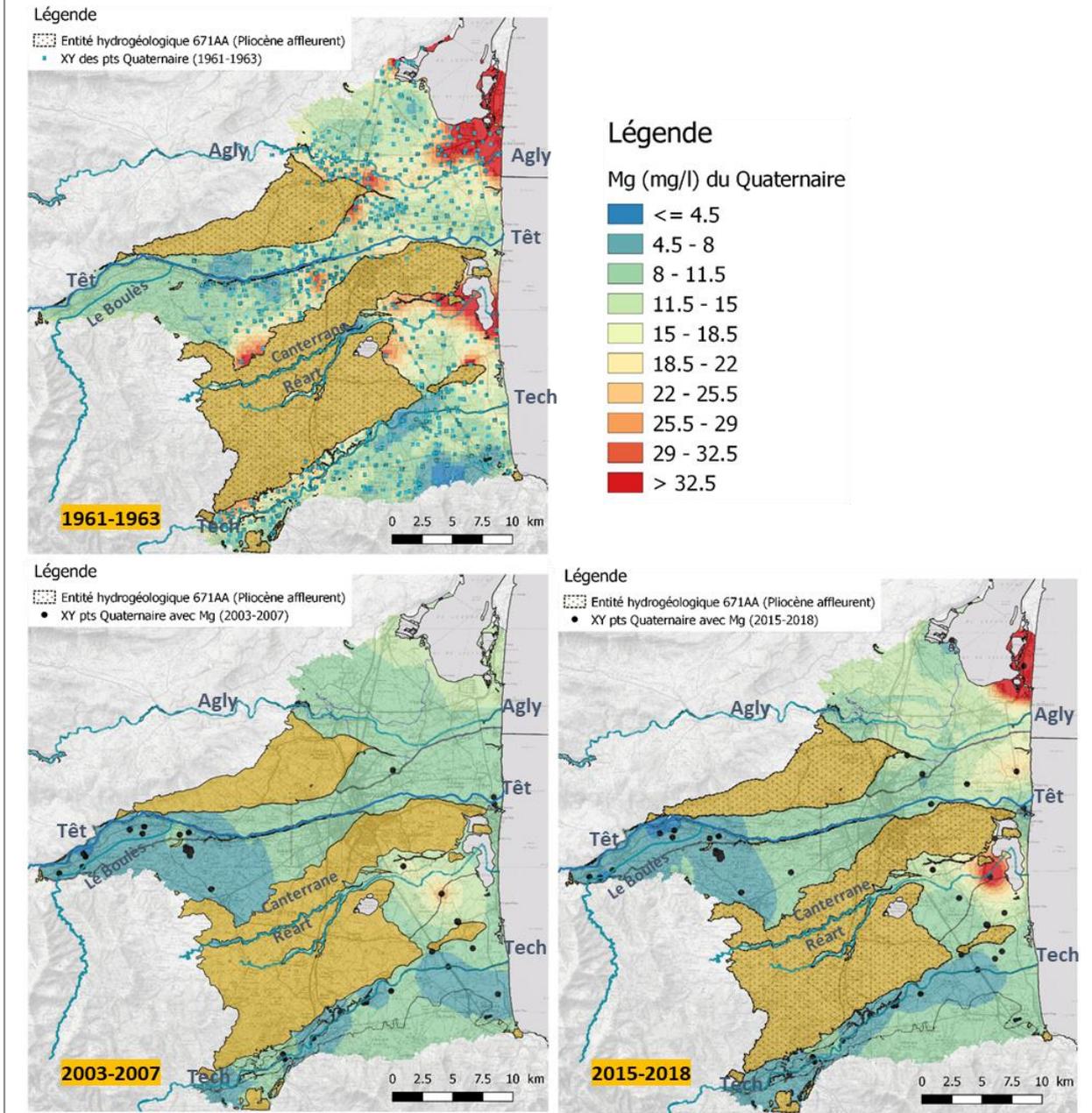


Figure A- 37. Evolutions des teneurs en magnésium des eaux du quaternaire depuis les années 1960.

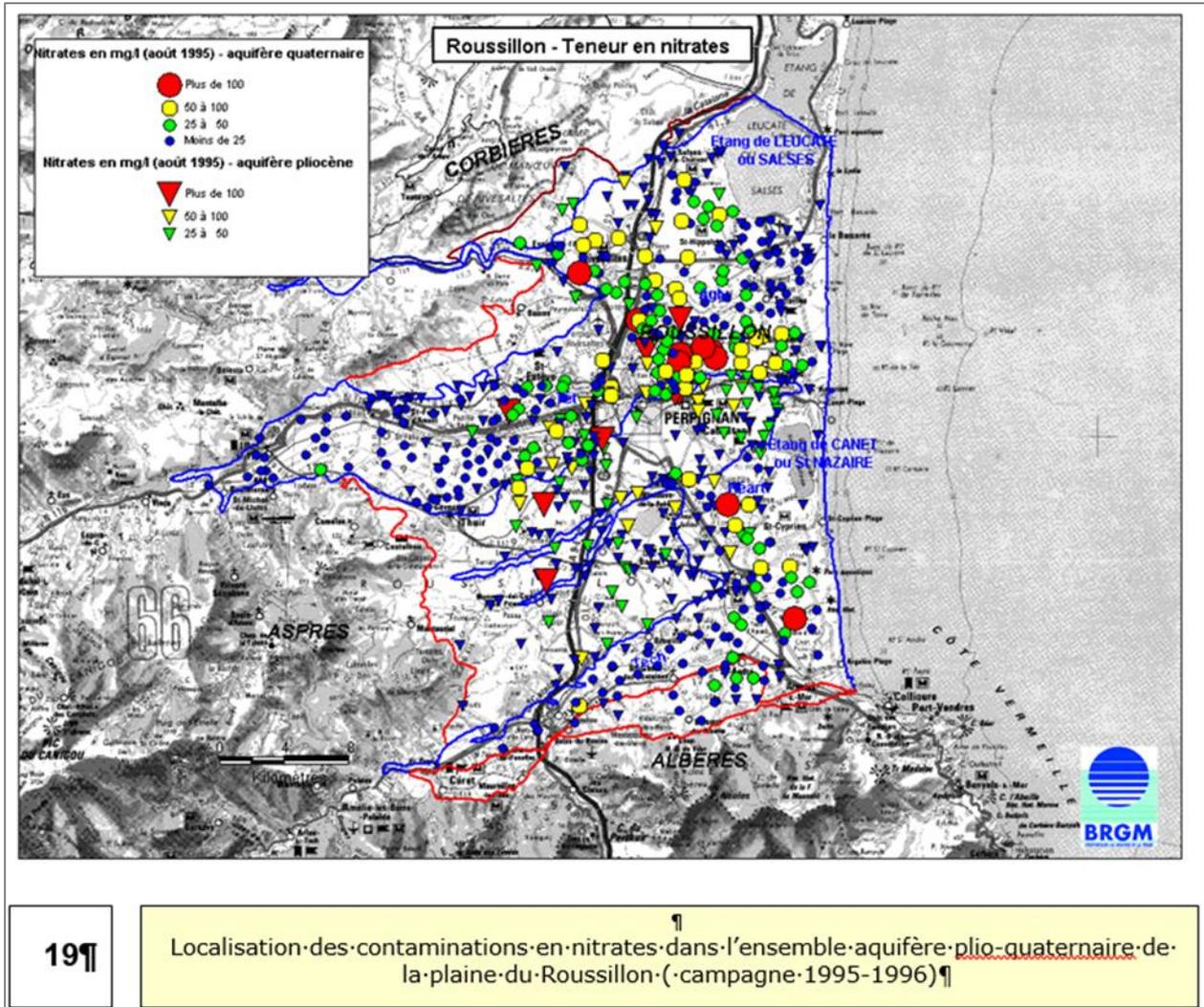


Figure A- 38. Carte des teneurs en nitrate (extrait du rapport « *Connaissance des eaux souterraines de la plaine du Roussillon – décembre 2003* »)

**Problématique des ouvrages défectueux** (extrait du rapport « *Connaissance des eaux souterraines de la plaine du Roussillon – décembre 2003* »)

La création d'un forage n'entraîne normalement aucun impact sur la qualité des eaux souterraines, à condition qu'il ait été réalisé dans les règles de l'art, telles que celles qui ont été dictées dans la charte de qualité des puits et forages d'eau. Cependant, l'exécution de tout nouveau forage peut avoir un impact significatif sur la qualité de l'eau souterraine. Trois cas peuvent se présenter :

- le forage est équipé de telle manière qu'il capte deux niveaux aquifères ou deux nappes différentes. Si la nappe la plus profonde a une pression hydrostatique plus faible que l'horizon supérieur, des échanges se font entre les deux niveaux et la qualité de l'eau dans la nappe sous-jacente est affectée par celle de la nappe supérieure. Si celle-ci est contaminée, une dérive de la qualité de l'eau peut s'observer dans la nappe sous-jacente;
- le ou les tubages mis en place ne sont pas adaptés, dans leurs caractéristiques techniques (épaisseur et nature du matériau), aux terrains et aux fluides rencontrés et/ou la cimentation de ces tubages (cimentation de l'espace annulaire) dans les terrains sus-jacents aux niveaux sollicités n'est pas réalisée ou mal réalisée. Il existe alors des risques

notables de mélange d'eau provenant de différents niveaux, voire de nappes superposées;

- la partie superficielle en tête d'ouvrage n'est pas protégée.

Les risques majeurs se rencontrent dans les aquifères multicouches, lorsque les forages captent des horizons producteurs sous-jacents à des formations plus superficielles, contenant quant à elles une eau de qualité médiocre ou mauvaise. Si des échanges peuvent se produire en raison des différences naturelles de charge hydraulique, ces phénomènes de percolations entre différents niveaux aquifères peuvent s'accélérer en régime dynamique avec la mise en pompage.

A ces impacts potentiels sur la qualité des eaux souterraines liées à de mauvaises conditions de réalisation de tout nouveau forage, il faut encore ajouter les risques de dégradation de la qualité de l'eau pouvant encore se présenter lorsque les forages sont abandonnés sans précaution particulière. Non surveillés et parfois entièrement ouverts sans dispositif de fermeture, de tels ouvrages constituent autant de regards sur la nappe avec des risques de déversement d'eau de ruissellement potentiellement contaminée. De plus, même lorsqu'ils avaient été réalisés dans « dans les règles de l'art », ces ouvrages abandonnés peuvent à terme présenter une dégradation des tubages induisant un risque vis à vis de la qualité de l'eau souterraine. En effet, en raison de la perforation il existe une possibilité de mise en communication d'eau provenant de nappes ou de niveaux différents.

En résumé, les préjudices se remarquent par de possibles dégradations de la qualité des eaux souterraines des nappes en aval hydraulique des forages et dans le rayon d'action d'autres forages voisins. Il va s'agir soit de pollutions directes en cas de mauvaise protection des installations de surface et de destruction partielle ou totale de la tête du forage, soit de contaminations par le fait des mises en communication d'une nappe naturellement bien protégée avec une autre nappe supérieure ou inférieure, de mauvaise qualité, la détérioration étant alors liée à la qualité des tubages ou à leur déféctuosité, aux équipements en place ou à l'absence de cimentation latérale.

## Planche : Evolution du Sodium du Pliocène depuis les années 1960

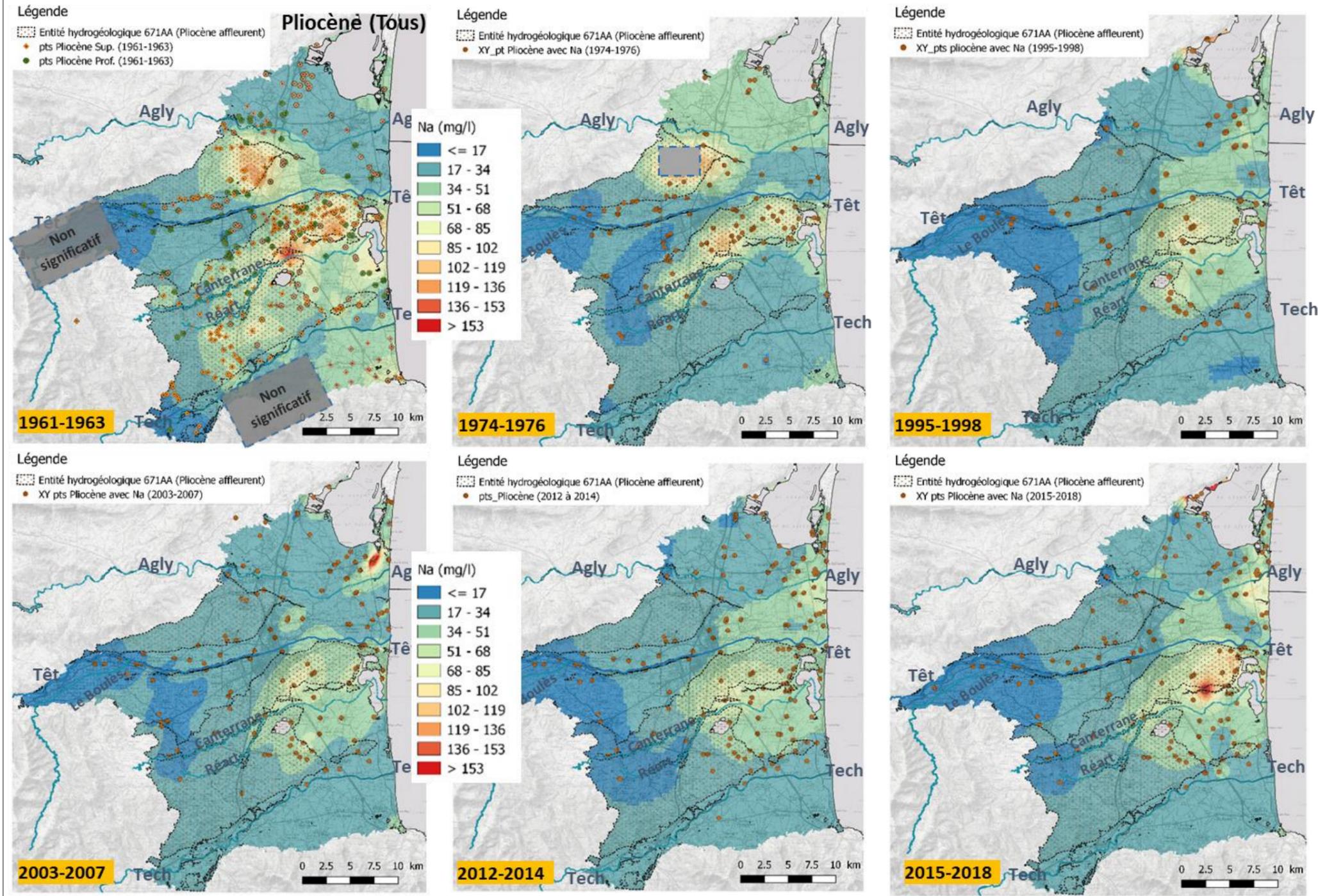


Figure A- 39. Evolutions des teneurs en sodium des eaux du pliocène depuis les années 1960.

## Planche : Evolution du rapport Na/Cl du pliocène depuis les années 1960

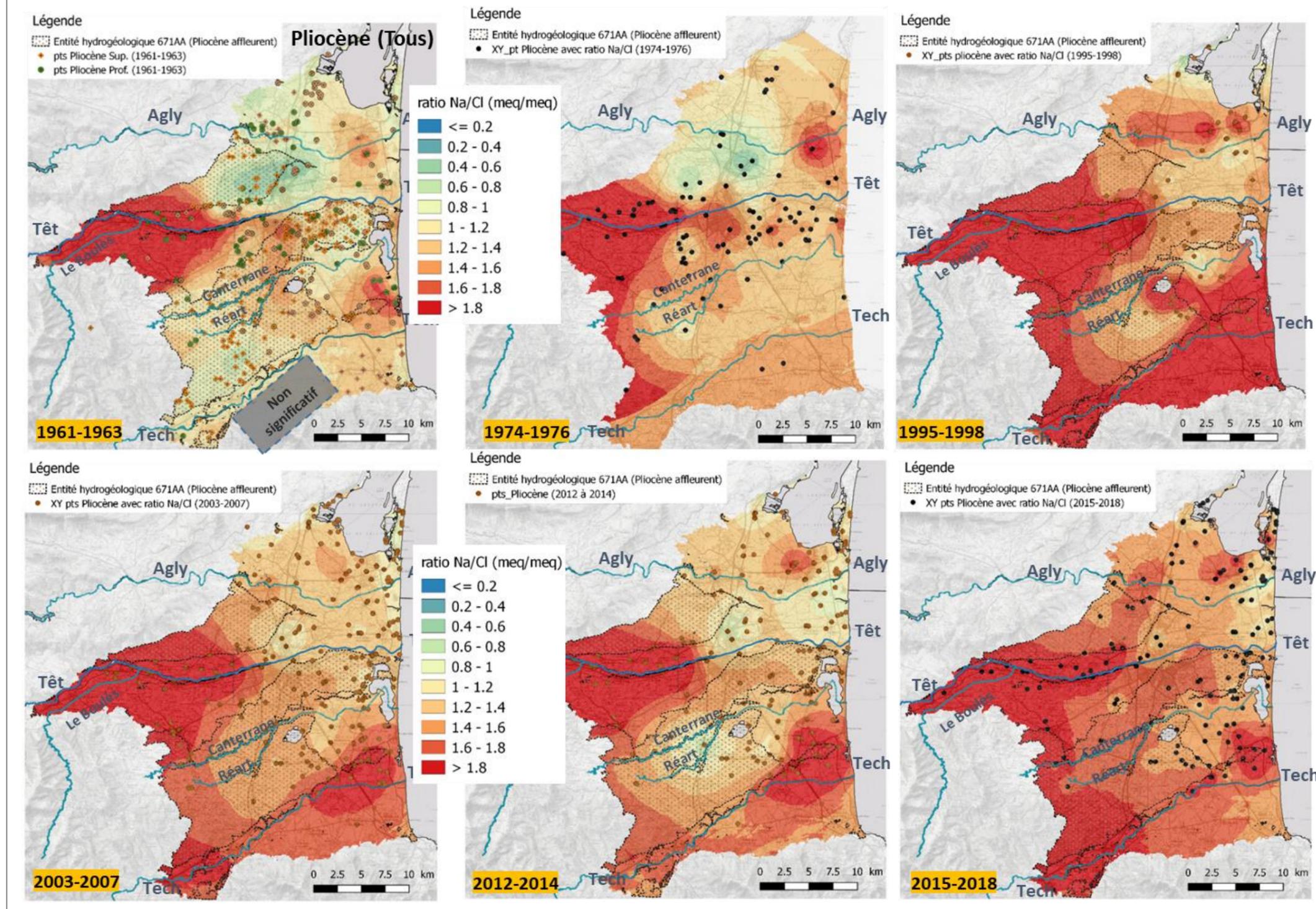


Figure A- 40. Evolutions du rapport Na/Cl des eaux du pliocène depuis les années 1960.

## Planche : Evolution du rapport SO<sub>4</sub>/Cl du Pliocène depuis les années 1960

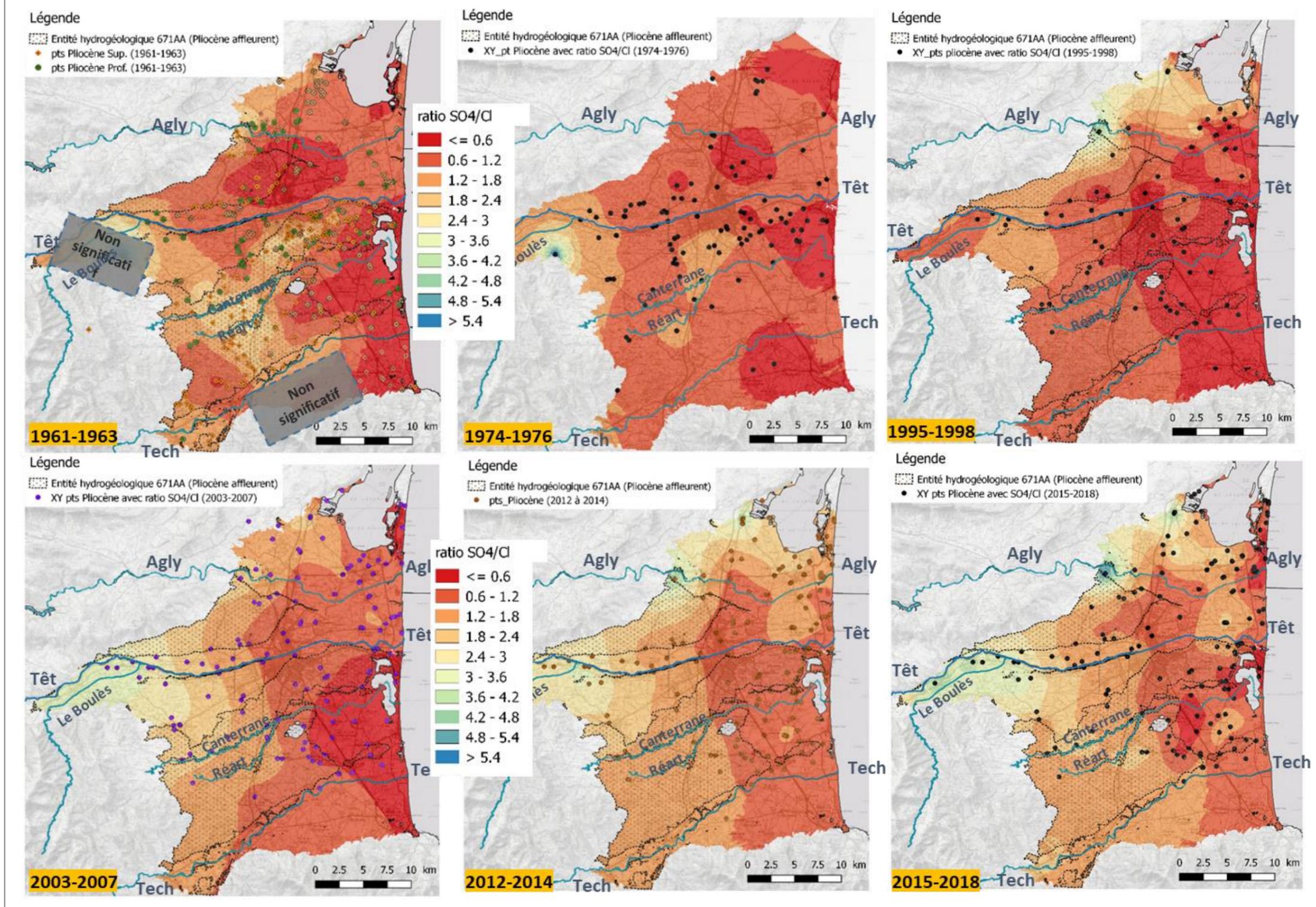


Figure A- 41. Evolutions du rapport SO<sub>4</sub>/Cl des eaux du pliocène depuis les années 1960.



CODE_BSS	COMMUNE	X_L93	Y_L93	NOM_PARA	DATE_MII	DATE_MA	NB_ANALY	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_PO	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10972X0161/F2	ALENYA	698138	6171147	Cl-	10/04/1996	01/09/2018	72	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.121 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2007	38.4	42.4	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10972X0056/F	ALENYA	698910	6171291	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	46	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2002	56.8	51.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10972X0117/PEYRON	ALENYA	699197	6170918	Cl-	01/04/1985	01/09/2009	44	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.692 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.7	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/1995	54.2	44.5	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10908X0002/F	BAHO	685487	6177697	Cl-	01/03/1996	12/10/2006	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0127/PERVAC	BARCARES(LE)	701686	6190379	Cl-	01/09/2003	01/09/2016	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.02 mg(Cl)/L /an est détectée.	1.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2011	19.7	28.4	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0145/F1BIS	BARCARES(LE)	702472	6188611	Cl-	01/08/1982	01/09/2018	60	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 9.82 mg(Cl)/L /an est détectée.	9.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1993	131.7	397.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0057/F	BARCARES(LE)	702183	6186241	Cl-	01/08/1986	01/09/2018	58	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 6.18 mg(Cl)/L /an est détectée.	6.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1996	214.2	489.5	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0128/CRXSUD	BARCARES(LE)	702224	6186371	Cl-	01/09/1991	01/09/2016	46	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 53.3 mg(Cl)/L /an est détectée.	53.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2003	327.8	1021.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0103/ARMEN	BARCARES(LE)	701923	6186253	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	50	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 4.53 mg(Cl)/L /an est détectée.	4.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	127.2	568.2	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10912X0070/ESTANY	BARCARES(LE)	702890	6189548	Cl-	01/08/1982	01/09/2016	58	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 4.46 mg(Cl)/L /an est détectée.	4.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2003	118.6	285.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0081/TOURRE	BARCARES(LE)	702064	6186312	Cl-	01/08/1986	01/09/2018	56	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 4.45 mg(Cl)/L /an est détectée.	4.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2000	128.8	240.4	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0111/BAR4	BARCARES(LE)	703111	6187643	Cl-	01/09/1991	01/09/2018	50	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -1.89 mg(Cl)/L /an est détectée.	-1.9	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2002	60.0	31.2	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0095/ARGONO	BARCARES(LE)	703335	6192508	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	56	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -1.83 mg(Cl)/L /an est détectée.	-1.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1999	85.1	42.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0080/OASIS	BARCARES(LE)	701936	6186573	Cl-	01/08/1986	01/09/2018	58	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -1.41 mg(Cl)/L /an est détectée.	-1.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1999	153.9	56.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0082/PRECAT	BARCARES(LE)	701937	6186763	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	40	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -1.15 mg(Cl)/L /an est détectée.	-1.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1995	567.0	32.5	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10912X0112/BAR3	BARCARES(LE)	703108	6187667	Cl-	01/09/1991	01/09/2018	52	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.818 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2003	32.3	49.2	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0068/COUDAL	BARCARES(LE)	701609	6190730	Cl-	01/08/1982	01/09/2016	72	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.578 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.6	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1994	39.3	24.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0123/PTT	BARCARES(LE)	702848	6189238	Cl-	01/09/1991	01/09/2018	44	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1999	52.1	40.9	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10912X0083/CALIFO	BARCARES(LE)	701815	6186474	Cl-	01/08/1986	01/09/2018	44	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1995	295.1	46.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10912X0096/SARDAN	BARCARES(LE)	703332	6192197	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	52	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10912X0131/F2	BARCARES(LE)	703186	6191398	Cl-	01/09/2003	01/09/2018	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2006	88.9	96.1	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.

Modèle conceptuel du comportement de l'aquifère Plio-Quaternaire du Roussillon

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10961X0012/F2	BOULETERNERE	666377	6172878	Cl-	09/07/1990	20/10/2015	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test paramétrique de Buishand a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10915X0333/F4	CABESTANY	695111	6175727	Cl-	02/04/1996	04/09/2017	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 23/09/2004	68.2	59.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10915X0170/F3	CABESTANY	695373	6175875	Cl-	02/04/1996	07/02/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0037/F	CANET-EN-ROUSSILLON	699177	6178367	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	44	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.433 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2000	80.6	89.1	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0019/CERH-C	CANET-EN-ROUSSILLON	698307	6176071	Cl-	01/09/1987	01/09/2009	38	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 44.5 mg(Cl)/L /an est détectée.	44.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1995	84.5	941.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0040/F	CANET-EN-ROUSSILLON	699649	6176273	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	50	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 4.97 mg(Cl)/L /an est détectée.	5.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2000	81.3	287.4	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0086/RIU	CANET-EN-ROUSSILLON	698026	6178386	Cl-	01/09/1988	01/09/2018	44	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -1.59 mg(Cl)/L /an est détectée.	-1.6	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2006	131.5	94.4	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0054/TOUZAN	CANET-EN-ROUSSILLON	698556	6178322	Cl-	01/09/1990	01/09/2016	36	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.03 mg(Cl)/L /an est détectée.	1.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/1997	78.3	106.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0076/PEYRET	CANET-EN-ROUSSILLON	699942	6177630	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	56	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.724 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.7	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2003	106.4	128.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0117/F10	CANET-EN-ROUSSILLON	699802	6176390	Cl-	18/06/1997	01/09/2018	70	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.474 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1999	74.4	61.2	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0074/F8	CANET-EN-ROUSSILLON	701911	6178227	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	100	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.27 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2000	53.6	47.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0052/PEUPLI	CANET-EN-ROUSSILLON	702548	6178698	Cl-	01/09/2001	01/09/2018	32	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.192 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2007	20.9	23.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0065/F7	CANET-EN-ROUSSILLON	702502	6176118	Cl-	01/08/1983	29/11/2019	320	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.153 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2004	52.6	46.4	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10916X0090/PHARE	CANET-EN-ROUSSILLON	703113	6178694	Cl-	01/09/1991	01/09/2016	50	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1997	34.6	51.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10916X0016/111111	CANET-EN-ROUSSILLON	700219	6178528	Cl-	25/10/1995	27/09/2004	34	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 09/04/1997	51.4	61.2	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0133/F4BIS	CANET-EN-ROUSSILLON	700616	6178758	Cl-	01/08/1984	01/09/2018	82	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2012	37.4	45.4	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10916X0138/6KEYE	CANET-EN-ROUSSILLON	698323	6176125	Cl-	01/09/2006	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2014	113.8	77.3	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0103/F9	CANET-EN-ROUSSILLON	700193	6178783	Cl-	01/09/1991	01/09/2018	98	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10916X0075/ESTANG	CANET-EN-ROUSSILLON	702435	6175257	Cl-	01/09/1991	01/09/2018	46	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	92.3	144.5	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10916X0132/F1BIS	CANET-EN-ROUSSILLON	700230	6178540	Cl-	01/09/1991	01/09/2018	62	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.294 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 19/09/2006	57.9	53.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10911X0216/F2	CLAIRA	696113	6184438	Cl-	02/04/1996	02/11/2017	50	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.12 mg(Cl)/L /an est détectée.	1.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 21/04/2005	41.0	56.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10971X0124/TECH1	ELNE	694549	6166811	Cl-	16/10/1996	03/05/2017	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10972X0130/BARNIO	ELNE	698345	6167101	Cl-	19/03/2014	28/11/2019	84	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -1.87 mg(Cl)/L/an est détectée.	-1.9	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 25/05/2016	38.5	30.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10972X0181/ARMENG	ELNE	698274	6169384	Cl-	19/03/2014	26/11/2019	96	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.425 mg(Cl)/L/an est détectée.	-0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 05/12/2017	17.6	16.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10972X0138/F2	ELNE	697954	6165813	Cl-	01/09/1988	08/04/2015	64	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1992	19.4	13.4	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10963X0023/FOURQ1	FOURQUES	681297	6164756	Cl-	10/06/1993	09/05/2012	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.0887 mg(Cl)/L/an est détectée.	0.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 02/09/1999	11.9	13.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10972X0145/AEP	LATOIR-BAS-ELNE	699862	6167659	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	86	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.341 mg(Cl)/L/an est détectée.	-0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1996	26.2	16.5	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10972X0136/F3	LATOIR-BAS-ELNE	701055	6166619	Cl-	01/09/1987	02/03/2016	72	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.332 mg(Cl)/L/an est détectée.	-0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1996	19.2	12.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10972X0182/RIOLS	LATOIR-BAS-ELNE	701823	6166362	Cl-	01/09/2001	01/09/2013	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buisshand est : 01/09/2009	19.6	15.3	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10906X0036/C	MILLAS	673395	6176754	Cl-	23/03/1999	08/08/2017	36	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.0599 mg(Cl)/L/an est détectée.	0.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 11/08/2009	4.6	4.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10906X0025/AEP	MILLAS	675013	6177382	Cl-	20/06/1996	23/11/2017	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test paramétrique de Buisshand a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10971X0127/F4	MONTESCOT	692820	6168271	Cl-	16/10/1996	03/05/2017	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10971X0126/TECH3	MONTESCOT	693433	6167461	Cl-	16/10/1996	03/05/2017	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10971X0128/TECH5	MONTESCOT	692984	6168976	Cl-	16/10/1996	14/05/2018	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10971X0022/F1	MONTESCOT	695076	6167688	Cl-	19/08/1997	03/05/2017	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 21/09/2006	71.3	49.1	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10971X0125/TECH2	MONTESCOT	693830	6167057	Cl-	16/10/1996	15/06/2016	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buisshand est : 16/10/1996	35.2	46.3	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10971X0019/F	ORTAFFA	694548	6164218	Cl-	10/06/1993	03/08/2016	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test paramétrique de Buisshand a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10915X0238/GIRAL	PERPIGNAN	691178	6179532	Cl-	17/02/1998	13/06/2017	40	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.963 mg(Cl)/L/an est détectée.	1.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 12/03/2002	24.9	42.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10908X0165/F1	PERPIGNAN	688617	6177341	Cl-	17/02/1998	13/02/2018	48	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.237 mg(Cl)/L/an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 22/03/2005	13.7	16.8	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10915X0095/111111	PERPIGNAN	691967	6178055	Cl-	17/02/1998	12/03/2013	34	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10915X0345/F	PERPIGNAN	692022	6175021	Cl-	18/04/2000	13/06/2017	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buisshand est : 19/06/2001	56.8	59.5	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10904X0098/F3	PEYRESTORTES	687717	6183575	Cl-	25/04/1996	13/09/2017	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.211 mg(Cl)/L/an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buisshand est : 01/03/2011	21.8	25.3	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.

Modèle conceptuel du comportement de l'aquifère Plio-Quaternaire du Roussillon

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10907X0055/F	PEZILLA-LA-RIVIERE	682289	6177152	Cl-	05/05/1998	13/06/2017	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.231 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 12/03/2002	9.5	11.5	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10907X0121/F1	PEZILLA-LA-RIVIERE	680679	6177365	Cl-	01/03/1996	10/04/2017	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.156 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 23/08/1999	7.5	10.5	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10908X0004/F	PEZILLA-LA-RIVIERE	683173	6178706	Cl-	10/04/1996	15/03/2018	28	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.573 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.6	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 29/11/2005	14.6	21.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10915X0315/F4	PIA	692518	6181305	Cl-	25/04/1996	28/02/2013	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.978 mg(Cl)/L /an est détectée.	-1.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/07/1999	74.0	63.9	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10971X0202/F3	POLLESTRES	690177	6171374	Cl-	29/03/2004	28/11/2019	110	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.431 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 03/03/2015	68.9	80.2	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10964X0019/F	POLLESTRES	689114	6170680	Cl-	21/03/1996	26/09/2006	28	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 09/04/1997	40.7	44.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10904X0070/F4	RIVESALTES	689382	6186454	Cl-	23/11/1995	15/06/2017	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10972X0141/UDSIST	SAINT-CYPRIEN	702141	6168502	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	54	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.34 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1999	19.3	11.1	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10972X0184/F3BIS	SAINT-CYPRIEN	699533	6168762	Cl-	26/06/2001	26/11/2019	218	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.0775 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2008	38.4	36.4	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10972X0143/F2CCAS	SAINT-CYPRIEN	701720	6168516	Cl-	01/09/1987	01/09/2007	30	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10972X0142/F1CCAS	SAINT-CYPRIEN	701701	6168546	Cl-	01/09/1994	01/09/2007	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2003	92.1	11.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0120/F4	SAINTE-MARIE	702430	6182115	Cl-	01/09/2001	01/09/2018	52	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 5.69 mg(Cl)/L /an est détectée.	5.7	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	91.2	146.1	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0073/F3	SAINTE-MARIE	701437	6181333	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	98	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.568 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.6	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2003	21.4	31.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0061/F1N4	SAINTE-MARIE	702058	6181980	Cl-	01/09/1991	01/09/2016	46	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.475 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1999	29.6	17.9	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10916X0153/PORT	SAINTE-MARIE	703087	6180398	Cl-	24/03/2005	28/11/2013	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.422 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 25/06/2007	34.0	30.6	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0017/F	SAINTE-MARIE	702780	6180830	Cl-	01/08/1983	01/09/2018	72	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.3 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1994	60.5	51.6	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10916X0015/F2	SAINTE-MARIE	700869	6180643	Cl-	01/09/1988	01/09/2018	58	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2011	29.1	33.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10916X0126/RANCH	SAINTE-MARIE	701967	6181738	Cl-	01/09/1999	01/09/2018	32	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0066/ILLES	SAINTE-MARIE	702912	6182321	Cl-	01/09/2001	01/09/2018	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 3.25 mg(Cl)/L /an est détectée.	3.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2011	55.5	93.1	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10908X0305/F2	SAINT-ESTEVE	689049	6178153	Cl-	10/08/1999	13/06/2017	32	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.465 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 22/03/2005	23.7	32.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10908X0242/F3-BIS	SAINT-ESTEVE	686023	6179664	Cl-	10/04/1996	14/02/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.466 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 25/09/2006	55.9	77.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10908X0001/F	SAINT-ESTEVE	687181	6179238	Cl-	10/04/1996	06/03/2017	28	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.128 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 28/10/2004	18.4	15.5	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10907X0123/NF1	SAINT-FELIU-D'AMONT	676680	6176787	Cl-	21/07/1998	11/04/2017	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.0984 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 22/01/2002	4.6	5.6	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10906X0040/FC3-2	SAINT-FELIU-D'AMONT	673292	6176205	Cl-	24/08/1999	22/05/2018	36	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.0362 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10907X0124/NF2	SAINT-FELIU-D'AMONT	676695	6176781	Cl-	23/03/1998	10/04/2018	36	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.0563 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 08/03/2005	6.8	5.9	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10907X0132/FC4-1	SAINT-FELIU-D'AMONT	677150	6176754	Cl-	23/07/2002	09/01/2018	30	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10911X0159/GARY	SAINT-HIPPOLYTE	696600	6190230	Cl-	01/09/1987	01/09/2014	44	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.69 mg(Cl)/L /an est détectée.	1.7	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2001	38.0	72.6	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0104/HOF	SAINT-HIPPOLYTE	698163	6189226	Cl-	01/09/1987	01/09/2013	36	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.909 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.9	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2007	34.7	59.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0086/F6	SAINT-HIPPOLYTE	697813	6187403	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	74	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.244 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1997	37.8	26.2	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0059/F1N3	SAINT-HIPPOLYTE	699138	6188487	Cl-	01/08/1983	04/12/2019	412	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.234 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 10/04/2006	26.0	30.6	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10912X0143/F6N4BI	SAINT-HIPPOLYTE	697809	6187396	Cl-	01/09/1988	01/09/2018	78	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.225 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1997	29.2	29.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10912X0058/F1N4	SAINT-HIPPOLYTE	699133	6188477	Cl-	01/08/1983	04/12/2019	236	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.19 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	21.2	15.8	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10911X0172/F7N4	SAINT-HIPPOLYTE	696980	6186473	Cl-	01/09/1990	01/09/2018	72	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 04/09/1995	25.9	19.4	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10911X0171/F7N3	SAINT-HIPPOLYTE	696960	6186453	Cl-	01/09/1990	01/09/2018	70	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1994	52.6	26.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10912X0140/F2	SAINT-HIPPOLYTE	697477	6187114	Cl-	23/11/2004	01/09/2018	36	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0074/F4N3	SAINT-LAURENT-DE-LA-SALANQUE	700665	6187965	Cl-	04/09/1995	04/09/2017	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.03 mg(Cl)/L /an est détectée.	1.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 02/07/2003	30.4	42.9	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0079/F2	SAINT-LAURENT-DE-LA-SALANQUE	698642	6185646	Cl-	01/09/1988	01/09/2018	80	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.942 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.9	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2003	71.2	54.9	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0067/F3N3	SAINT-LAURENT-DE-LA-SALANQUE	700103	6186538	Cl-	01/08/1983	01/09/2018	88	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.86 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.9	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 03/11/1997	76.6	57.5	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0144/F3N4BI	SAINT-LAURENT-DE-LA-SALANQUE	700715	6187889	Cl-	01/08/1983	01/09/2018	70	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.423 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2006	34.6	50.4	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10912X0060/F2N3	SAINT-LAURENT-DE-LA-SALANQUE	699604	6187392	Cl-	01/08/1983	01/09/2018	92	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.308 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1994	36.9	29.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0061/F3N4	SAINT-LAURENT-DE-LA-SALANQUE	700129	6186545	Cl-	01/08/1982	01/09/2016	66	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.256 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1996	24.1	24.8	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10912X0129/F3	SAINT-LAURENT-DE-LA-SALANQUE	698746	6185718	Cl-	01/09/2000	01/09/2018	52	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2004	47.0	32.1	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.

Modèle conceptuel du comportement de l'aquifère Plio-Quaternaire du Roussillon

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10972X0115/PAGES	SAINT-NAZAIRE	699344	6173080	Cl-	01/09/1995	01/09/2014	30	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 4.47 mg(Cl)/L /an est détectée.	4.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2007	92.6	164.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0041/F	SAINT-NAZAIRE	699424	6174200	Cl-	01/08/1986	01/09/2016	46	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -1.03 mg(Cl)/L /an est détectée.	-1.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2004	121.2	92.6	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0048/LANDRI	SAINT-NAZAIRE	698811	6173925	Cl-	01/08/1986	01/09/2018	48	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.544 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1996	62.2	41.9	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10916X0059/F3	SAINT-NAZAIRE	698955	6174796	Cl-	01/09/2002	01/09/2018	32	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10972X0101/F	SAINT-NAZAIRE	699804	6172956	Cl-	01/09/1995	01/09/2018	36	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0119/GAEC	SAINT-NAZAIRE	699284	6175563	Cl-	01/09/1992	01/09/2014	42	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 7.96 mg(Cl)/L /an est détectée.	8.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2000	228.3	352.6	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0069/DULCE	SAINT-NAZAIRE	698557	6174718	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	54	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 5.28 mg(Cl)/L /an est détectée.	5.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buisshand est : 01/09/2002	133.7	228.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0083/MIOCHE	SAINT-NAZAIRE	699221	6173922	Cl-	01/08/1986	01/09/2018	46	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.842 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1996	61.1	43.2	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0088/PELTIE	SAINT-NAZAIRE	699213	6175363	Cl-	01/09/1996	01/09/2012	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.478 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2006	81.0	74.3	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10972X0098/FE1	SAINT-NAZAIRE	701573	6171248	Cl-	01/08/1983	01/09/2016	66	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.369 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1996	38.2	29.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0013/F	SAINT-NAZAIRE	698979	6174733	Cl-	06/05/2003	01/09/2018	32	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 25/10/2007	66.1	77.2	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10915X0134/F2	SALEILLES	694983	6173475	Cl-	01/09/2000	14/02/2018	46	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10971X0023/F1	SALEILLES	695270	6173291	Cl-	10/04/1996	01/09/2016	50	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2004	104.9	88.9	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10795X0038/F	SALSÉS-LE-CHATEAU	695653	6194491	Cl-	01/08/1983	01/09/1992	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 42.8 mg(Cl)/L /an est détectée.	42.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/04/1986	2141.2	2556.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10795X0045/SUJOL	SALSÉS-LE-CHATEAU	696218	6195017	Cl-	01/08/1983	01/09/2018	66	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 7.86 mg(Cl)/L /an est détectée.	7.9	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/08/1986	869.7	1228.2	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10795X0047/SUJOL4	SALSÉS-LE-CHATEAU	696135	6194718	Cl-	01/04/1984	01/09/2018	58	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 41.8 mg(Cl)/L /an est détectée.	41.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1999	685.9	1691.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10911X0170/SCAVIN	SALSÉS-LE-CHATEAU	693541	6191986	Cl-	01/09/1990	01/09/2012	42	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.466 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1999	27.4	18.9	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10911X0160/ANSE	SALSÉS-LE-CHATEAU	696247	6192395	Cl-	01/09/1987	01/09/2014	46	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.437 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1997	34.7	25.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10911X0157/BARAQU	SALSÉS-LE-CHATEAU	696721	6192811	Cl-	01/09/1987	01/09/2014	50	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.426 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1995	34.9	24.9	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10911X0142/F2	SALSÉS-LE-CHATEAU	693544	6192396	Cl-	01/08/1983	01/09/2009	64	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.371 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1994	25.7	18.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10911X0161/BELBEZ	SALSES-LE-CHATEAU	694111	6193122	Cl-	01/09/1987	01/09/2012	44	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.355 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1993	32.2	26.1	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10911X0156/PECHEU	SALSES-LE-CHATEAU	696580	6192782	Cl-	01/09/1987	01/09/2018	56	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.355 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1995	33.7	25.5	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10911X0086/SA37	SALSES-LE-CHATEAU	694858	6190274	Cl-	01/08/1983	01/09/2018	72	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.132 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/1994	29.4	25.1	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10911X0213/F3	SALSES-LE-CHATEAU	693585	6192526	Cl-	01/09/1993	26/01/2017	54	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2003	21.9	17.6	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10911X0098/CERH-S	SALSES-LE-CHATEAU	693441	6188243	Cl-	01/09/1990	01/09/2018	46	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10911X0155/EID	SALSES-LE-CHATEAU	696650	6191520	Cl-	01/09/1987	01/09/2014	52	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/1993	30.1	26.9	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10911X0232/ROCKET	SALSES-LE-CHATEAU	696386	6192613	Cl-	01/09/2011	01/09/2018	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -1.81 mg(Cl)/L /an est détectée.	-1.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 02/09/2013	35.7	30.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10963X0014/111111	TERRATS	681003	6167768	Cl-	21/09/1994	23/04/2018	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10963X0054/F2	TERRATS	680175	6167158	Cl-	24/04/1996	02/06/2016	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.214 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 08/06/2004	9.1	11.9	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10971X0004/F	THEZA	695925	6171135	Cl-	01/03/1996	01/09/2018	42	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.296 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 27/11/2001	64.0	50.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10963X0041/RI POLL	THUIR	679080	6171562	Cl-	26/07/1990	28/11/2019	138	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.0255 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 23/08/2017	8.2	7.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10912X0119/F	TORREILLES	700746	6184280	Cl-	01/09/1990	01/09/2018	64	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 6.29 mg(Cl)/L /an est détectée.	6.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2002	137.0	252.5	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10916X0134/CRUDI2	TORREILLES	700300	6183013	Cl-	01/09/1993	01/09/2016	38	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.466 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2003	17.1	23.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0110/TOR3	TORREILLES	701812	6184869	Cl-	01/09/1990	01/09/2016	52	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.358 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/1997	24.0	15.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10912X0040/TORREI	TORREILLES	699634	6184159	Cl-	01/09/1993	01/09/2018	74	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.316 mg(Cl)/L /an est détectée.	-0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2002	53.4	44.9	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0085/F2	TORREILLES	699765	6184268	Cl-	01/08/1982	01/09/2018	102	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 05/11/1998	56.7	52.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0136/STEPU	TORREILLES	701587	6185575	Cl-	01/09/2001	01/09/2014	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2008	204.7	176.6	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10908X0256/F2-AEP	TOULOUGES	686587	6173844	Cl-	29/02/1996	04/05/2017	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.227 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 18/02/2010	20.7	25.1	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0006/F	VILLELONGUE-DE-LA-SALANQUE	698817	6180932	Cl-	01/09/1987	29/11/2019	180	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.321 mg(Cl)/L /an est détectée.	0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2007	44.5	53.5	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.

Modèle conceptuel du comportement de l'aquifère Plio-Quaternaire du Roussillon

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10972X0161/F2	ALENYA	698138	6171147	SO4--	06/08/1996	01/09/2018	50	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.205 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 23/10/2001	11.5	14.4	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10908X0002/F	BAHO	685487	6177697	SO4--	01/03/1996	12/10/2006	30	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.372 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 08/02/2000	21.4	23.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10961X0012/F2	BOULETERNERE	666377	6172878	SO4--	09/07/1990	20/10/2015	30	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.3 mg(SO4)/L /an est détectée.	-0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 25/06/1997	35.1	27.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10915X0333/F4	CABESTANY	695111	6175727	SO4--	02/04/1996	04/09/2017	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.36 mg(SO4)/L /an est détectée.	1.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 09/12/2002	24.4	42.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10915X0170/F3	CABESTANY	695373	6175875	SO4--	02/04/1996	07/02/2018	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 2.63 mg(SO4)/L /an est détectée.	2.6	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 13/04/2006	87.6	129.6	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0016/111111	CANET-EN-ROUSSILLON	700219	6178528	SO4--	25/10/1995	27/09/2004	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 19/11/1997	75.8	92.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0117/F10	CANET-EN-ROUSSILLON	699802	6176390	SO4--	19/11/1997	12/07/2017	30	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.312 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 06/08/2003	18.7	22.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0103/F9	CANET-EN-ROUSSILLON	700193	6178783	SO4--	25/10/1995	20/04/2017	34	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.328 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 11/10/2000	20.4	25.1	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0074/F8	CANET-EN-ROUSSILLON	701911	6178227	SO4--	25/10/1995	20/04/2017	34	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.339 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 31/10/2001	20.6	24.9	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0065/F7	CANET-EN-ROUSSILLON	702502	6176118	SO4--	25/10/1995	29/11/2019	238	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.0415 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 30/09/2002	20.0	21.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10964X0120/F2	CANOHEES	686483	6172113	SO4--	21/09/1995	07/09/2015	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 02/07/1996	27.1	34.6	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10911X0216/F2	CLAIRA	696113	6184438	SO4--	16/10/1996	02/11/2017	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.176 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 25/05/2011	30.6	35.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10972X0130/BARNIO	ELNE	698345	6167101	SO4--	19/03/2014	28/11/2019	84	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -3.27 mg(SO4)/L /an est détectée.	-3.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 22/03/2016	65.2	54.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10971X0124/TECH1	ELNE	694549	6166811	SO4--	16/10/1996	03/05/2017	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 04/08/1999	22.0	26.5	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10972X0181/ARMENG	ELNE	698274	6169384	SO4--	19/03/2014	26/11/2019	96	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -2.79 mg(SO4)/L /an est détectée.	-2.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 28/03/2017	63.5	54.8	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10972X0138/F2	ELNE	697954	6165813	SO4--	25/09/1996	08/04/2015	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.217 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 17/09/2007	7.8	21.5	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10963X0023/FOURQ1	FOURQUES	681297	6164756	SO4--	10/06/1993	09/05/2012	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.159 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 11/07/2002	20.3	22.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10972X0145/AEP	LATOIR-BAS-ELNE	699862	6167659	SO4--	19/10/1995	01/09/2018	32	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.203 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 09/07/2003	10.2	13.4	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10972X0136/F3	LATOIR-BAS-ELNE	701055	6166619	SO4--	03/09/1996	02/03/2016	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.147 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 09/07/2002	7.3	9.5	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10906X0036/C	MILLAS	673395	6176754	SO4--	23/03/1999	08/08/2017	36	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10906X0025/AEP	MILLAS	675013	6177382	SO4--	20/06/1996	23/11/2017	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.137 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 21/04/2011	23.6	27.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10971X0128/TECH5	MONTESCOT	692984	6168976	SO4--	16/10/1996	14/05/2018	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.976 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.97574813	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 14/09/2004	27.12	39.3	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10971X0127/F4	MONTESCOT	692820	6168271	SO4--	16/10/1996	03/05/2017	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.65 mg(SO4)/L /an est détectée.	1.6	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 23/01/2008	22.2	39.5	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10971X0126/TECH3	MONTESCOT	693433	6167461	SO4--	16/10/1996	03/05/2017	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10971X0125/TECH2	MONTESCOT	693830	6167057	SO4--	16/10/1996	15/06/2016	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10971X0022/F1	MONTESCOT	695076	6167688	SO4--	19/08/1997	03/05/2017	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10971X0019/F	ORTAFFA	694548	6164218	SO4--	10/06/1993	03/08/2016	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.366 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 22/06/1995	16.6	22.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10915X0345/F	PERPIGNAN	692022	6175021	SO4--	18/04/2000	13/06/2017	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.83 mg(SO4)/L /an est détectée.	1.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 12/03/2002	34.3	57.5	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10915X0238/GIRAL	PERPIGNAN	691178	6179532	SO4--	17/02/1998	13/06/2017	40	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.359 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 12/03/2002	29.1	34.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10915X0095/111111	PERPIGNAN	691967	6178055	SO4--	05/05/1998	12/03/2013	34	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10908X0165/F1	PERPIGNAN	688617	6177341	SO4--	17/02/1998	13/02/2018	48	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.469 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 12/03/2002	31.1	37.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10904X0068/F1	PEYRESTORTES	688236	6183440	SO4--	03/07/1997	30/03/2016	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10904X0098/F3	PEYRESTORTES	687717	6183575	SO4--	25/04/1996	13/09/2017	34	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.34 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 11/05/2004	32.8	36.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10907X0121/F1	PEZILLA-LA-RIVIERE	680679	6177365	SO4--	01/03/1996	10/04/2017	30	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.427 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 04/05/1998	19.8	26.1	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10907X0055/F	PEZILLA-LA-RIVIERE	682289	6177152	SO4--	05/05/1998	13/06/2017	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.297 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 04/04/2006	27.1	30.6	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10908X0004/F	PEZILLA-LA-RIVIERE	683173	6178706	SO4--	14/08/1996	15/03/2018	28	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.712 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.7	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 02/07/2003	31.5	39.3	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10915X0315/F4	PIA	692518	6181305	SO4--	06/12/1993	28/02/2013	28	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10971X0202/F3	POLLESTRES	690177	6171374	SO4--	29/03/2004	28/11/2019	110	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.66 mg(SO4)/L /an est détectée.	1.7	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 02/12/2015	94.2	111.6	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10964X0019/F	POLLESTRES	689114	6170680	SO4--	21/03/1996	26/09/2006	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 24/03/1998	76.6	104.9	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10904X0070/F4	RIVESALTES	689382	6186454	SO4--	23/11/1995	15/06/2017	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 09/05/2011	67.5	73.4	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10972X0184/F3BIS	SAINT-CYPRIEN	699533	6168762	SO4--	26/06/2001	26/11/2019	202	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 20/09/2004	13.8	13.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10916X0153/PORT	SAINTE-MARIE	703087	6180398	SO4--	24/03/2005	28/11/2013	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 03/03/2010	152.3	139.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.

Modèle conceptuel du comportement de l'aquifère Plio-Quaternaire du Roussillon

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10916X0120/F4	SAINTE-MARIE	702430	6182115	SO4--	16/07/2002	23/05/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.841 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 29/09/2010	32.6	40.9	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0073/F3	SAINTE-MARIE	701437	6181333	SO4--	21/11/1995	22/03/2017	34	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 3.39 mg(SO4)/L /an est détectée.	3.38780998	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 06/08/2003	48.6888888	83.525	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10908X0305/F2	SAINT-ESTEVE	689049	6178153	SO4--	17/11/1999	13/06/2017	32	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.847 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 12/03/2002	23.4	32.3	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10908X0242/F3-BIS	SAINT-ESTEVE	686023	6179664	SO4--	10/04/1996	14/02/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.993 mg(SO4)/L /an est détectée.	1.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 25/09/2006	41.4	58.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10908X0001/F	SAINT-ESTEVE	687181	6179238	SO4--	14/08/1996	06/03/2017	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.144 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.1	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10906X0040/FC3-2	SAINT-FELIU-D'AMONT	673292	6176205	SO4--	24/08/1999	22/05/2018	36	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.137 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 10/03/2009	21.9	21.3	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10907X0132/FC4-1	SAINT-FELIU-D'AMONT	677150	6176754	SO4--	23/07/2002	09/01/2018	30	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10907X0124/NF2	SAINT-FELIU-D'AMONT	676695	6176781	SO4--	23/03/1998	10/04/2018	36	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.188 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 09/11/2010	27.7	30.2	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10907X0123/NF1	SAINT-FELIU-D'AMONT	676680	6176787	SO4--	21/07/1998	11/04/2017	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.584 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.6	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 22/01/2002	21.3	27.4	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0059/F1N3	SAINT-HIPPOLYTE	699138	6188487	SO4--	04/09/1995	04/12/2019	272	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.528 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 24/11/2009	133.6	145.7	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10912X0058/F1N4	SAINT-HIPPOLYTE	699133	6188477	SO4--	04/09/1995	04/12/2019	168	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.573 mg(SO4)/L /an est détectée.	-0.6	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 25/04/2007	54.1	28.4	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10911X0172/F7N4	SAINT-HIPPOLYTE	696980	6186473	SO4--	04/09/1995	01/09/2018	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10911X0171/F7N3	SAINT-HIPPOLYTE	696960	6186453	SO4--	04/09/1995	01/09/2018	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0143/F6N4BI	SAINT-HIPPOLYTE	697809	6187396	SO4--	04/09/1995	01/09/2018	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10912X0086/F6	SAINT-HIPPOLYTE	697813	6187403	SO4--	04/09/1995	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/07/1999	144.5	121.3	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0129/F3	SAINT-LAURENT-DE-LA-SALANQUE	698746	6185718	SO4--	19/10/2000	22/03/2017	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10912X0079/F2	SAINT-LAURENT-DE-LA-SALANQUE	698642	6185646	SO4--	13/08/1996	19/10/2017	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 2.19 mg(SO4)/L /an est détectée.	2.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 07/10/2009	58.8	96.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0074/F4N3	SAINT-LAURENT-DE-LA-SALANQUE	700665	6187965	SO4--	04/09/1995	04/09/2017	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0067/F3N3	SAINT-LAURENT-DE-LA-SALANQUE	700103	6186538	SO4--	04/09/1995	01/09/2018	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.14 mg(SO4)/L /an est détectée.	1.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 30/09/2009	73.0	94.5	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0060/F2N3	SAINT-LAURENT-DE-LA-SALANQUE	699604	6187392	SO4--	04/09/1995	01/09/2018	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.06 mg(SO4)/L /an est détectée.	1.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 26/02/2003	128.5	146.9	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10971X0023/F1	SALEILLES	695270	6173291	SO4--	06/08/1996	18/07/2016	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.09 mg(SO4)/L /an est détectée.	1.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 17/04/2008	40.1	54.6	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10963X0014/111111	TERRATS	681003	6167768	SO4--	26/08/1991	23/04/2018	28	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 02/09/1999	24.6	31.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10963X0054/F2	TERRATS	680175	6167158	SO4--	11/10/1995	02/06/2016	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.431 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 02/09/1999	20.7	27.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10971X0004/F	THEZA	695925	6171135	SO4--	01/03/1996	01/09/2018	30	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.502 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.50191471	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 12/12/2005	20.375	27.7285714	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10963X0041/RIPOLL	THUIR	679080	6171562	SO4--	26/07/1990	28/11/2019	144	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -0.144 mg(SO4)/L /an est détectée.	-0.1	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 22/11/2016	33.0	29.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10912X0040/TORREI	TORREILLES	699634	6184159	SO4--	12/10/1995	22/03/2017	28	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 3.61 mg(SO4)/L /an est détectée.	3.6	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buisland est : 29/04/2003	138.6	193.4	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0085/F2	TORREILLES	699765	6184268	SO4--	14/08/1996	22/03/2017	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 3.15 mg(SO4)/L /an est détectée.	3.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 21/09/1999	38.2	79.4	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10908X0256/F2-AEP	TOULOUGES	686587	6173844	SO4--	29/02/1996	04/05/2017	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 10/07/1997	34.9	53.4	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10964X0008/F	TROUILLAS	683236	6168064	SO4--	02/10/1997	27/10/2016	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.403 mg(SO4)/L /an est détectée.	0.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 11/07/2002	32.9	41.9	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0006/F	VILLELONGUE-DE-LA-SALANQUE	698817	6180932	SO4--	30/07/1996	29/11/2019	122	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 2.15 mg(SO4)/L /an est détectée.	2.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 24/08/2016	151.5	172.1	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.

Modèle conceptuel du comportement de l'aquifère Plio-Quaternaire du Roussillon

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10972X0117/PEYRON	ALENYA	699197	6170918	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2009	8	Il n'y a pas assez de données pour effectuer un test de tendance de Mann-Kendall.	-9999.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10972X0056/F	ALENYA	698910	6171291	Conductiv.	01/09/2008	01/09/2018	16	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -10.4 µS/cm /an est détectée.	-10.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2011	959.0	840.4	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10972X0161/F2	ALENYA	698138	6171147	Conductiv.	26/06/2001	01/09/2018	50	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.927 µS/cm /an est détectée.	0.9	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	469.0	473.1	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10908X0002/F	BAHO	685487	6177697	Conductiv.	11/05/2004	12/10/2006	14	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10912X0082/PRECAT	BARCARES(LE)	701937	6186763	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	18	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0131/F2	BARCARES(LE)	703186	6191398	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2013	681.0	703.3	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0145/F1BIS	BARCARES(LE)	702472	6188611	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 34.1 µS/cm /an est détectée.	34.1	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10912X0123/PTT	BARCARES(LE)	702848	6189238	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 5.66 µS/cm /an est détectée.	5.7	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	485.3	537.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0128/CRXSUD	BARCARES(LE)	702224	6186371	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2016	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 262 µS/cm /an est détectée.	261.9	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	2267.5	4253.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0127/PERVAC	BARCARES(LE)	701686	6190379	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2016	18	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 4.47 µS/cm /an est détectée.	4.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2012	444.5	491.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0111/BAR4	BARCARES(LE)	703111	6187643	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2011	471.6	461.6	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0112/BAR3	BARCARES(LE)	703108	6187667	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10912X0057/F	BARCARES(LE)	702183	6186241	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -205 µS/cm /an est détectée.	-204.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	3115.0	1278.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0070/ESTANY	BARCARES(LE)	702890	6189548	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2016	16	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -112 µS/cm /an est détectée.	-112.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2011	1675.8	1028.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0068/COUDAL	BARCARES(LE)	701609	6190730	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2016	16	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10912X0096/SARDAN	BARCARES(LE)	703332	6192197	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0095/ARGONO	BARCARES(LE)	703335	6192508	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0103/ARMEN	BARCARES(LE)	701923	6186253	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 246 µS/cm /an est détectée.	246.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2012	821.8	2658.6	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0081/TOURRE	BARCARES(LE)	702064	6186312	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	1035.3	1236.1	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0080/OASIS	BARCARES(LE)	701936	6186573	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2014	596.8	651.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10912X0083/CALIFO	BARCARES(LE)	701815	6186474	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 12.5 µS/cm /an est détectée.	12.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2012	502.8	599.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10916X0012/F2	BOULETERNERE	666377	6172878	Conductiv.	18/08/2004	20/10/2015	14	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999	-9999	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10915X0333/F4	CABESTANY	695111	6175727	Conductiv.	23/09/2004	04/09/2017	14	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999	-9999	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10915X0170/F3	CABESTANY	695373	6175875	Conductiv.	13/04/2006	07/02/2018	12	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 13/04/2006	856.4	900.8	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10916X0076/PEYRET	CANET-EN-ROUSSILLON	699942	6177630	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0075/ESTANG	CANET-EN-ROUSSILLON	702435	6175257	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2009	765.0	872.7	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10916X0052/PEUPLI	CANET-EN-ROUSSILLON	702548	6178698	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -3.33 µS/cm /an est détectée.	-3.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2011	449.2	417.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0040/F	CANET-EN-ROUSSILLON	699649	6176273	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -84.6 µS/cm /an est détectée.	-84.6	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	2247.5	1372.1	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0054/TOUZAN	CANET-EN-ROUSSILLON	698556	6178322	Conductiv.	01/09/2007	01/09/2016	16	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 34.2 µS/cm /an est détectée.	34.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2011	1287.5	1459.5	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0016/111111	CANET-EN-ROUSSILLON	700219	6178528	Conductiv.	27/09/2004	27/09/2004	2	La chronique est stationnaire	-9999.0	Il y a trop peu de données pour appliquer un test de changement de moyenne.	-9999.0	-9999.0	L'autocorrélation des données n'a pas pu être testée.
10916X0037/F	CANET-EN-ROUSSILLON	699177	6178367	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	18	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 21.7 µS/cm /an est détectée.	21.7	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	949.0	1210.3	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0019/CERH-C	CANET-EN-ROUSSILLON	698307	6176071	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2009	8	Il n'y a pas assez de données pour effectuer un test de tendance de Mann-Kendall.	-9999.0	Il y a trop peu de données pour appliquer un test de changement de moyenne.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10916X0086/RIU	CANET-EN-ROUSSILLON	698026	6178386	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -22.6 µS/cm /an est détectée.	-22.6	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0074/F8	CANET-EN-ROUSSILLON	701911	6178227	Conductiv.	20/10/2005	01/09/2018	36	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 4.43 µS/cm /an est détectée.	4.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	562.6	600.9	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0090/PHARE	CANET-EN-ROUSSILLON	703113	6178694	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2016	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -14 µS/cm /an est détectée.	-14.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2009	617.5	502.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0065/F7	CANET-EN-ROUSSILLON	702502	6176118	Conductiv.	25/06/2001	29/11/2019	232	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 15/03/2017	554.8	576.0	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10916X0133/F4BIS	CANET-EN-ROUSSILLON	700616	6178758	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	34	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 5.45 µS/cm /an est détectée.	5.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2012	516.3	578.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0132/F1BIS	CANET-EN-ROUSSILLON	700230	6178540	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	34	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -2.32 µS/cm /an est détectée.	-2.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2011	761.8	745.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0138/6KEYE	CANET-EN-ROUSSILLON	698323	6176125	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10916X0117/F10	CANET-EN-ROUSSILLON	699802	6176390	Conductiv.	03/08/2004	01/09/2018	40	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.35 µS/cm /an est détectée.	1.4	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 19/03/2015	634.9	672.3	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10916X0103/F9	CANET-EN-ROUSSILLON	700193	6178783	Conductiv.	22/07/2004	01/09/2018	36	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.85 µS/cm /an est détectée.	1.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	538.9	561.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10911X0216/F2	CLAIRA	696113	6184438	Conductiv.	21/04/2005	02/11/2017	32	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 2.82 µS/cm /an est détectée.	2.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2009	588.7	613.9	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.

Modèle conceptuel du comportement de l'aquifère Plio-Quaternaire du Roussillon

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10971X0124/TECH1	ELNE	694549	6166811	Conductiv.	13/09/2005	03/05/2017	14	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10972X0181/ARMENG	ELNE	698274	6169384	Conductiv.	16/10/2000	26/11/2019	286	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -9.72 µS/cm /an est détectée.	-9.7186081	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 19/07/2010	584.043623	474.378378	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10972X0130/BARNIO	ELNE	698345	6167101	Conductiv.	16/10/2000	28/11/2019	272	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 07/07/2015	756.3	601.1	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10972X0138/F2	ELNE	697954	6165813	Conductiv.	23/03/2005	08/04/2015	24	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999	-9999	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10963X0023/FOURQ1	FOURQUES	681297	6164756	Conductiv.	08/06/2004	09/05/2012	10	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -4.84 µS/cm /an est détectée.	-4.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 20/11/2008	367.1	343.5	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10972X0182/RIOLS	LATOIR-BAS-ELNE	701823	6166362	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2013	14	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -24.5 µS/cm /an est détectée.	-24.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 01/09/2008	523.3	413.3	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10972X0145/AEP	LATOIR-BAS-ELNE	699862	6167659	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	32	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 4.2 µS/cm /an est détectée.	4.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 26/09/2012	364.0	412.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10972X0136/F3	LATOIR-BAS-ELNE	701055	6166619	Conductiv.	20/07/2004	02/03/2016	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10906X0036/C	MILLAS	673395	6167654	Conductiv.	20/07/2004	08/08/2017	26	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10906X0025/AEP	MILLAS	675013	6177382	Conductiv.	13/10/2005	23/11/2017	14	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 13/10/2005	250.9	259.5	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10971X0127/F4	MONTESCOT	692820	6168271	Conductiv.	22/07/2004	03/05/2017	18	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 4.16 µS/cm /an est détectée.	4.2	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 24/02/2009	462.4	502.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10971X0126/TECH3	MONTESCOT	693433	6167461	Conductiv.	01/06/2004	03/05/2017	18	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 30/03/2006	689.9	589.8	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10971X0128/TECH5	MONTESCOT	692984	6168976	Conductiv.	14/09/2004	14/05/2018	16	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 0.667 µS/cm /an est détectée.	0.7	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 18/03/2014	546.9	556.5	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10971X0022/F1	MONTESCOT	695076	6167688	Conductiv.	21/09/2006	03/05/2017	10	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10971X0125/TECH2	MONTESCOT	693830	6167057	Conductiv.	13/09/2005	15/06/2016	12	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 02/09/2010	524.3	507.7	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10971X0019/F	ORTAFFA	694548	6164218	Conductiv.	08/06/2004	03/08/2016	10	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -1.81 µS/cm /an est détectée.	-1.8	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 15/06/2009	296.6	278.3	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10908X0165/F1	PERPIGNAN	688617	6177341	Conductiv.	22/03/2005	13/02/2018	22	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 1.47 µS/cm /an est détectée.	1.5	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 12/03/2013	470.3	481.0	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10915X0095/111111	PERPIGNAN	691967	6178055	Conductiv.	22/05/2007	12/03/2013	6	Il n'y a pas assez de données pour effectuer un test de tendance de Mann-Kendall.	-9999.0	Il y a trop peu de données pour appliquer un test de changement de moyenne.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10915X0345/F	PERPIGNAN	692022	6175021	Conductiv.	22/03/2005	13/06/2017	12	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10915X0238/GIRAL	PERPIGNAN	691178	6179532	Conductiv.	22/03/2005	13/06/2017	16	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10904X0098/F3	PEYRESTORTES	687717	6183575	Conductiv.	11/05/2004	13/09/2017	16	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 28/03/2013	410.1	430.5	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.

CODE_BSS	COMMUNE	X_L93_M	Y_L93_M	NOM_PARAM	DATE_MIN	DATE_MAX	NB_ANALYSE	TENDANCE_Mann-Kendall	P_MK	TEST_Changement Moyenne	MOY_PRE	MOY_POST	TENDANCE_Mann-Kendall modifié
10907X0121/F1	PEZILLA-LA-RIVIERE	680679	6177365	Conductiv.	24/11/2004	10/04/2017	14	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 24/11/2004	286.5	303.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10907X0055/F	PEZILLA-LA-RIVIERE	682289	6177152	Conductiv.	22/03/2005	13/06/2017	12	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 04/04/2006	325.85	349.25	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10908X0004/F	PEZILLA-LA-RIVIERE	683173	6178706	Conductiv.	29/11/2005	15/03/2018	14	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 3.92 µS/cm /an est détectée.	3.9	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 29/03/2011	357.8	388.7	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10915X0315/F4	PIA	692518	6181305	Conductiv.	20/07/2004	29/11/2019	52	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 8.32 µS/cm /an est détectée.	8.3	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 28/02/2013	761.9	867.9	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée.
10964X0019/F	POLLESTRES	689114	6170680	Conductiv.	07/04/2005	26/09/2006	4	Il n'y a pas assez de données pour effectuer un test de tendance de Mann-Kendall.	-9999.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.
10971X0202/F3	POLLESTRES	690177	6171374	Conductiv.	13/05/2004	28/11/2019	108	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente 11.3 µS/cm /an est détectée.	11.2670495	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test non paramétrique de Pettitt est : 02/12/2015	845.209523	941	Un test de Mann-Kendall modifié a été appliqué. Une tendance significative est détectée.
10904X0070/F4	RIVESALTES	689382	6186454	Conductiv.	14/04/2005	15/06/2017	16	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Une tendance significative de pente -1.9 µS/cm /an est détectée.	-1.9	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 16/01/2013	576.0	554.5	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10972X0141/UDSIST	SAINT-CYPRIEN	702141	6168502	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2018	20	Un test de tendance de Mann-Kendall a été appliqué. Aucune tendance significative n'est détectée	0.0	Un changement de moyenne significatif a été détecté. La date de rupture, déterminée par le test paramétrique de Buishand est : 01/09/2011	271.0	264.2	Les données sont autocorrélées mais il n'y a pas suffisamment de données pour appliquer un test de Mann-Kendall modifié.
10972X0143/F2CCAS	SAINT-CYPRIEN	701720	6168516	Conductiv.	01/09/2006	01/09/2007	4	Il n'y a pas assez de données pour effectuer un test de tendance de Mann-Kendall.	-9999.0	Un test non paramétrique de Pettitt a été appliqué. Aucun changement de moyenne significatif n'a été détecté.	-9999.0	-9999.0	Les données ne sont pas autocorrélées. Le test de Mann-Kendall modifié n'a donc pas été appliqué.

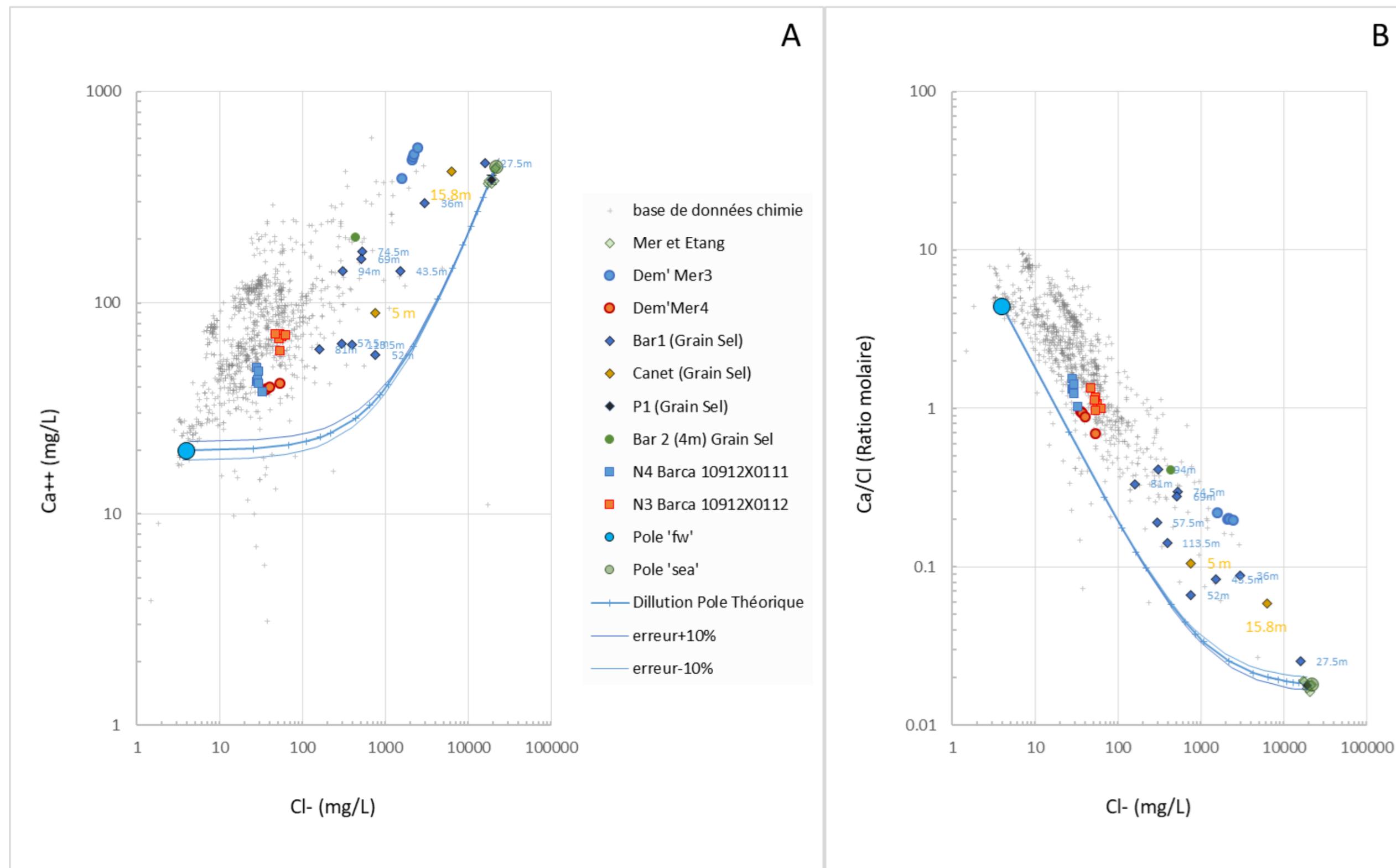


Figure A- 43. Evolution des teneurs en Calcium (Ca++) et du rapport molaire Ca/Cl des eaux du pliocène en fonction des concentrations en chlorures

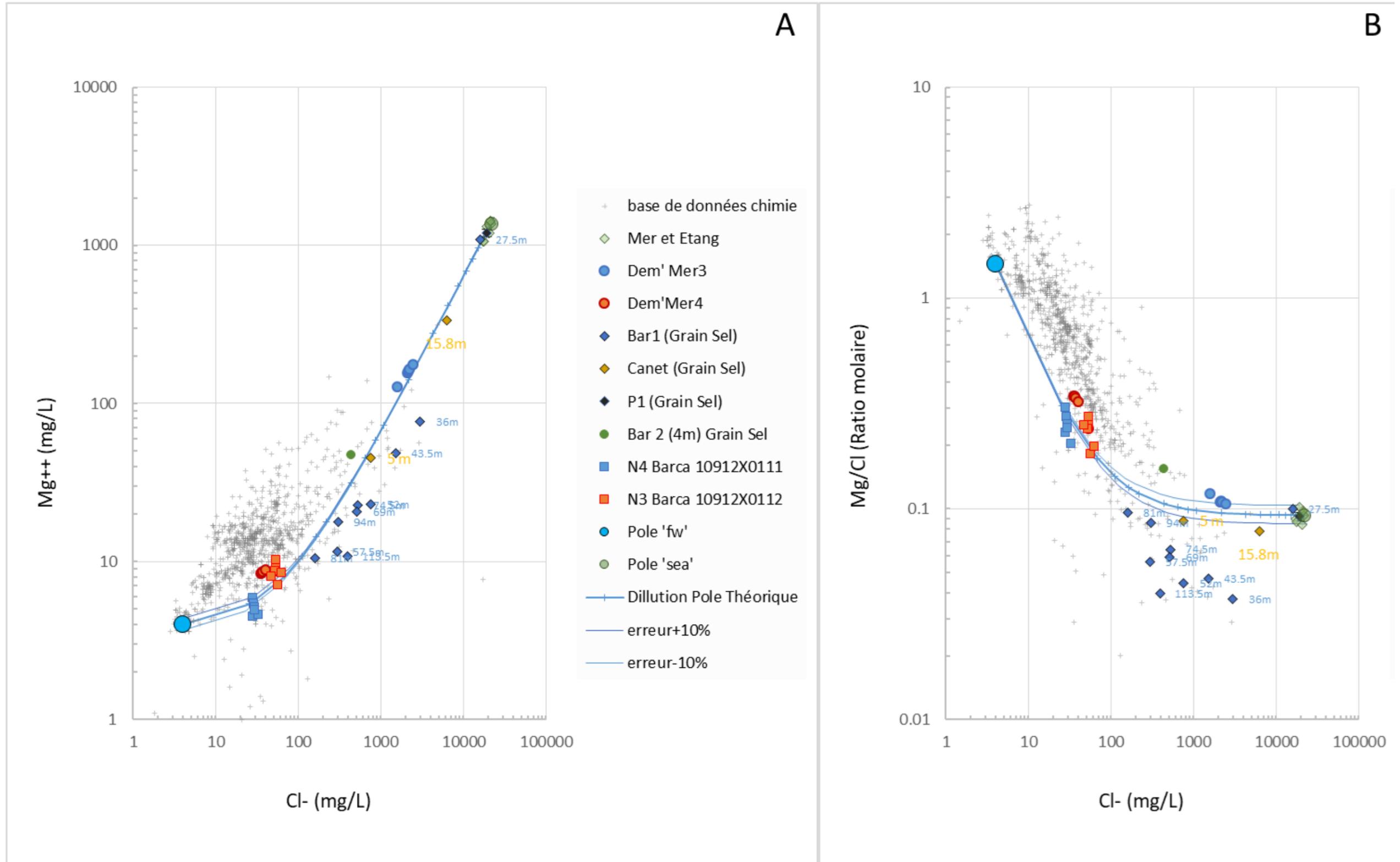


Figure A- 44. Evolution des teneurs en magnésium (Mg<sup>++</sup>) et du rapport molaire Mg/Cl des eaux du pliocène en fonction des concentrations en chlorures

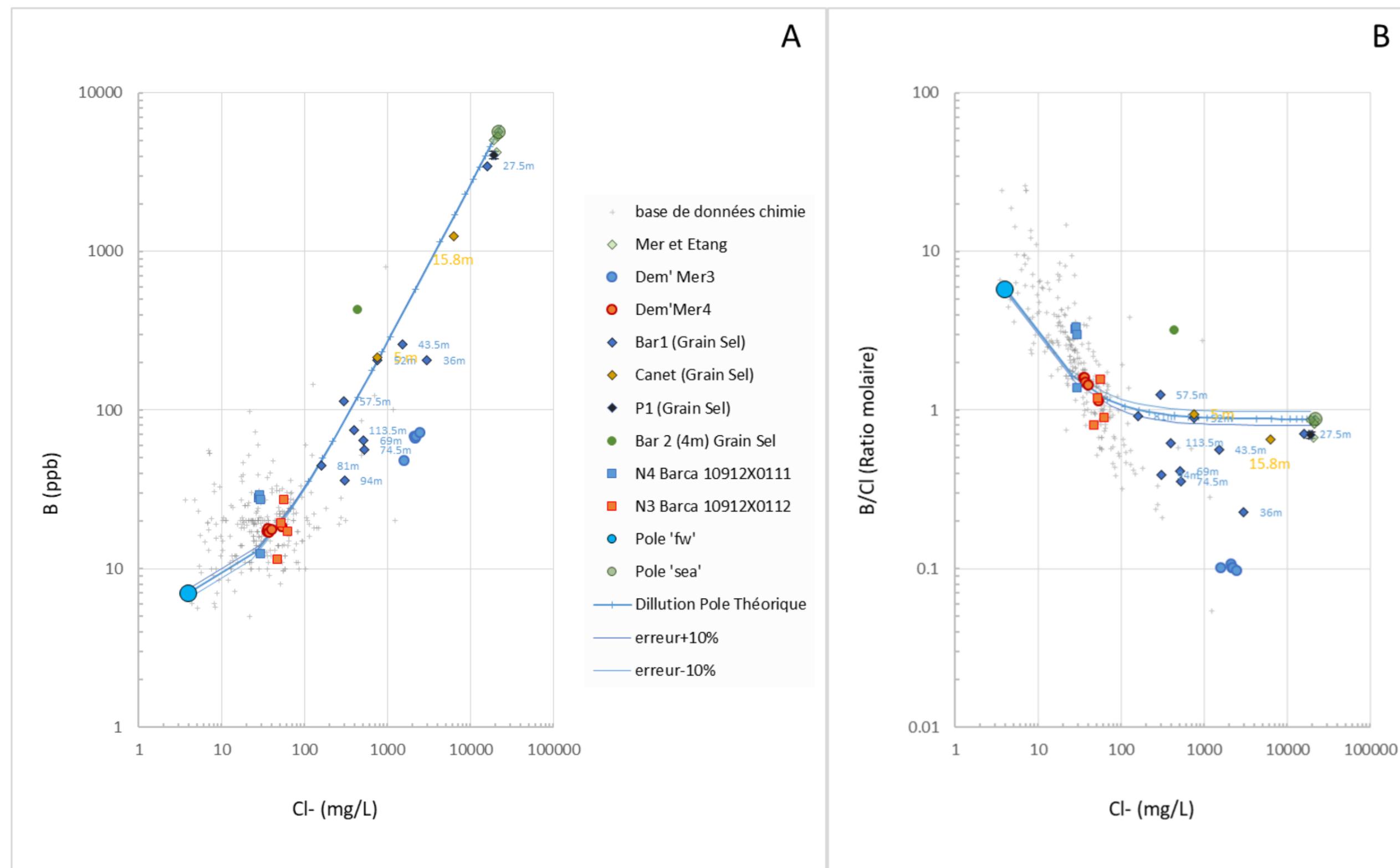


Figure A- 45. Evolution des teneurs en bore (B) et du rapport molaire B/Cl des eaux du pliocène en fonction des concentrations en chlorures

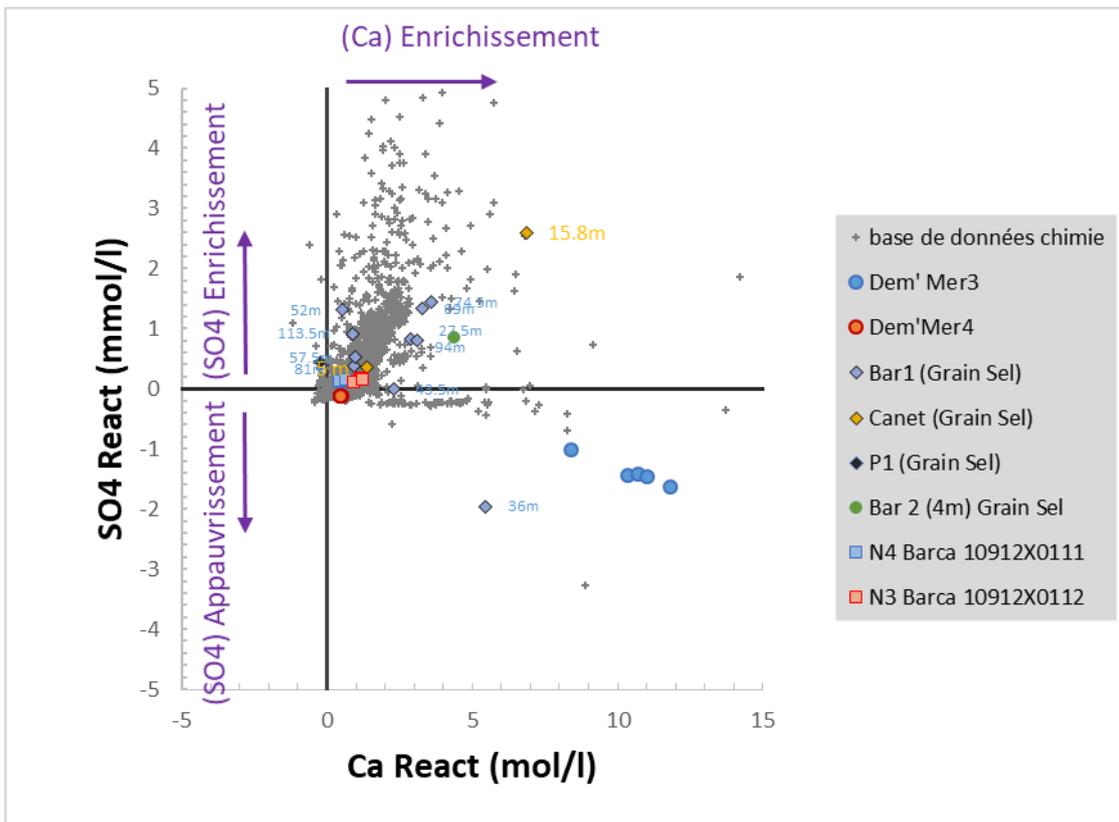


Figure A- 46. Evolution du taux de réactivité du sulfate (SO4-React) en fonction du taux de réactivité du calcium (Ca-Reac).



**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34 - [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

**Direction régionale Occitanie**  
1039, rue de Pinville  
34000 – Montpellier – France  
Tél. : 04 67 15 79 80