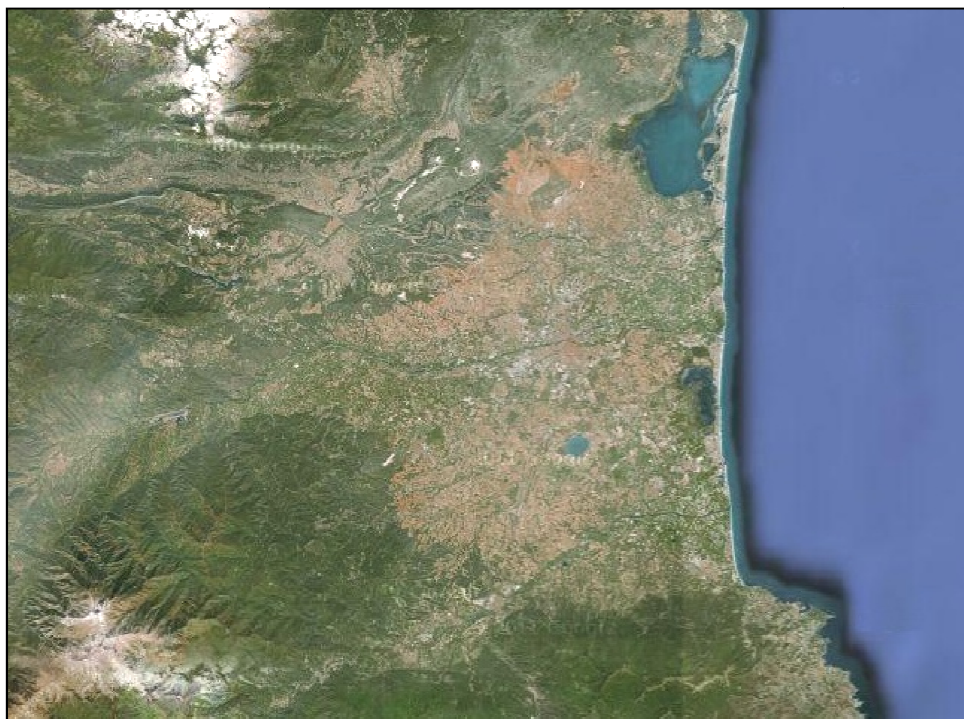




**Etude des volumes prélevables des nappes plio-quaternaires
de la plaine du Roussillon
Synthèse Phase 2 : Estimation des volumes prélevables**



Juin 2014

Etude réalisée par :



Avec l'appui financier de :



Etude des volumes prélevables des nappes plio-quadernaires de la plaine du Roussillon Synthèse de la Phase 2 : Estimation des volumes prélevables	1
--	---

Etude réalisée par :

HYDRIAD Eau & Environnement

443 Route de St Geniès
30730 SAINT BAUZELY
Tel : 04.66.02.44.45
contact@hydriad.com

Pour :

**Syndicat Mixte pour la Protection et la Gestion
des Nappes Souterraines de la Plaine du Roussillon**

Mas Mauran – Rue Frantz Reichel prolongée
66000 PERPIGNAN
Tel : 04.68.57.56.53
www.nappes-roussillon.fr

Avec l'appui financier de :

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse

2-4, allée de Lodz
69363 LYON Cédex 07
www.eaurmc.fr

TABLE DES MATIERES

1	Introduction	3
2	Etude des chroniques piézométriques	5
3	Proposition de secteurs homogènes et de piézomètres de référence	7
4	Détermination des niveaux piézométriques de référence	8
5	Réalisation des cartes piézométriques	10
6	Echanges par drainance entre nappes	19
7	Bilan hydrogéologique	20
8	Conclusion.....	22

1 Introduction

La plaine du Roussillon dispose actuellement de 23 piézomètres de référence (Figure 1) présentant des chroniques piézométriques plus ou moins longues. Cinq piézomètres suivent la nappe quaternaire et présentent tous des chroniques sur plus de dix ans. Dix-huit piézomètres suivent la nappe Pliocène, dont seize d'entre eux ont des chroniques sur plus de dix ans. Douze piézomètres - dont deux qui suivent la nappe quaternaire - ont des chroniques de plus de vingt ans.

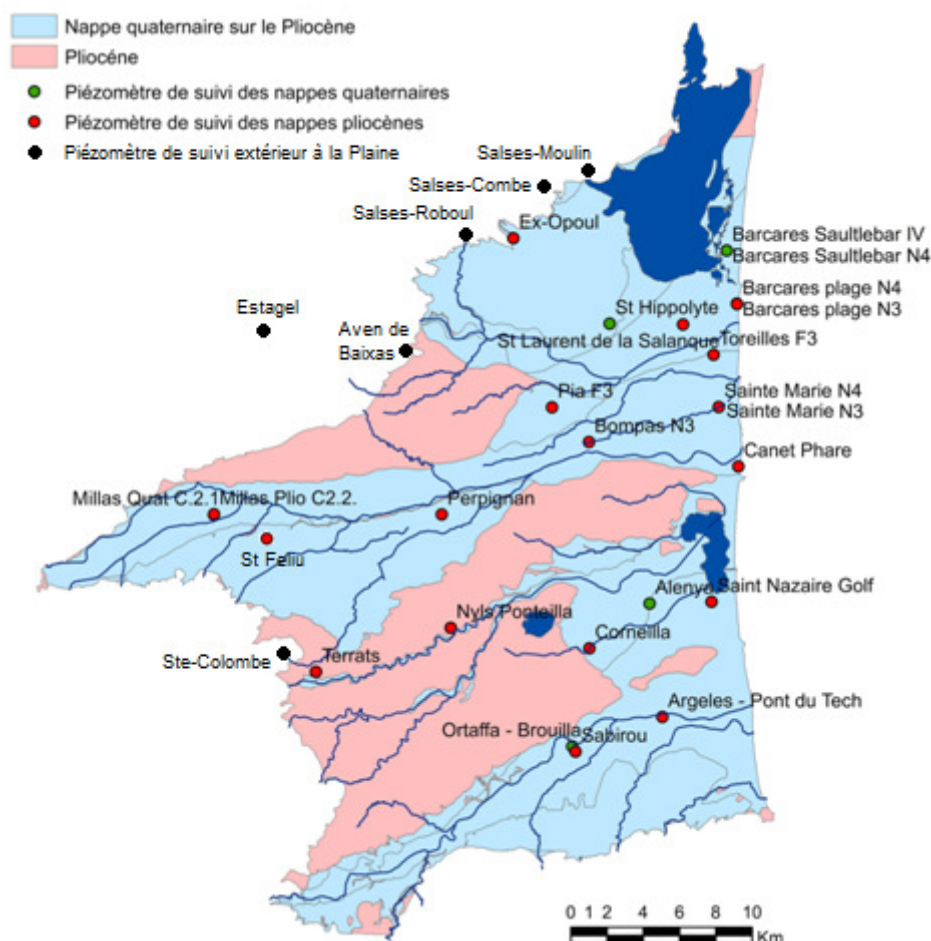


Figure 1 : Localisation des piézomètres assurant le suivi piézométrique des nappes de la Plaine du Roussillon

Une analyse des chroniques piézométriques a été réalisée afin d'identifier des secteurs homogènes de comportement piézométriques et les piézomètres représentatifs de l'état quantitatif des nappes et pouvant aider à quantifier les volumes prélevables des nappes. Les volumes prélevés ne doivent en effet pas entraîner une baisse interannuelle des niveaux d'eau.

Sur ces piézomètres de référence, un Niveau Piézométrique d'Alerte (NPA) et un Niveau Piézométrique de Crise Renforcée (NPCR) doivent être proposés. Le NPA est le niveau piézométrique de début de conflits d'usages et de premières limitations de pompage, garantissant le bon fonctionnement quantitatif de la nappe. Le NPCR est le niveau piézométrique où les prélèvements pour l'alimentation en eau potable et les prélèvements assurant la sécurité d'installations sensibles sont maintenus au minimum.

A l'échelle de la plaine du Roussillon, l'ensemble des nappes (pliocènes et quaternaires) a par ailleurs fait l'objet de cartographie piézométrique dans les années 1960-1970. Certaines d'entre elles comportent cependant des limites méthodologiques : relevés non synchrones, ouvrages pas toujours nivelés, densité insuffisante dans certains secteurs, méconnaissance de la nappe mesurée. Depuis les années 1990, des cartographies ont été effectuées localement pour des besoins spécifiques mais aucune à l'échelle de toute la plaine.

C'est pourquoi, cette étude visait la réalisation de nouvelles cartes piézométriques à l'échelle de toute la plaine, réalisées en période estivale et en période hivernale. Ces cartes devaient également appuyer le reste du travail (ex. calcul des flux, quantification des échanges) et de référence de l'état 2012-2013 des nappes.

Finalement, la dernière étape de l'étude consistait en l'appréciation des volumes prélevables dans les nappes plio-quaternaires de la Plaine du Roussillon. Les volumes prélevables sont les volumes d'eau qui peuvent être prélevés annuellement dans les nappes plio-quaternaires sans entraîner une baisse interannuelle des niveaux d'eau ni une dégradation de sa qualité (y compris par menace d'intrusion du biseau salé). Pour les nappes quaternaires, les volumes prélevables doivent également permettre d'assurer le bon état des eaux superficielles qu'elles alimentent.

Parmi les différentes approches pouvant être mises en œuvre pour apprécier les volumes prélevables sur la plaine du Roussillon, différentes méthodes ont été testées. Parmi celles-ci, seule l'approche basée sur la réalisation d'un bilan hydrogéologique des nappes de la plaine à l'échelle annuelle s'est avérée applicable et pertinente. Une approche de modélisation mathématique pourrait également être mise en œuvre comme par le passé, mais il a été jugé que les données actuellement disponibles pourraient être insuffisantes.

2 Etude des chroniques piézométriques

Afin de proposer (1) des secteurs de comportement piézométrique homogène, (2) des piézomètres représentatifs de leur état quantitatif et (3) des niveaux de références permettant de quantifier les volumes prélevables des nappes, une analyse des chroniques piézométriques disponibles a été réalisée. Cette analyse a compris trois volets :

- analyse inter-comparative des évolutions piézométriques des piézomètres voisins ;
- analyse comparative entre l'évolution piézométrique de chaque piézomètre et la recharge potentielle induite par les précipitations ;
- calcul des minima piézométriques pour différentes périodes de retour, devant servir à la définition des niveaux de gestion des nappes.

Les résultats obtenus des comparaisons des chroniques piézométriques prises deux à deux, complétés par ceux issus des comparaisons des variations piézométriques décennales, ont permis d'étudier les comportements piézométriques à l'échelle de la Plaine et d'en faire ressortir certains constats :

- Les piézomètres de la partie Nord de la Plaine montrent des évolutions très bien corrélées entre elles, hormis pour le piézomètre ex-Opoul qui paraît anachronique par rapport aux autres ouvrages du Pliocène, mais pas avec celui du Quaternaire de St-Hippolyte ;
- Le piézomètre de Pia présente un comportement également particulier, qui est en grande partie lié à une tendance (dérive) dont nous discuterons plus loin de la cause probable reliée aux modifications des prélèvements AEP sur la commune ;
- Il semblerait possible de considérer un comportement piézométrique homogène de la partie Nord de la Plaine ; étant donné que certains piézomètres de la bordure côtière Nord présentent en été des piézométries inférieures au niveau de la mer, il semblerait cependant pertinent de différencier la bordure côtière et l'intérieur des terres ;
- Dans cette partie Nord, il semblerait possible d'écarter le piézomètre d'ex-Opoul dont le comportement ne s'apparente pas à celui des autres piézomètres de la partie Nord de la Plaine du Roussillon ; de même le piézomètre de Pia qui présente un comportement particulier ne constitue pas un point de suivi représentatif de l'ensemble de la ressource pour ce secteur Nord ;
- Dans la vallée de la Têt, tous les piézomètres depuis St-Féliu d'Amont jusqu'à la côte sont très bien corrélés entre eux ;
- Seuls les piézomètres de Millas (par ailleurs très bien corrélés entre eux) se différencient par un décalage de six mois entre leurs comportements piézométriques et ceux des autres piézomètres ;
- Le piézomètre de Terrats présente une certaine corrélation avec Ponteilla lorsqu'on utilise les variations piézométriques, mais peu ou pas de corrélation avec les piézomètres de Millas, St-Féliu ou Perpignan ;
- Les piézomètres de la bordure Ouest de la Plaine, et partant de là les bordures Ouest elles-mêmes, ne semblent pas représentatifs du comportement moyen des nappes de la Plaine ; les importants

déphasages observés entre les évolutions piézométriques semblent indiqués que ces secteurs amonts Ouest sont peu connectés avec le reste des nappes de la Plaine ;

- Le suivi d'un des piézomètres de Millas se justifierait si le secteur de Millas devait être individualisé. Cependant, en regard de la taille de ce secteur débutant en amont de St-Félic, il serait nécessaire de réaliser un bilan détaillé, voire une modélisation, de ce secteur pour vérifier sa connexion avec l'aval et l'importance des éventuelles venues d'eau depuis les massifs périphériques ;
- Pour la partie Sud (vallée du Réart – les Aspres et vallée du Tech), les corrélations entre les variations piézométriques attestent de réactions piézométriques assez homogènes, même si cette homogénéité est bien moindre que celle observée pour la partie Nord de la Plaine.

Afin de vérifier l'existence manifeste de relations hydrauliques ou d'apports depuis les massifs périphériques, une analyse inter-comparative avec les piézomètres limitrophes de la Plaine a également été réalisée. Les piézomètres pris en compte (Figure 1) sont ceux de :

- Salses-Moulin (10795X0028) ;
- Salses-Combe (10795X0070) ;
- Salses-Roboul (10904X0105) ;
- Estagel (10903X0034) ;
- Baixas-Aven (10904X0104) ;
- Ste-Colombe (10963X0090) ;
- Collioure (10976X0058).

Les résultats montrent :

- une bonne à très bonne corrélation des piézomètres de Baixas-Aven et Estagel avec ceux de Bompas et Perpignan ; rappelons que Pia présente une dérive entravant la qualité de la comparaison ;
- une bonne comparaison des piézomètres de Salses avec les piézomètres d'Ex-Opoul et Barcarès-Saultlebar IV, mais faible à très faible avec les piézomètres du Pliocène ;
- rien n'est observable entre les évolutions piézométriques à Ste-Colombe et Terrats ;
- une corrélation moyenne du piézomètre de Collioure avec ceux d'Argelès-Pont du Tech, Ortaffa-Brouilla et Sabirou.

La seule connexion hydraulique statistiquement notable serait donc entre le karst des Corbières et la Plaine du Roussillon (axe Estagel, Baixas, Bompas, Perpignan).

La représentativité de chacun des piézomètres a aussi été étudiée en comparant l'évolution piézométrique de chaque piézomètre aux précipitations et à la recharge induite par les précipitations.

Pour la plupart des piézomètres, une bonne corrélation est obtenue entre les variations piézométriques et les précipitations et moindrement avec la recharge. Ceci indiquerait que la variation piézométrique est plus directement conditionnée par le transfert de pression induit par la précipitation que par le transfert d'eau correspondant à la recharge, ce qui est en grande partie le cas des nappes.

Les corrélations sont en général très bonnes pour les piézomètres du Quaternaire, mais également pour certains piézomètres du Pliocène (Bompas et Argelès). La corrélation est étonnamment meilleure pour le piézomètre de Millas-Pliocène que pour celui de Millas-Quaternaire, alors que le contraire aurait été attendu.

L'affectation d'un piézomètre à une nappe ou à l'autre pourrait donc être moins évidente que ne le laisse entrevoir la connaissance de la profondeur de l'ouvrage et des formations géologiques rencontrées. La complexité de la structure des formations aquifères semble donc influencer de manière notable la dynamique des évolutions piézométriques et donc la représentativité d'un piézomètre à l'égard d'une nappe ou de l'autre.

3 Proposition de secteurs homogènes et de piézomètres de référence

Suite à l'analyse des évolutions piézométriques des différents piézomètres de suivi existants, une sectorisation a été proposée. La Figure 2 présente les secteurs proposés, établis sur la base de l'analyse des chroniques piézométriques et sur la prise en compte des critères hydrologiques (bassin versant conditionnant les nappes quaternaires).

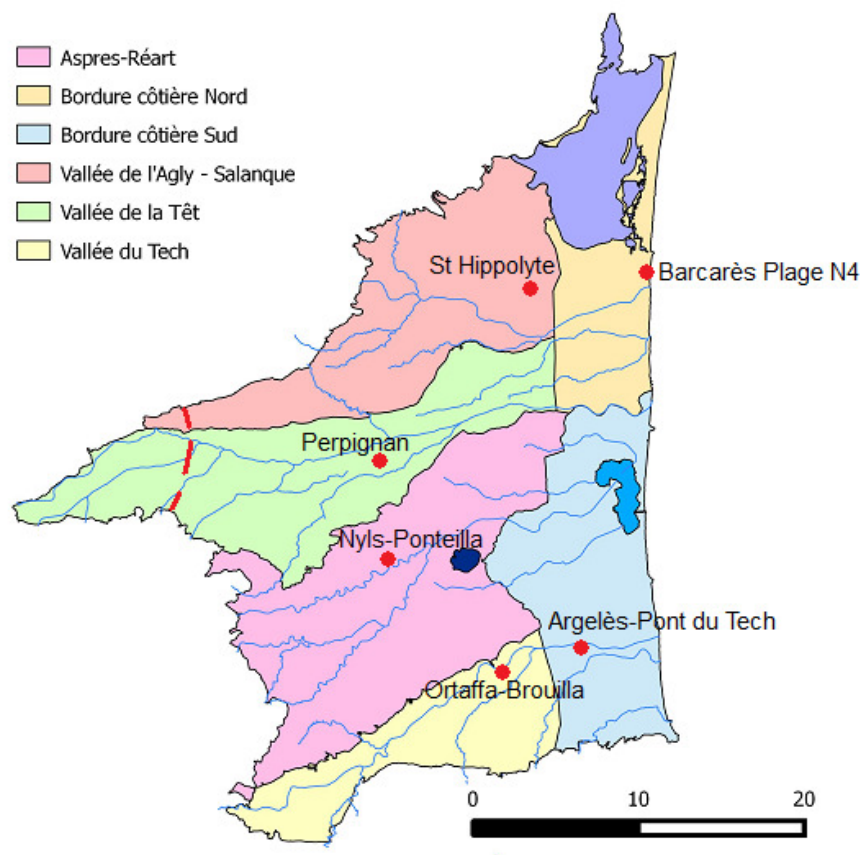


Figure 2 : Secteurs de comportements piézométriques homogènes

Sur la Têt amont, un petit secteur de bordure pourrait être individualisé autour des piézomètres de Millas qui présentent un important décalage temporel avec les chroniques des piézomètres situés en aval. On manque cependant de connaissance pour expliquer ce comportement et donc définir finement l'extension de ce secteur.

Dans le cas du Quaternaire, l'analyse statistique a généralement montré de bonnes corrélations entre les piézomètres du Quaternaire et du Pliocène. La comparaison visuelle des chroniques piézométriques a cependant

montré que la corrélation n'est pas parfaite dans le détail. Par ailleurs, tel que discuté à plusieurs reprises, les nappes quaternaires sont extrêmement morcelées et souvent déconnectées les unes des autres. Les nappes quaternaires ne doivent donc pas être vues comme continues même à l'échelle d'une même vallée, du fait de l'organisation des alluvions anciennes en terrasses.

Cela n'exclut cependant pas le fait qu'il puisse s'avérer pertinent d'envisager des secteurs de nappe quaternaire en regard de leur importance hydrogéologique et socio-économique. Ceci pourrait être le cas des alluvions récentes de la vallée de l'Agly, de la vallée de la Têt et de la vallée du Tech qui semblent en liaison hydraulique directe avec leur fleuve qui en constitue le drain principal des eaux souterraines.

Il ne nous semble par contre pas pertinent de considérer les terrasses, en particulier les plus anciennes, qui constituent des aquifères très morcelés et à faible inertie, et dont le comportement piézométrique est directement relié aux précipitations et à l'irrigation.

4 Détermination des niveaux piézométriques de référence

Dans l'optique d'une gestion quantitative des nappes de la Plaine du Roussillon, un Niveau Piézométrique d'Alerte (NPA) et un Niveau Piézométrique de Crise Renforcée (NPCR) doivent être proposés pour les différents secteurs de la plaine. Le NPA est le niveau piézométrique de début de conflits d'usages et de premières limitations de pompage, garantissant le bon fonctionnement quantitatif de la nappe. Le NPCR est le niveau piézométrique où les prélèvements pour l'alimentation en eau potable et les prélèvements assurant la sécurité d'installations sensibles sont maintenus au minimum.

L'Arrêté Cadre no 2010320-0029 définit les modes de gestion d'une sécheresse pour le département des Pyrénées-Orientales. Trois niveaux de références y sont définis :

- Niveau vert, de période de retour 3,5 ans, correspondant à un seuil de vigilance (mise en place d'une cellule sécheresse de veille) ;
- Niveau orange, de période de retour 5 ans, correspondant au seuil d'alerte (Comité Départemental Sécheresse, premier niveau de mesures de restrictions d'usages) ;
- Niveau rouge, de période de retour 8 ans (pourrait correspondre au déclenchement de la période de crise, avec des mesures de restrictions d'usages adaptées à la gravité).

Par souci d'homogénéisation des approches de gestion des ressources en eau souterraine sur la Plaine du Roussillon, les minima piézométriques par quinzaine des mêmes périodes de retour de 3,5, 5 et 8 ans ont été calculés pour les six piézomètres de référence proposés sur les chroniques des 10 dernières années (2004-2013).

Les niveaux piézométriques d'alerte (NPA) et les niveaux piézométriques de crise (NPCR) proposés à l'issue de cette étude correspondent respectivement aux piézométries calculées de période de retour 5 et 8 ans. Les piézométries de période de retour 3,5 ans correspondraient aux niveaux de vigilance si ceux-devaient être mis en place.

Pour la bordure côtière Nord où des niveaux piézométriques inférieurs au niveau de la mer sont observés durant l'été, il y aurait lieu de mener une étude spécifique sur les risques de drainance et d'intrusion d'eau salée qui pourraient être induits par cette drainance descendante.

Bordure côtière Nord : Piézomètre de Barcarès plage N4

	0-15 avril	16-30 avril	0-15 mai	16-31 mai	0-15 juin	16-30 juin	0-15 juil.	16-31 juil.	0-15 août	16-31 août	1-15 sept.	16-30 sept.
3,5 ans	1.44	1.38	1.26	1.19	1.11	0.97	0.76	0.47	0.20	-0.06	-0.07	0.03
5 ans	1.38	1.33	1.19	1.12	1.05	0.90	0.71	0.42	0.15	-0.11	-0.13	-0.03
8 ans	1.30	1.25	1.10	1.03	0.96	0.82	0.64	0.35	0.09	-0.19	-0.21	-0.11

Bordure côtière Sud : Piézomètre d'Argelès – Pont du Tech

	0-15 avril	16-30 avril	0-15 mai	16-31 mai	0-15 juin	16-30 juin	0-15 juil.	16-31 juil.	0-15 août	16-31 août	1-15 sept.	16-30 sept.
3,5 ans	8.09	8.08	8.04	7.99	7.93	7.79	7.56	7.31	7.09	6.95	6.98	7.08
5 ans	8.01	8.01	7.95	7.92	7.87	7.74	7.51	7.24	7.02	6.88	6.91	7.04
8 ans	7.92	7.93	7.85	7.83	7.80	7.68	7.44	7.16	6.92	6.79	6.84	6.98

Secteur Agly-Salanque : Piézomètre de Saint Hippolyte

	0-15 avril	16-30 avril	0-15 mai	16-31 mai	0-15 juin	16-30 juin	0-15 juil.	16-31 juil.	0-15 août	16-31 août	1-15 sept.	16-30 sept.
3,5 ans	2.30	2.30	2.29	2.28	2.23	2.16	2.07	1.99	1.91	1.84	1.79	1.77
5 ans	2.17	2.18	2.15	2.13	2.11	2.04	1.97	1.89	1.81	1.74	1.69	1.66
8 ans	2.01	2.02	1.98	1.95	1.95	1.90	1.83	1.76	1.69	1.61	1.56	1.53

Secteur de la Têt : Piézomètre de Perpignan

	0-15 avril	16-30 avril	0-15 mai	16-31 mai	0-15 juin	16-30 juin	0-15 juil.	16-31 juil.	0-15 août	16-31 août	1-15 sept.	16-30 sept.
3,5 ans	47.15	47.00	46.95	46.71	46.55	46.02	45.73	45.44	45.37	45.50	45.74	46.00
5 ans	47.01	46.85	46.79	46.59	46.45	45.86	45.56	45.24	45.15	45.33	45.64	45.92
8 ans	46.83	46.65	46.58	46.44	46.33	45.67	45.36	44.98	44.89	45.11	45.51	45.81

Secteur des Aspres : Piézomètre de Ponteilla-Nyls

	0-15 avril	16-30 avril	0-15 mai	16-31 mai	0-15 juin	16-30 juin	0-15 juil.	16-31 juil.	0-15 août	16-31 août	1-15 sept.	16-30 sept.
3,5 ans	55.04	55.08	55.11	55.11	55.04	54.93	54.77	54.57	54.43	54.35	54.29	54.25
5 ans	54.73	54.77	54.80	54.81	54.74	54.63	54.46	54.27	54.12	54.04	53.98	53.93
8 ans	54.34	54.37	54.42	54.43	54.37	54.25	54.08	53.90	53.74	53.66	53.60	53.54

Secteur du Tech : Piézomètre d'Ortaffa-Brouilla

	0-15 avril	16-30 avril	0-15 mai	16-31 mai	0-15 juin	16-30 juin	0-15 juil.	16-31 juil.	0-15 août	16-31 août	1-15 sept.	16-30 sept.
3,5 ans	24.12	24.14	24.17	24.18	24.19	24.15	24.12	24.04	23.98	23.98	23.97	23.97
5 ans	24.08	24.10	24.13	24.15	24.16	24.11	24.08	24.01	23.94	23.94	23.93	23.93
8 ans	24.04	24.05	24.07	24.10	24.13	24.06	24.03	23.96	23.89	23.89	23.89	23.89

5 Réalisation des cartes piézométriques

Les cartes piézométriques disponibles à l'échelle de la plaine remontant à plusieurs décennies, il s'est avéré requis de réaliser des nouvelles cartes piézométriques, représentative de la période estivale (Août 2012) et de la sortie de période hivernale (Avril 2013), et ce pour les trois systèmes des nappes (Pliocène profond, Pliocène de la Salanque, nappes quaternaires). De telles cartes fournissent des renseignements sur le comportement hydrodynamique des nappes et les fonctions du réservoir (directions d'écoulement, échanges s'effectuant en bordure des formations aquifères ou le long d'éléments caractéristiques de son environnement tels les réseaux hydrographiques, les canaux d'irrigation, la mer, etc.). Ces cartes doivent également servir au reste du travail (calcul des flux, quantification des échanges) et de référence de l'état 2012-2013 des nappes.

Les cartes piézométriques ont été réalisées avec une quarantaine de points de mesures pour le Pliocène profond, une dizaine de points pour le Pliocène de la Salanque et près de 80 points pour le Quaternaire. Les cartes obtenues sont présentées ci-après et les principaux enseignements qui en résultent par la suite.

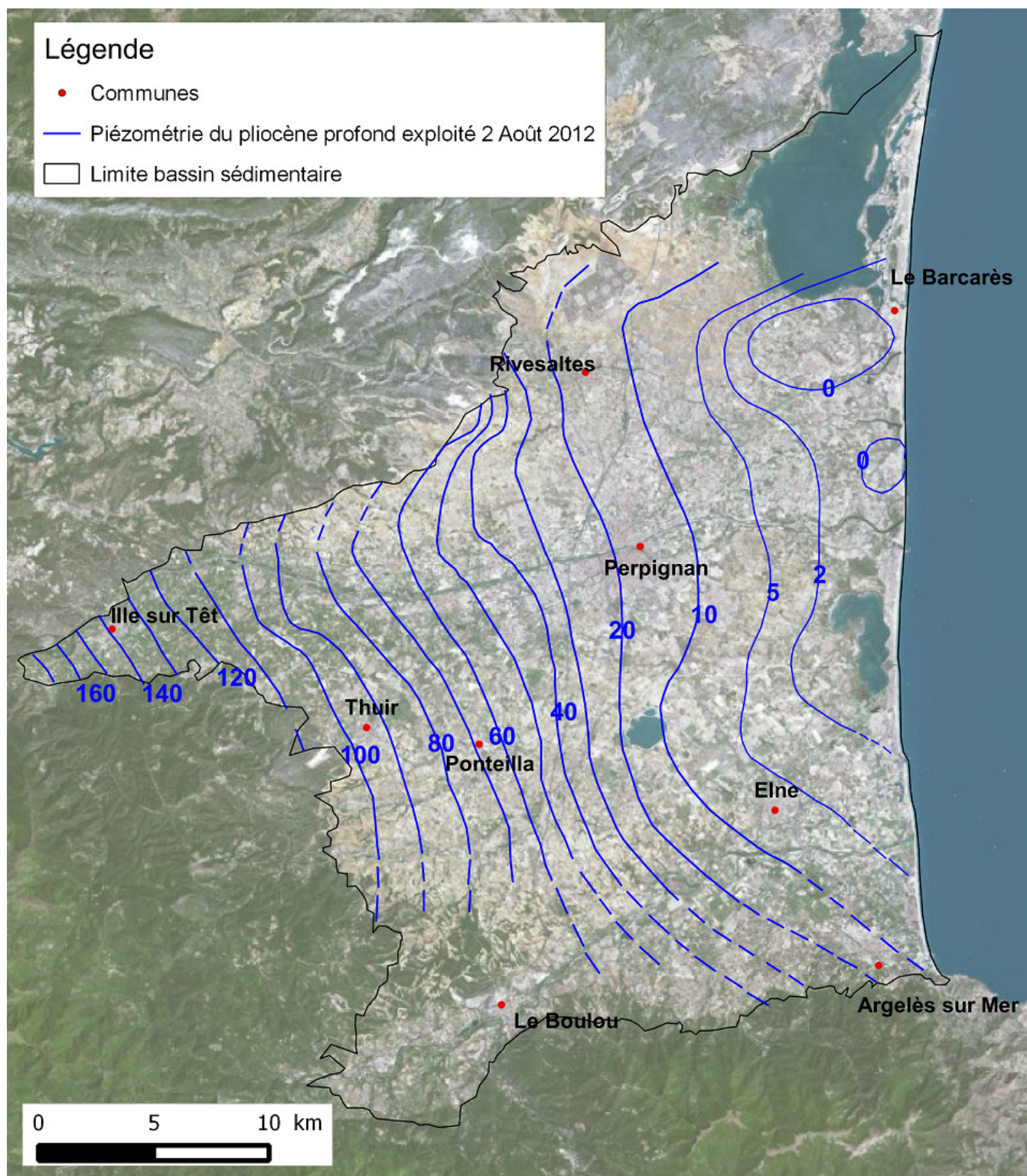


Figure 3 : Piézométrie du Pliocène profond d'Août 2012

La carte piézométrique du Pliocène profond d'Août 2012 montre la présence d'une vaste dépression piézométrique sur la bordure côtière Nord imputable à l'impact des importants prélèvements estivaux. Pour la

situation d'Avril 2013, cette dépression piézométrique semble absente. Dans le reste de la plaine, les piézométries d'Août 2012 et Avril 2013 ont globalement la même allure.

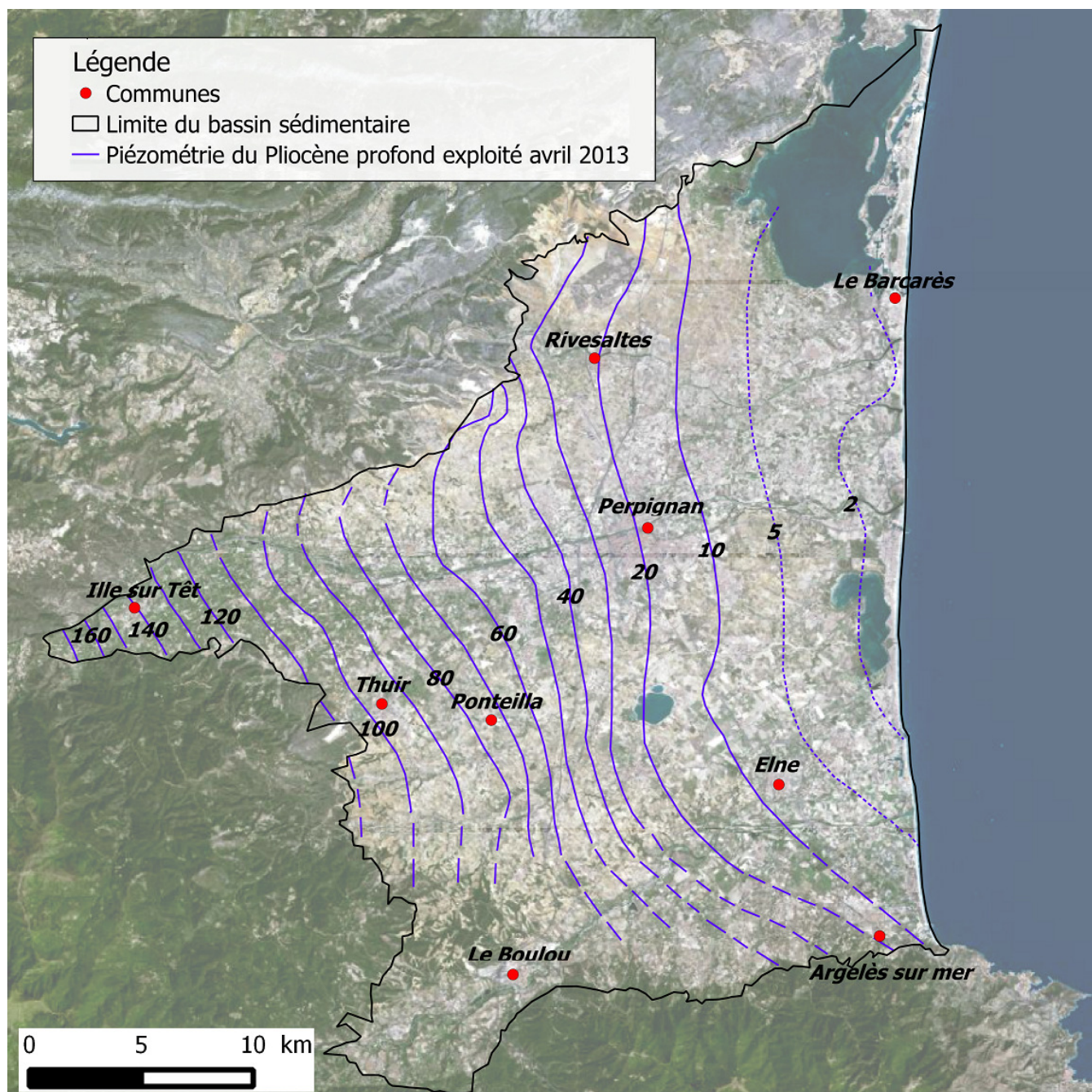


Figure 4 : Piézométrie du Pliocène profond d'Avril 2013

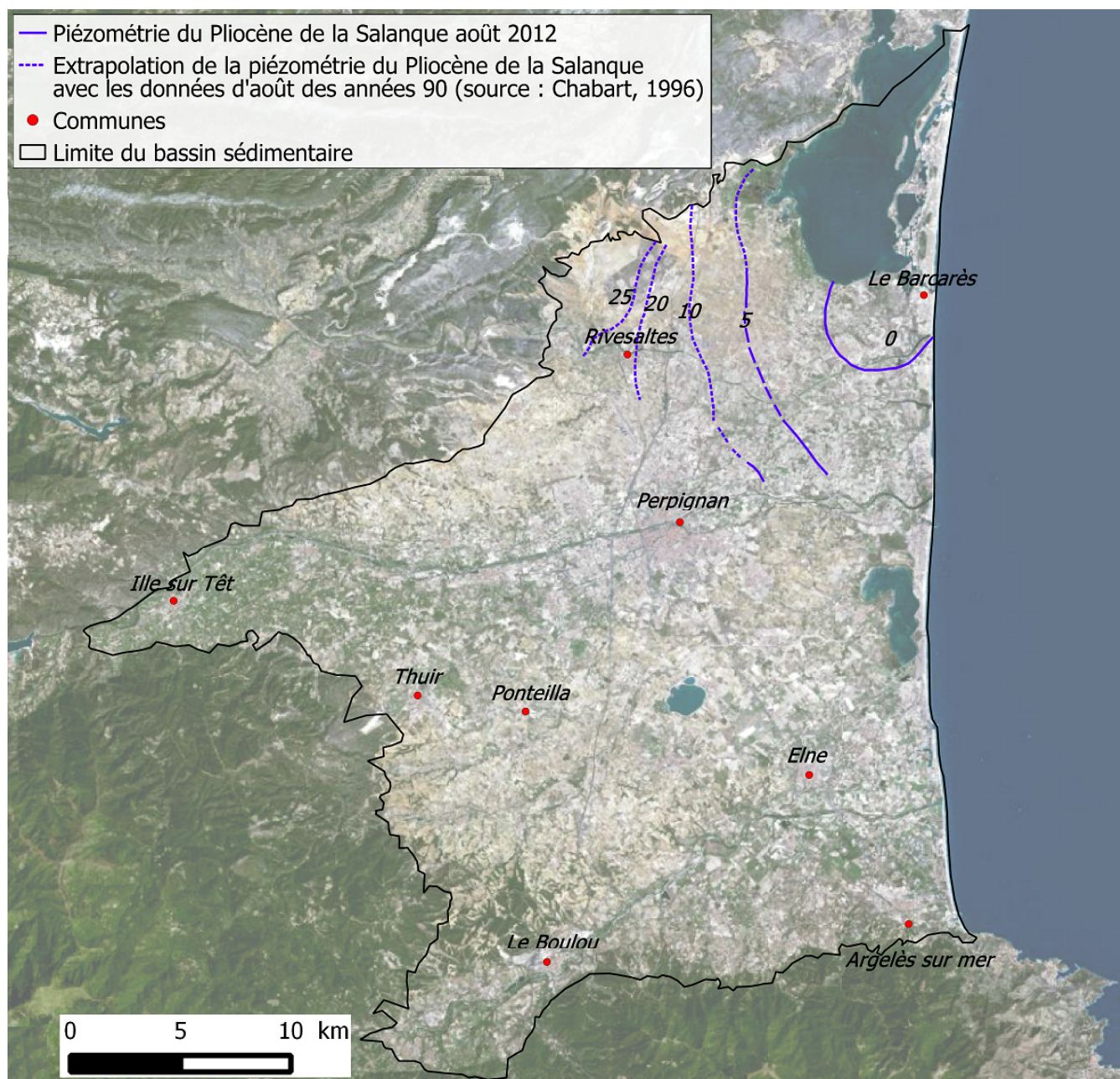


Figure 5 : Piézométrie du Pliocène de la Salanque d'Août 2012

Comme pour le Pliocène profond, la carte d'Août 2012 du Pliocène de la Salanque montre également une piézométrie inférieure à 0 m NGF sur la bordure côtière Nord. La carte piézométrique d'Avril 2013 ne montre pas de piézométrie inférieure à 0 m NGF et s'apparente dans sa globalité à celle du Pliocène profond.

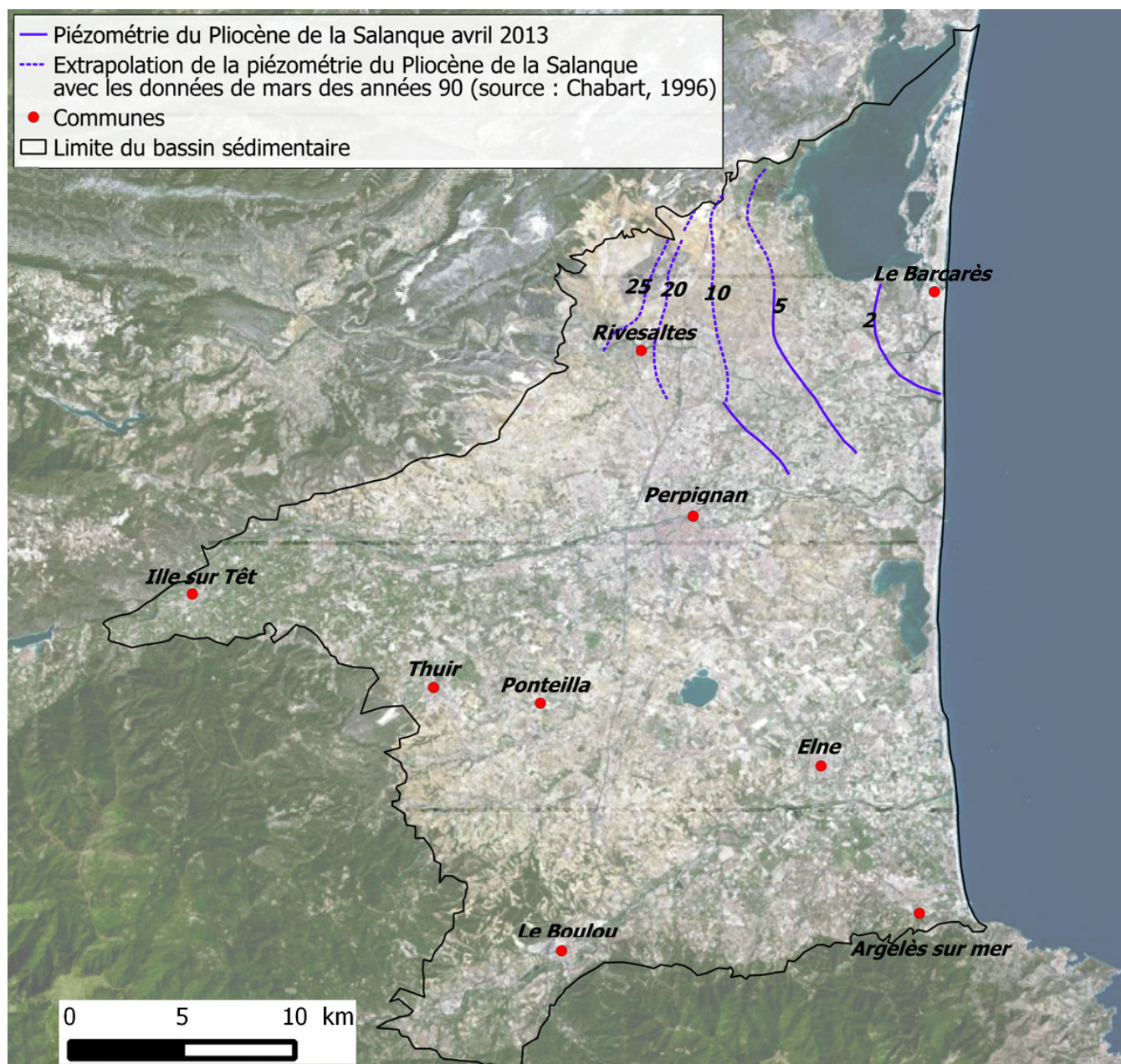


Figure 6 : Piézométrie du Pliocène de la Salanque d'Avril 2013

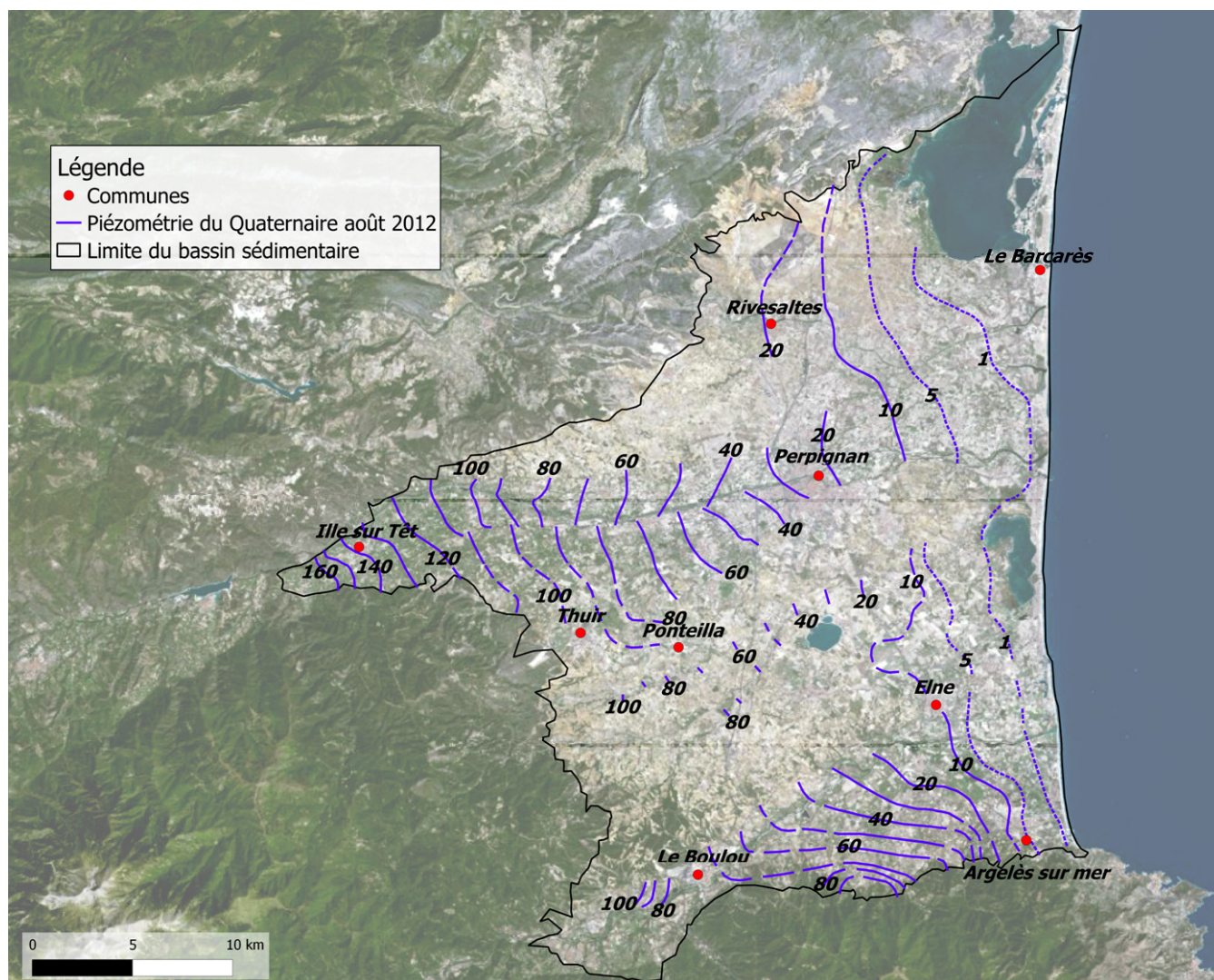


Figure 7 : Piézométrie du Quaternaire d'Août 2012

Pour le Quaternaire, la piézométrie est fortement impactée par la structure et l'âge des formations alluviales. Les formations anciennes du Quaternaire, qui constituent les terrasses surplombant les vallées actuelles, apparaissent en effet comme hydrauliquement déconnectées des alluvions récentes occupant le fond des vallées.

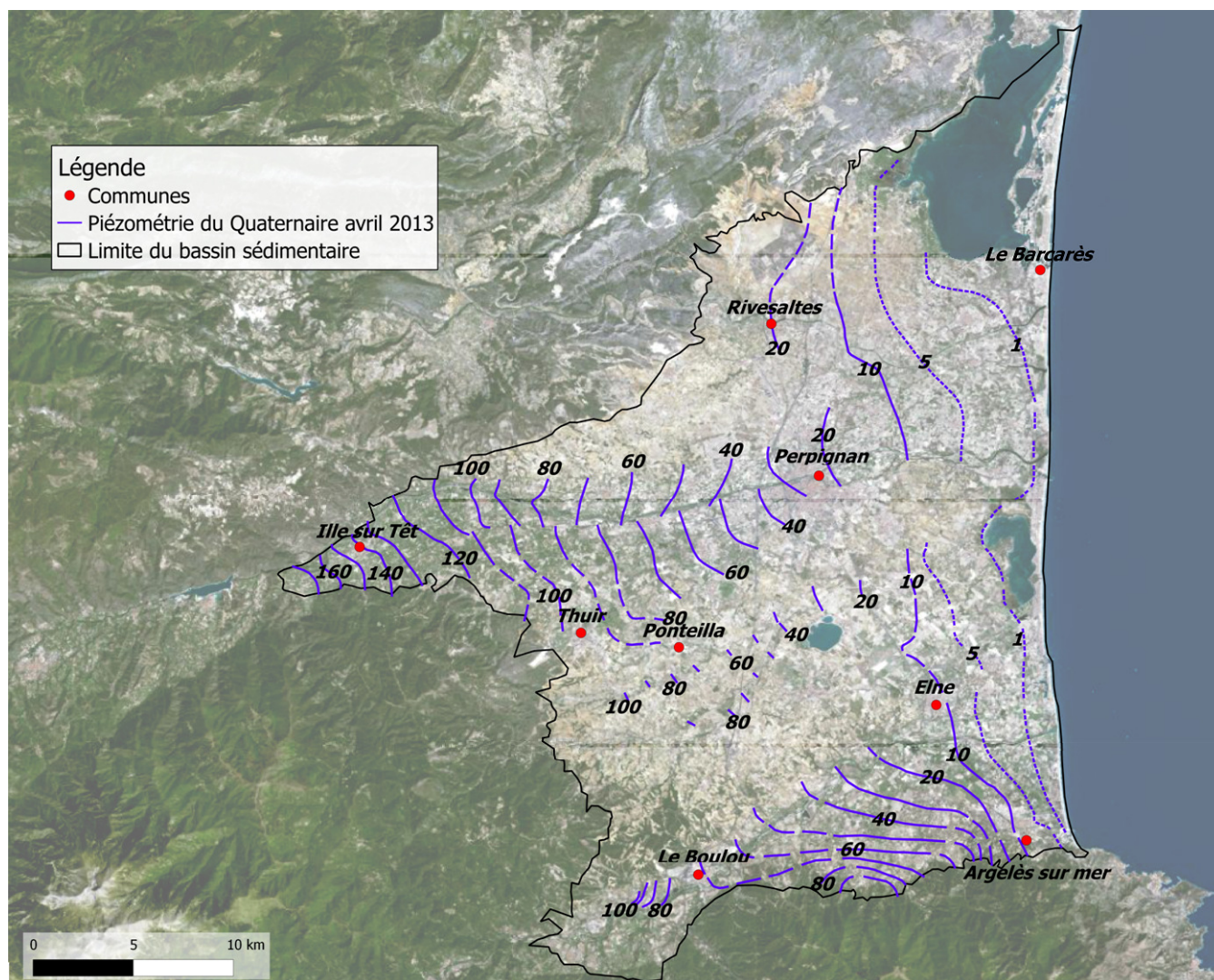


Figure 8 : Piézométrie du Quaternaire d'Avril 2013

Toutes les cartes piézométriques réalisées montrent une direction globale d'écoulement des eaux souterraines d'Ouest en Est, en direction de la Méditerranée, avec un rôle global peu marqué des fleuves. A l'échelle de la plaine, la piézométrie d'Août 2012 semble légèrement plus basse que celle d'Avril 2013, hormis dans la bordure côtière Nord où la baisse est très importante et où l'on observe l'apparition de la dépression piézométrique très marquée en Août 2012.

Localement, on note des directions d'écoulement des nappes Sud-Ouest / Nord-Est comme dans la vallée du Tech (St-Génis-des-Fontaines), dans la partie sud du Réart (Brouilla, Ortaffa, Banyuls-dels-Aspres, Fourques) ou dans la partie amont de la Têt (à hauteur de St-Félic-d'Avall et Thuir). Ces orientations semblent suggérer une alimentation des nappes par de l'eau provenant des massifs périphériques, soit de façon souterraine soit plus vraisemblablement par ruissellement. En Salanque (Salses-le-Château, St-Hippolyte, St-Laurent-de-la-Salanque), les écoulements orientés Nord-Ouest / Sud-Est semblent pouvoir résulter d'un apport d'eau depuis les Corbières.

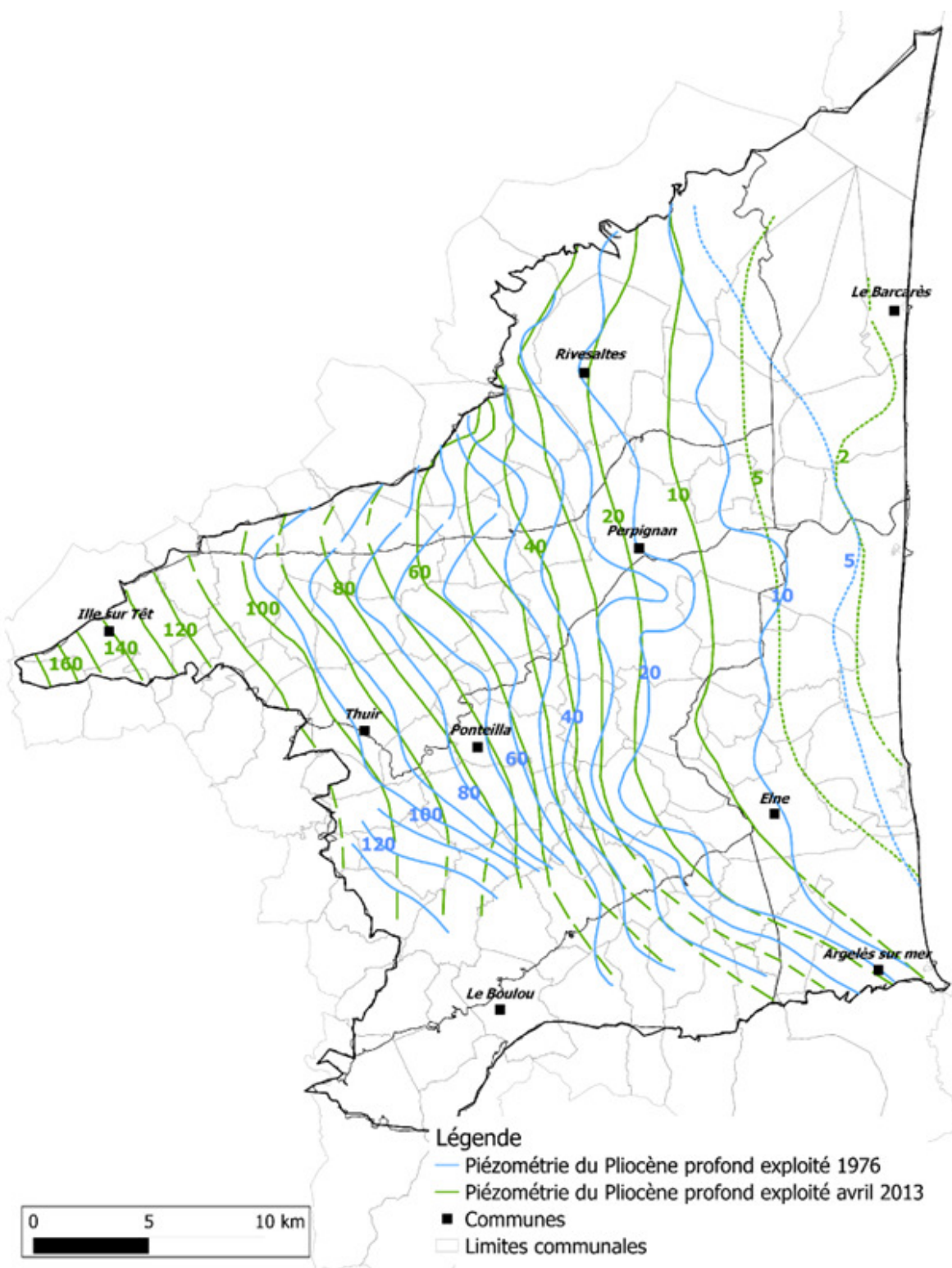


Figure 9 : Piézométries du Pliocène profond de 1976 et avril 2013

La comparaison des cartes piézométriques du Pliocène réalisées dans les années 1976 et 2013 montre que, de manière générale, la direction actuelle des écoulements est inchangée, c'est-à-dire d'Ouest en Est en direction de la Méditerranée. Une baisse piézométrique semble observable entre 1976 et 2013 sur l'ensemble de la plaine. Les bordures côtières sont les secteurs où s'observe la plus forte baisse du niveau piézométrique, en particulier

dans la bordure côtière Nord. Dans une moindre mesure, une baisse est observée en Salanque, plus légèrement dans la vallée de la Têt. Les secteurs de l'Agly, des Aspres et du Réart ne semblent pas avoir diminué, ou pas de façon très significative.

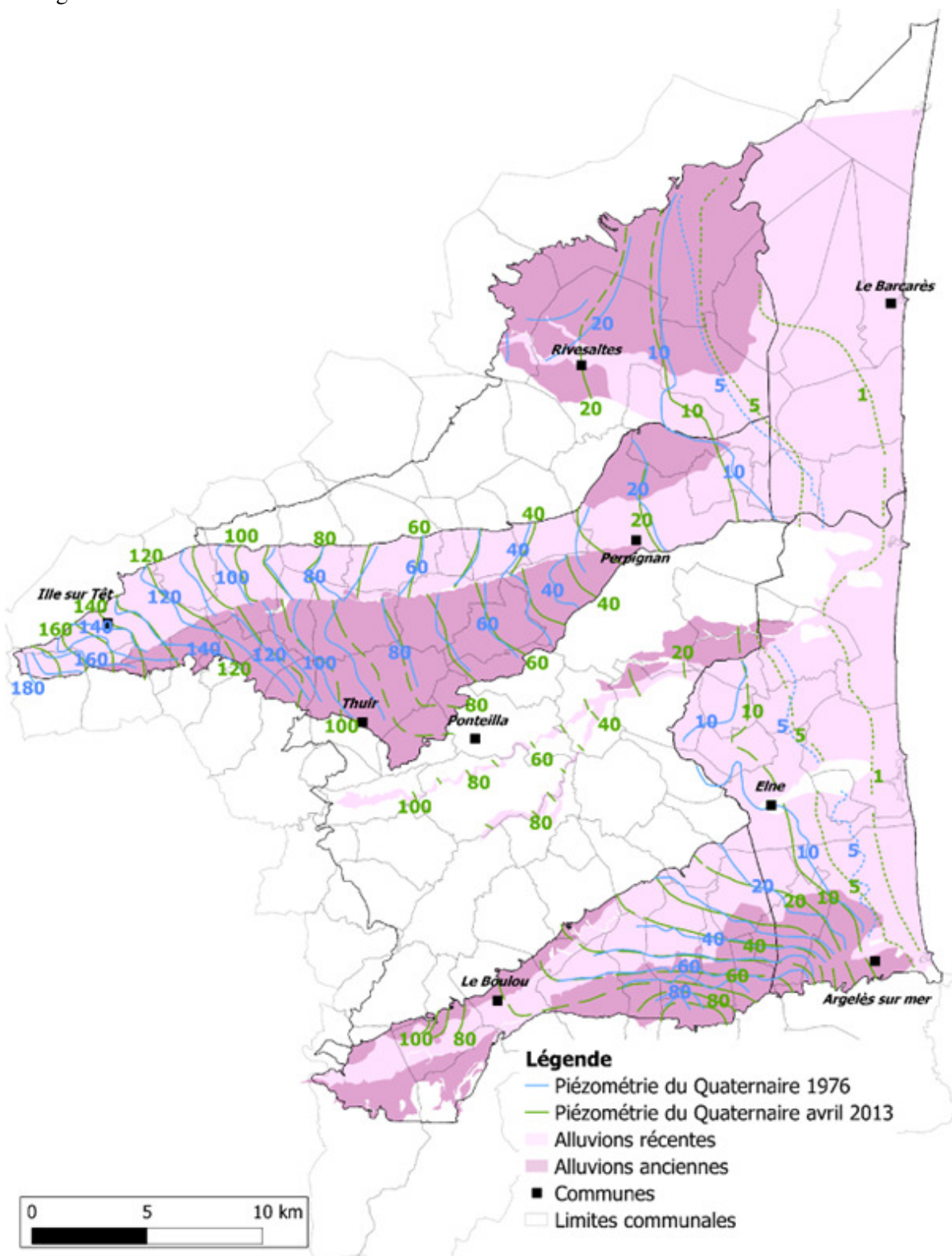


Figure 10 : Piézométries 1976 et 2013 du Quaternaire

Pour le Quaternaire, il est difficile de mettre en évidence une tendance. Celle-ci semble plutôt à la stabilité, avec quelques baisses localisées (partie aval du Tech), voire quelques hausses localisées. Ces variations faibles peuvent être liées aux imprécisions des cartes et des artefacts des cartes et sont donc de l'ordre de grandeur de l'incertitude de l'approche.

6 Echanges par drainance entre nappes

Du fait des différences piézométriques pouvant exister entre les nappes quaternaires et pliocènes, des échanges peuvent prendre place par drainance entre les niveaux aquifères. Durant la période hivernale, les échanges ont principalement lieu au profit du Pliocène dans les parties amont de la Plaine et au profit du Quaternaire dans les parties aval. Dans les zones côtières, cette drainance ascendante constitue la principale sortie naturelle des eaux souterraines des nappes pliocènes. En effet, du fait de la structure géologique, de la nature argileuse des épontes et du rapport de densité entre l'eau douce et l'eau de mer, peu d'eau douce semble sortir en mer. Les flux de drainance sont donc à l'échelle de la plaine au profit du Pliocène, et sont exacerbés par les prélèvements d'eau effectués par les captages situés dans le Pliocène.

En considérant une perméabilité de l'éponte semi-perméable de $2,5 \cdot 10^{-9}$ m/s et une épaisseur moyenne de 8 m, une différence moyenne de piézométrie de 5 m entraînerait un flux mensuel de $4050 \text{ m}^3/\text{km}^2$. La vitesse de transfert au travers de l'éponte serait quant à elle de 0.3 m/mois (considérant une porosité cinématique de 0.01). Durant les 3 ou 4 mois durant lesquels dure la drainance descendante, il n'y aurait donc pas traversée de l'éponte. La différence de charge étant positive le reste de l'année, la drainance ascendante inverse le sens d'écoulement au travers de l'éponte et permet à cette eau de refluer vers le haut.

Des échanges entre des niveaux de charges piézométriques différentes peuvent également avoir lieu par le biais de forages abandonnés mettant en relation deux niveaux aquifères. Les débits passant au travers d'un puits abandonné varient en fonction de la différence de piézométrie, des propriétés des niveaux aquifères et de l'ouvrage (diamètre, état du tubage) et peuvent être de l'ordre de quelques m^3/j . Une densité de quelques forages abandonnés par km^2 pourrait donc induire un flux mensuel du même ordre de grandeur que celui induit par la drainance au travers de l'éponte semi-perméable. Dans le cas des puits abandonnés, les vitesses de traversée au travers des puits seraient par contre plus rapides et les temps de traversée de l'ordre de la journée. Cet échange serait donc potentiellement plus impactant en termes de qualité.

Sur la Plaine du Roussillon, la drainance moyenne semble plutôt descendante, hormis sur la limite Nord du secteur Agly-Salanque, sur la frange littorale de la bordure côtière Sud et dans la partie amont de la Têt. Même si la période estivale de drainance descendante est plus courte que la période de drainance ascendante, les différences piézométriques entre le Quaternaire et le Pliocène sont considérablement plus importantes durant la période estivale que durant le reste de l'année. Il y a donc lieu de considérer un potentiel de drainance moyenne descendante dans ce secteur.

Les flux moyens de drainance calculés par la moyenne des flux de basses eaux et hautes eaux sont présentés au Tableau 1. Ces flux moyens ne sont vraisemblablement pas totalement représentatifs des flux annuels réels, mais permettent d'approcher l'importance des échanges par drainance.

Tableau 1 : Drainance verticale entre les nappes quaternaires et pliocènes

Drainance (Mm ³ /mois) entrant dans →	Août 2012		Avril 2013	
	Pliocène	Quaternaire	Pliocène	Quaternaire
Bordure côtière Nord	0.86			0.09
Vallée de l'Agly-Salanque	0.08			0.11
Vallée de la Têt	0.55		0.30	
Aspres-Réart	0.11		0.07	
Vallée du Tech	0.26		0.23	
Bordure côtière Sud	0.09		0.04	
Total	1.95	0.0	0.64	0.20

7 Bilan hydrogéologique

L'objectif du bilan hydrogéologique est de quantifier les entrées dans les nappes (recharge par les pluies efficaces, alimentation par l'irrigation, alimentation par les massifs périphériques, échange par drainance entre les nappes, alimentation des nappes par les rivières) et les sorties (eaux souterraines drainées par les fleuves, sorties en mer, prélèvements, échange par drainance entre les nappes). Ce bilan est réalisé sur un cycle hydrologique annuel moyen à l'échelle de la plaine pour les nappes pliocènes et pour les nappes quaternaires. Ce bilan s'appuie entre autres sur les données bibliographiques existantes : bilan réalisé par modélisation en 1982 par le BRGM, bilan hydrogéologique par modélisation réalisé en 1996 par Chabart, volumes prélevés estimés en Phase 1 du projet et données pluviométriques disponibles.

Pour que le système soit en équilibre, la somme des entrées devrait égaler celle des sorties.

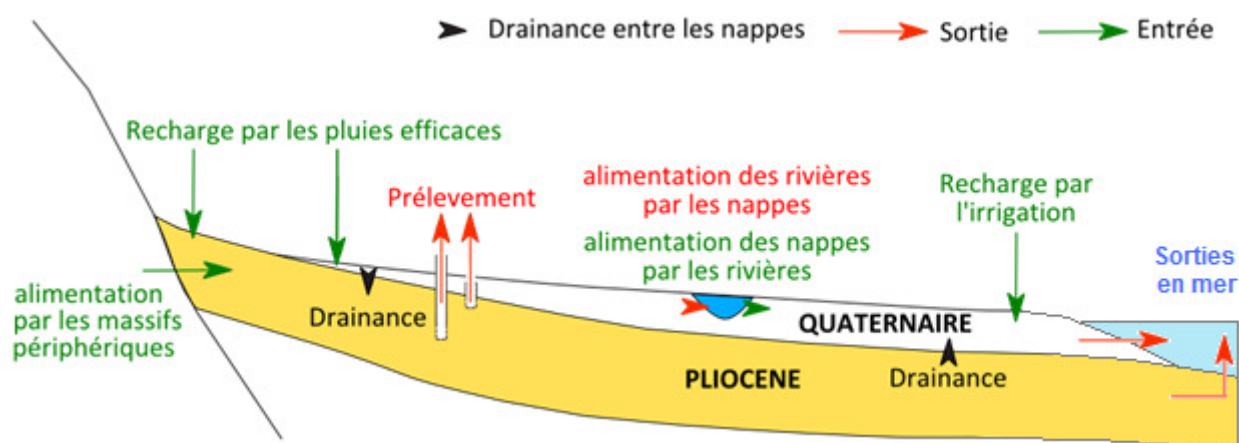


Figure 11 : Eléments du bilan hydrogéologique de la plaine du Roussillon

A l'aide des informations disponibles et de celles acquises dans le cadre du présent projet, une ébauche du bilan a été tentée (Tableau 2).

Tableau 2 : Bilan entrée/sortie des nappes pliocènes et quaternaires

	Termes du bilan en Mm ³ /an	Pliocène	Quaternaire	Global
Entrées	Massifs périphériques	?	?	17
	Eaux superficielles	?	?	> 12
	Irrigation		25	25
	Recharge par les pluies	21	42	63
	Drainance entre les nappes	19	< 1	
	Total des entrées			> 117
Sorties	Prélèvements	46	35	81
	Eaux drainées par les fleuves	?	?	> 13
	Sorties en milieu marin	1	22	23
	Drainance entre les nappes	< 1	19	
	Total des sorties			> 117

Les termes du bilan ne sont pas tous connus avec le même degré de précision. Les termes les moins bien renseignés sont surlignés en gris. Même si les autres termes (non surlignés en gris) sont mieux renseignés, ils sont cependant entachés d'incertitudes et de lacunes de connaissance. Nous allons donc discuter ci-après de chacun des termes du bilan et des incertitudes qui y sont rattachées.

Le tableau indique que 29 Mm³/an d'eau entrant dans le système plio-quaternaire (17 Mm³ pourraient provenir des massifs périphériques et 12 Mm³ de l'alimentation par les rivières) ne sont pas affectés à l'une ou l'autre des nappes. Les apports par les massifs périphériques semblent assez bien connus dans la mesure où l'étude sur le Karst des Corbières a permis d'évaluer ses apports à la Plaine du Roussillon et où les autres massifs périphériques semblent contribuer peu ou de façon bien moindre.

Les échanges entre les fleuves (notamment pour l'Agly et le Tech) sont pour l'heure méconnus et le bilan des échanges pour la Têt reste d'après BRL entaché d'imprécision.

Les apports par l'irrigation, même s'ils ne sont pas très bien évalués, semblent parmi les termes les mieux connus, du fait des différentes études qui les ont concernés. Ces flux concernent presque exclusivement le Quaternaire.

Les incertitudes concernant la recharge par les pluies sont principalement dues à la variabilité spatiale des conditions locales d'infiltration et de ruissellement et aux caractéristiques des sols. On peut penser que l'erreur locale due à ces incertitudes est importante, mais qu'elle se compense à l'échelle d'un secteur ou d'une nappe. Des incertitudes peuvent également résulter de la variabilité spatiale des pluies et de l'évapotranspiration. On peut estimer que l'incertitude sur la pluviométrie serait de $\pm 20\%$ (soit une fourchette de 40%) comme classiquement considéré dans ce type d'étude. La recharge par les pluies demeurent cependant l'un des paramètres les mieux connus à l'échelle de la plaine.

Les flux de drainance verticale entre les nappes ont été estimés à partir des cartes piézométriques estivale et printanière. Ces cartes sont représentatives de l'état des nappes en hautes et basses eaux. L'estimation des flux

de drainance a été calculée comme la moyenne des flux de ces deux états, ce qui n'est vraisemblablement pas représentatif du comportement moyen des nappes. Par ailleurs, les états piézométriques utilisés se réfèrent à une année plus pluvieuse qu'à l'accoutumée ce qui peut également fournir des flux de drainance non représentatifs d'une année climatique moyenne. Nonobstant ces remarques, les flux de drainance verticale semblent l'un des termes assez bien connus à l'échelle des secteurs.

Les prélèvements AEP (qui représentent les plus importants volumes prélevés) sont très bien connus. Les prélèvements agricoles et industriels qui font l'objet de déclaration sont assez bien connus. Les prélèvements domestiques ne sont pas connus et ont faits l'objet d'estimation. Les prélèvements sont donc dans leur globalité assez bien connus même si une amélioration de leur connaissance devra être faite.

Comme pour les entrées du bilan, les échanges entre les nappes et les cours d'eau sont très mal connus et devront faire l'objet d'une amélioration des connaissances.

Les sorties vers le milieu marin sont considérées bien connues puisqu'elles résultent des mesures piézométriques et des transmissivités mesurées par essai de pompage.

Les différentes incertitudes existant au niveau de la réalisation du bilan ne permettent pas de statuer sur l'équilibre ou le déséquilibre du bilan et donc du système plio-quaternaire.

8 Conclusion

La dernière étape de l'étude visait l'appréciation des volumes prélevables dans les nappes plio-quaternaires de la Plaine du Roussillon. Les volumes prélevables sont les volumes d'eau qui peuvent être prélevés annuellement dans les nappes plio-quaternaires sans entraîner une baisse interannuelle des niveaux d'eau ni une dégradation de sa qualité (y compris par la menace d'intrusion saline). Pour les nappes quaternaires, les volumes prélevables doivent également permettre d'assurer le bon état des eaux superficielles qu'elles alimentent.

Parmi les différentes approches qui existent pour apprécier les volumes prélevables, différentes méthodes ont été testées. Celle du bilan hydrogéologique est a priori la plus complète : l'objectif du bilan hydrogéologique est de quantifier les entrées d'eau dans les nappes quaternaires et pliocènes (recharge, apport par l'irrigation, apport par les massifs périphériques, échange par drainance entre les nappes) et les sorties (drainage par les fleuves, sorties en mer, prélèvements, échange par drainance entre les nappes). Ce bilan a été réalisé à l'échelle de la plaine, pour les nappes pliocènes et quaternaires séparément. Il s'est appuyé sur les données bibliographiques existantes, dont les différents bilans réalisés par modélisation depuis 1982, et sur les données acquises dans le cadre de cette étude. Nous disposons également pour ce bilan de l'estimation des prélèvements pour l'année 2010 réalisée en Phase 1 de l'étude. Ce bilan a permis d'estimer certains échanges (flux entre nappes, infiltration pluviométrique) avec des précisions variables. Cependant certains termes restent largement méconnus, en particulier les échanges entre cours d'eau et nappes. Au final la précision du bilan n'est pas suffisante pour statuer précisément sur l'équilibre ou le déséquilibre du bilan et donc du système plio-quaternaire.

La seule approche pertinente et objective s'avère donc l'étude des chroniques piézométriques. Ces chroniques sont en effet la signature directe de l'évolution quantitative des nappes.

Sur les dernières années, les constats suivants ressortent :

- Les déficits piézométriques saisonniers actuellement observés du fait de l'augmentation estivale des prélèvements, en particulier dans les secteurs de la Salanque et de la bordure côtière Nord, semblent se résorber durant la période hivernale suivante.
- Les déficits annuels observés en cas de baisse de la recharge sur une ou quelques années semblent également être récupérés lors des années pluviométriques normales et excédentaires.

La piézométrie semble donc montrer une certaine stabilisation interannuelle, contrairement aux trente années précédentes où l'évolution piézométrique montrait une tendance assez constante et généralisée à la baisse.

Malgré l'importance des prélèvements actuels, on ne constate qu'une légère détérioration localisée de la qualité des eaux du Pliocène dont la cause pourrait être l'existence d'ouvrages défectueux permettant l'entrée d'eau salée depuis le Quaternaire. Ceci nécessiterait de mettre en place une surveillance accrue des eaux du Pliocène de la bordure côtière Nord afin de s'assurer que ce phénomène ne s'amplifie pas.

De ces constats qualitatifs (équilibre précaire mais dégradation marquée non avérée), les volumes prélevables sur les nappes pliocènes correspondraient donc aux volumes actuellement prélevés qui sont de 46 Mm³/an, en se basant sur les chiffres collectés lors de la phase 1 de l'étude.

Concernant les nappes quaternaires, on ne constate pas d'évolution marquée de la piézométrie sur toute la durée des suivis disponibles.

Les captages qui prélèvent dans les nappes d'accompagnement des cours d'eau, c'est-à-dire dans les nappes des alluvions actuelles, exercent en fait leur prélèvement mais de façon indirecte dans les cours d'eau. Les délais d'écoulement mis en jeu dans ces nappes alluviales sont suffisamment courts pour ne pas différer de façon importante l'impact du prélèvement.

Les volumes prélevables dans les nappes d'accompagnement des cours d'eau correspondraient donc aux débits d'écoulement du système nappe – cours d'eau permettant le maintien des débits d'objectif d'étiage et de crise des cours d'eau en relation avec les débits biologiques.

Les prélèvements exercés dans les nappes des terrasses quaternaires (alluvions anciennes) ne constituent pas un prélèvement direct dans les cours d'eau mais un 'manque à gagner' pour les cours d'eau, dans la mesure où les eaux souterraines prélevées sur ces terrasses ne s'écouleront plus vers le corridor alluvial. Ainsi, tout prélèvement dans ces nappes des terrasses aura un impact quantitatif sur le cours d'eau, mais différé dans le temps, et ce jusqu'à plusieurs mois. Comme ces nappes des terrasses ne contiennent pas des volumes importants d'eau (nappes de faible épaisseur), elles peuvent être facilement surexploitées jusqu'à leur épuisement, mais également facilement reconstituées avec les recharges suivantes.

Concernant les nappes Pliocènes, les constats suivants ressortent :

- Les nappes pliocènes ont montré une baisse marquée et relativement constante durant trente ans. Les évolutions piézométriques des dernières années semblent cependant montrer une stabilisation à l'échelle interannuelle.

- Cette stabilisation à l'échelle interannuelle pourrait être due à une stabilisation des prélèvements : l'étude des chroniques piézométriques a montré pour le Pliocène que l'évolution des prélèvements donne sur le long terme la tendance de la chronique piézométrique (alors que d'une année sur l'autre, ce sont les conditions pluviométriques qui induisent les rapides variations observées à court terme). Une augmentation des prélèvements dans le Pliocène engendrerait donc à terme une baisse de la piézométrie, alors qu'une baisse des prélèvements permettrait à terme une remontée piézométrique.
- Nonobstant cette stabilisation interannuelle, certaines chroniques piézométriques du Pliocène montrent des baisses très marquées durant la période estivale du fait des prélèvements très importants qui s'y exercent. Parmi les secteurs homogènes définis précédemment, il s'agit principalement de la bordure côtière Nord et du secteur de la Salanque.
- Les baisses piézométriques saisonnières actuellement observées du fait de l'augmentation estivale des prélèvements, en particulier dans les secteurs de la Salanque et de la bordure côtière Nord, semblent se résorber durant la période hivernale suivante. Cependant, les déséquilibres locaux et courts imputables aux prélèvements estivaux pourraient favoriser sur la bordure côtière Nord une contamination saline, soit par drainance entre les nappes, soit par les ouvrages mal conçus ou abandonnés. Les calculs présentés dans le rapport sur les cartes piézométriques ont montré qu'il n'y avait a priori pas de traversée de l'éponte semi-perméable par les eaux salées, pour les paramètres moyens considérés. Très localement, les paramètres peuvent cependant être moins favorables et permettre l'intrusion d'eau salée. Il en est de même de la présence des puits abandonnés ou détériorés permettant une connexion directe entre le Quaternaire et le Pliocène.
- Pour le secteur de la bordure côtière Nord, il semble donc requis de préconiser une baisse des prélèvements estivaux afin de limiter le risque de détérioration de la ressource, dont les impacts se répercuteraient sur le long terme. Un suivi local renforcé des chlorures au droit des points problématiques devrait également y être réalisé conjointement.
- Sur le secteur des Aspres malgré la stabilisation observée ces dernières années, les fortes baisses observées au milieu des années 2000 met en évidence une fragilité particulière qui justifie une vigilance accrue.

En l'état des connaissances actuelles, il ne semble donc pas y avoir de marge pour une augmentation des prélèvements dans le Pliocène à l'échelle de la plaine. Les volumes prélevables dans le Pliocène correspondraient ainsi globalement aux volumes actuellement prélevés, puisque les évolutions piézométriques et le suivi des chlorures de ces dernières années ne montrent pas de déficit quantitatif ou qualitatif avéré. Les volumes prélevables seraient en conséquence les volumes prélevés estimés en phase 1 de l'étude et rappelés au Tableau 3.

Tableau 3 : Prélèvements annuels (Mm³) réalisés par secteur dans les nappes pliocènes tous usages confondus

Secteur	Pliocène
Bordure côtière Nord *	4.5
Vallée de l'Agly-Salanque	4.9
Vallée de la Têt	21.4
Aspres-Réart	8.1
Vallée du Tech	2.0
Bordure côtière Sud	5.4
Total	46.3

* vigilance particulière à avoir quant aux prélèvements estivaux et aux risques d'intrusion saline

Concernant les nappes quaternaires :

- Pour les nappes quaternaires, les suivis piézométriques ne montrent pas de baisse interannuelle sur le long terme : on ne constate pas d'évolution marquée de la piézométrie sur toute la durée des suivis disponibles. Hormis sur la bordure côtière, ceci pourrait résulter de la faible capacité de ces nappes, en particulier des nappes des terrasses qui peuvent presque totalement s'épuiser en basses eaux, mais peuvent facilement se reconstituer d'une année sur l'autre.
- L'exploitation de ces nappes quaternaires a cependant un impact direct ou indirect sur les cours d'eau. Les volumes prélevables dans les nappes d'accompagnement des cours d'eau correspondraient donc aux débits d'écoulement du système nappe – cours d'eau permettant le maintien des débits d'objectif d'étiage et de crise des cours d'eau en relation avec les débits biologiques. Comme les échanges avec ces cours d'eau sont mal connus, il n'est pas possible de statuer sur les prélèvements potentiels qui peuvent être exercés sur ces nappes quaternaires.