



**Syndicat Mixte
d'Etude et de
Travaux de l'Astien**



Rapport

Etude des relations hydrauliques entre la nappe astienne et la nappe alluviale de l'Hérault

Phase 3 : Quantification de ces échanges et
proposition de solutions d'optimisation de la
gestion des deux masses d'eau



Rapport n°A135547/version D – Juillet 2025

Projet suivi par Talita MÜLLER – 06.15.20.49.94 – talita.muller@anteagroup.fr

Antea Group
Parc d'Activité de l'Aéroport
180, impasse John Locke
34470PEROLS
www.anteagroup.fr/fr

Fiche signalétique

Etude des relations hydrauliques entre la nappe astienne et la nappe
alluviale de l'Hérault

Phase 3 : Quantification de ces échanges et proposition de solutions
d'optimisation de la gestion des deux masses d'eau

CLIENT	SITE
SMETA	St Thibéry/Florensac
1, rue de la Halle 34420 Portiragnes	
04 67 36 41 67 contact@smeta.fr www.astien.com	

RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet	Talita MÜLLER
Interlocuteur commercial	Jérôme LACROIX
Implantation chargée du suivi du projet	Implantation de Montpellier 04.67.15.91.10 secretariat.montpellier-fr@anteagroup.fr
Rapport n°	A135547
Version n°	Version D
Votre commande et date	GM/20/46 - 04/01/2021
Projet n°	LROP200296

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	RUIZ Nere	Ingénieur hydrogéologue	Juin 2025	
Approbation	MÜLLER Talita	Chef de projet	Juillet 2025	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	Avril 2025	65	0	Version initiale
B	Mai 2025	66	0	Intégration des remarques du SMETA et EPTB Fleuve Hérault
C	Juin 2025	67	0	Remarques COPIL
D	Juillet 2025	74	0	Intégration des remarques du SMETA et EPTB Fleuve Hérault

Sommaire

1.	Contexte et objectif	8
2.	Contexte géologique et hydrogéologique	9
2.1.	Localisation du secteur d'étude	9
2.2.	Pluviométrie	10
2.3.	Contexte géologique	12
2.3.1.	Les formations alluviales de la vallée de l'Hérault	12
2.3.2.	Le substratum des alluvions	13
2.4.	Contexte hydrogéologique	15
2.4.1.	Résumé général	15
2.4.2.	Caractéristiques hydrodynamiques	17
2.4.3.	Hydrographie	18
2.4.4.	Prélèvements	21
2.4.5.	Piézométrie de référence	25
2.4.6.	Modèle conceptuel	27
3.	Modélisation hydrogéologique	28
3.1.	Objectifs de la modélisation	28
3.2.	Construction du modèle	28
3.2.1.	Logiciel utilisé	28
3.2.2.	Géométrie du modèle	28
3.2.3.	Couches et zones de géométrie	30
3.2.4.	Conditions aux limites	34
3.2.5.	Prélèvements	39
3.3.	Calage du modèle	40
3.3.1.	Résultats du calage	41
3.3.2.	Paramètres issus du calage	48
3.4.	Bilan hydraulique de la nappe	50
3.4.1.	Bilan hydraulique global en régime permanent (étiage)	50
3.4.2.	Bilan en régime transitoire	50
4.	Simulations	59
4.1.	Simulation 1 : Hausse du niveau du seuil Bladier Ricard	59
4.1.1.	Présentation de la simulation	59
4.1.2.	Résultats de la simulation	59
4.2.	Simulation 2 : Incidence des prélèvements sur les débits de l'Hérault	62

4.2.1.	Présentation du contexte.....	62
4.2.2.	Objectif de la simulation	64
4.2.3.	Résultats.....	64
4.3.	Simulation 3. Impact du changement climatique	67
4.3.1.	Modification des conditions limites	68
4.3.2.	Résultats de la simulation	69
4.3.3.	Simulation supplémentaire changement climatique	71
5.	Incertitudes du modèle	73
6.	Conclusions.....	74

Table des figures

Figure 1 :	Localisation du secteur d'étude	9
Figure 2 :	Schéma de principe du bilan de Thornthwaite	10
Figure 3 :	Carte du zonage des réserves utiles en métropole.....	11
Figure 4 :	Recharge annuelle calculée - Bilan de Thornthwaite.....	11
Figure 5 :	Stratigraphie	14
Figure 6 :	Carte géologique	14
Figure 7 :	Zones d'échange entre la nappe de l'Astien et les alluvions de l'Hérault.....	16
Figure 8 :	Chroniques de débit de l'Hérault	18
Figure 9 :	Localisation des seuils sur l'Hérault (commune de Bessan).....	19
Figure 10 :	Suivi du niveau d'eau de l'Hérault en amont du seuil	20
Figure 11 :	Schéma de fonctionnement d'une nappe alimentée par un cours d'eau.....	20
Figure 12 :	Impact théorique d'un seuil sur la nappe et ses isopièzes.....	21
Figure 13 :	Prélèvements dans la nappe alluviale (source : AERMC / SBL)	22
Figure 14 :	Prélèvement hebdomadaire- Champ captant de Filliol (m^3 /semaine)	23
Figure 15 :	Prélèvements AEP mensuels dans la nappe de l'hérault (m^3 /mois)	23
Figure 16 :	Prélèvements dans la nappe de l'Astien en 2023 (source : SMETA)	24
Figure 17 :	Piézométrie interprétée de la nappe astienne (mNGF) en juillet 2023	25
Figure 18 :	Carte piézométrique interprétée de la nappe alluviale (mNGF) en juillet 2023	26
Figure 19 :	Modèle conceptuel.....	27
Figure 20 :	Périmètre du modèle	29
Figure 21 :	Détail du maillage du modèle au niveau du champ captant de Filliol (en bleu les mailles « rivière » ; les triangles correspondent aux puits du champ captant).....	30
Figure 22 :	Formations dans la première couche du modèle.....	31
Figure 23 :	Formations dans la deuxième couche du modèle.....	31
Figure 24 :	Formation dans la troisième couche du modèle.....	32
Figure 25 :	Topographie du modèle (m NGF).....	33
Figure 26 :	Altitude du substratum du modèle (m NGF).....	33
Figure 27 :	Vue 3D du modèle (exagération verticale).....	34
Figure 28 :	Limite à potentiel imposé dans la bordure sud du modèle	35
Figure 29 :	Limite à potentiel imposé dans la bordure ouest du modèle	36
Figure 30 :	Emplacement des piézomètres surveillant l'Astien	37
Figure 31 :	Prélèvements à l'intérieur de la zone modélisée	39
Figure 32 :	Calage en régime stationnaire - niveaux mesurés et simulés (Juillet 2023)	41
Figure 33 :	Nouveau doublet (niveaux simulés et observés)	42
Figure 34 :	Nouveau doublet (niveaux simulés et observés)	43

Figure 35 : Piézomètre 15 (niveaux simulés et observés)	43
Figure 36 : Piézomètre 15bis (niveaux simulés et observés)	44
Figure 37 : Piézomètre 1015X0104 (niveaux simulés et observés)	44
Figure 38 : Piézomètre 16 (niveaux simulés et observés)	45
Figure 39 : Piézomètre 10031 (niveaux simulés et observés)	45
Figure 40 : Puits 12 du champ captant Filliol (niveaux simulés et observés)	46
Figure 41 : Sonde dans le Hérault en amont de Bladier Ricard (niveaux simulés et observés)	46
Figure 42 : Ancien doublet - niveaux simulés	47
Figure 43 : Ancien doublet - niveaux observés	47
Figure 44 : Nouveau doublet - niveaux simulés (les isopièzes de l'Astien et des alluvions se superposent ; les écarts entre les deux sont inférieures à 1cm)	48
Figure 45 : Nouveau doublet - niveaux observés	48
Figure 46 : Perméabilité issue du calage	49
Figure 47 : Echanges dans la zone de contact	51
Figure 48 : Bilan global journalier des échanges entre les deux nappes (les valeurs positives correspondent à une alimentation nette de l'Astien, les valeurs négatives à une alimentation des alluvions et un déficit pour l'Astien)	52
Figure 49 : Echanges entre les deux nappes à travers de la couche d'argiles (m ³ /mois)	53
Figure 50 : Sens des échanges en juillet 2023 et en mars 2022	55
Figure 51 : Débit échangé entre les deux nappes le 10 juillet 2023. Les débits positifs (bleu) correspondent aux zones d'alimentation des alluvions par l'Astien. Le débit est donné en m ³ /h par maille du modèle (40 x 40m)	56
Figure 52 : Bilan mensuel des échanges entre l'Hérault et la nappe alluviale	57
Figure 53 : Zone d'appel du champ captant Filliol	58
Figure 54 : Piézométrie de la nappe alluviale à l'étiage après la hausse de 1m du seuil Bladier Ricard	60
Figure 55 : Recharge supplémentaire mensuelle pour l'Astien	60
Figure 56 : Echanges mensuels entre les deux nappes après la modification du seuil	61
Figure 57 : Débit de l'Hérault simulé en sortie du modèle	63
Figure 58 : Débits supplémentaires pour l'Hérault suite à l'arrêt total des prélèvements	64
Figure 59 : Arrêt total des prélèvements sur le champ captant de Filliol à Florensac - débits amont et aval de l'Hérault	65
Figure 60 : Débit supplémentaire pour l'Hérault à la suite d'une diminution des prélèvements à Filliol	66
Figure 61 : Débits calculés pour l'ensemble des simulations	67
Figure 62 : Variation piézométrique à l'horizon 2050 (alluvions)	70
Figure 63 : Variation piézométrique à l'horizon 2050 (Astien)	71

Table des tableaux

Tableau 1 : Paramètres hydrodynamiques	17
Tableau 2 : Volume annuel prélevé (m ³)	22
Tableau 3 : Bilan hydraulique du modèle en régime permanent	50
Tableau 4 : Echanges entre nappes - Bilan global pour l'Astien dans la zone de contact	51
Tableau 5 : Echanges entre nappes - bilan global pour l'Astien à l'extérieur de la zone de contact	53
Tableau 6 : Echanges entre nappes - bilan global pour l'Astien	53
Tableau 7 : Bilan hydraulique du champ captant en Juillet 2023	58
Tableau 8 : Bilan global pour l'Astien	62
Tableau 9 : Station Agde - Evolution du débit moyen et du débit décennal sec (en %) entre la période 1976-2005 et 2050	68
Tableau 10 : Baisses piézométriques à l'horizon 2050	69
Tableau 11 : Baisses piézométriques à l'horizon 2050 pour les deux simulations	72

1. Contexte et objectif

La nappe des sables astiens et la nappe alluviale de l'Hérault, situées sur les bordures de la Méditerranée, dans le département de l'Hérault, sont des ressources majeures pour l'eau potable de ce territoire. Toutes deux en déséquilibres quantitatifs, des SAGE et PGRE ont été mis en place sur ces masses d'eau, visant à résorber les déficits et permettre des gestions structurelles équilibrées de ces ressources en eau.

La nappe astienne est très sollicitée en raison de la qualité de son eau et de sa disponibilité physique sur l'ensemble de son emprise. La nappe alluviale de l'Hérault, quant à elle, est principalement sollicitée pour l'eau potable mais aussi pour l'irrigation.

Dans le secteur d'étude, de Saint-Thibéry à Bessan, ces deux aquifères sont supposés en contact, donc potentiellement en continuité hydraulique mais de nombreuses incertitudes persistent, rendant difficile une gestion conjointe et optimisée de ces ressources.

C'est pourquoi, le SMETA et l'EPTB Fleuve Hérault ont mandaté Antea Group pour étudier les relations hydrauliques entre la nappe astienne et la nappe alluviale de l'Hérault.

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Déterminer et quantifier les échanges entre la nappe alluviale de l'Hérault et la nappe Astienne ;
- Proposer des solutions d'optimisation de la gestion conjointe de ces deux ressources.

L'étude se décompose en 3 phases :

- **Phase 1** : Délimitation et caractérisation de la zone de contact entre les sables astiens et la nappe alluviale de l'Hérault :
 - Etape 1 : Etude approfondie du contexte géologique pour la délimitation de la zone de contact ;
 - Etape 2 : Création d'un doublet de piézomètres nappe astienne/nappe alluviale ;
 - Etape 3 : Suivi piézométrique en continu sur 1 an au droit de chacun des ouvrages du doublet.
- **Phase 2** : Qualification des échanges nappe astienne/nappe alluviale de l'Hérault.
- **Phase 3** : Quantification de ces échanges et proposition de solutions d'optimisation de la gestion des deux masses d'eau.

Le présent document constitue le rapport de phase 3.

Cette phase a pour objectif de réaliser une modélisation hydrogéologique du secteur d'étude afin de quantifier les échanges d'eau existants entre la nappe astienne, la nappe alluviale et l'Hérault. Le modèle pourra être utilisé pour évaluer des différentes solutions d'optimisation de la gestion des deux masses d'eau.

2. Contexte géologique et hydrogéologique

Le contexte géologique et hydrogéologique de la zone d'étude a été développé dans les rapports des phases 1 et 2 de l'étude (cf. rapport ANTEA A112354et A119528). Les paragraphes suivants constituent un résumé.

2.1. Localisation du secteur d'étude

Le périmètre d'étude défini au démarrage de l'étude est localisé au sud-ouest du département de l'Hérault, sur les communes de Saint-Thibéry, Florensac, Bessan, Agde et Vias. Ce périmètre correspond à l'extension des alluvions de l'Hérault. Il est borné au nord par la limite de la nappe astienne. La limite sud a été tracée à proximité du canal du midi, dans un secteur où les alluvions de l'Hérault et la nappe astienne ne sont plus en contact avéré. Le périmètre de l'étude a été élargi à la partie aval des alluvions de la Thongue.

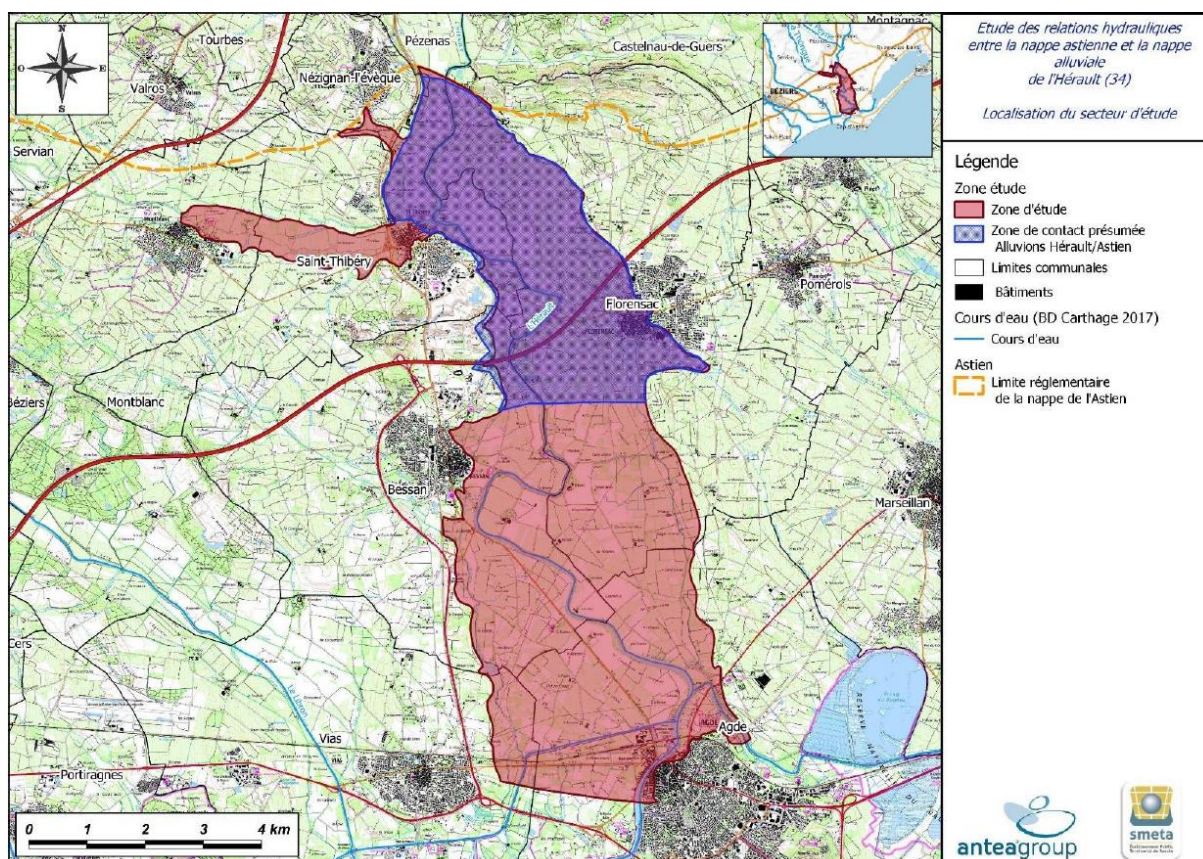


Figure 1 : Localisation du secteur d'étude

2.2. Pluviométrie

Afin de calculer la recharge de la nappe, c'est-à-dire, la part des précipitations rejoignant la nappe, un bilan de Thornthwaite à pas de temps journalier a été réalisé pour la période de référence sur les années 2004 à 2023. La pluviométrie et l'ETP ont été obtenues à la station Météofrance de Pézenas. Le schéma de principe de ce bilan est présenté ci-dessous :

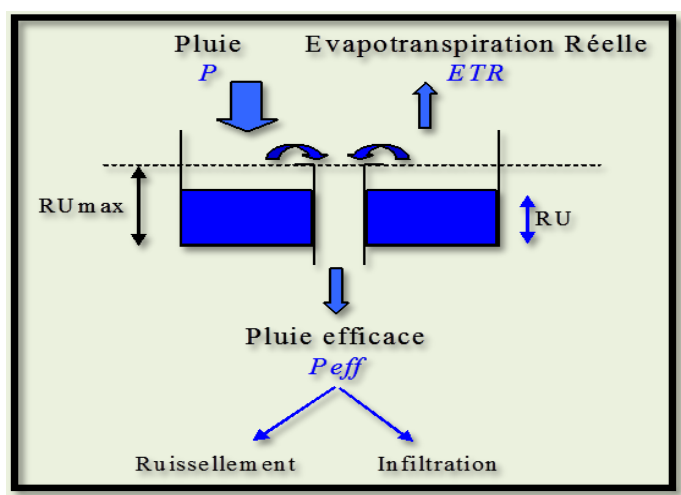


Figure 2 : Schéma de principe du bilan de Thornthwaite

La Réserve Utilisée RU est basée sur les données de l'INRAE¹, elle est comprise entre 100 et 200 mm pour la vallée de l'Hérault (classe 3 et 4) d'après la cartographie ci-dessous qui présente le zonage à l'échelle de la métropole. La réserve utile fixée pour les calculs est de 100 mm sur les alluvions de l'Hérault.

¹Le Bas, Christine, 2018, "Carte de la Réserve Utile en eau issue de la Base de Données Géographique des Sols de France"

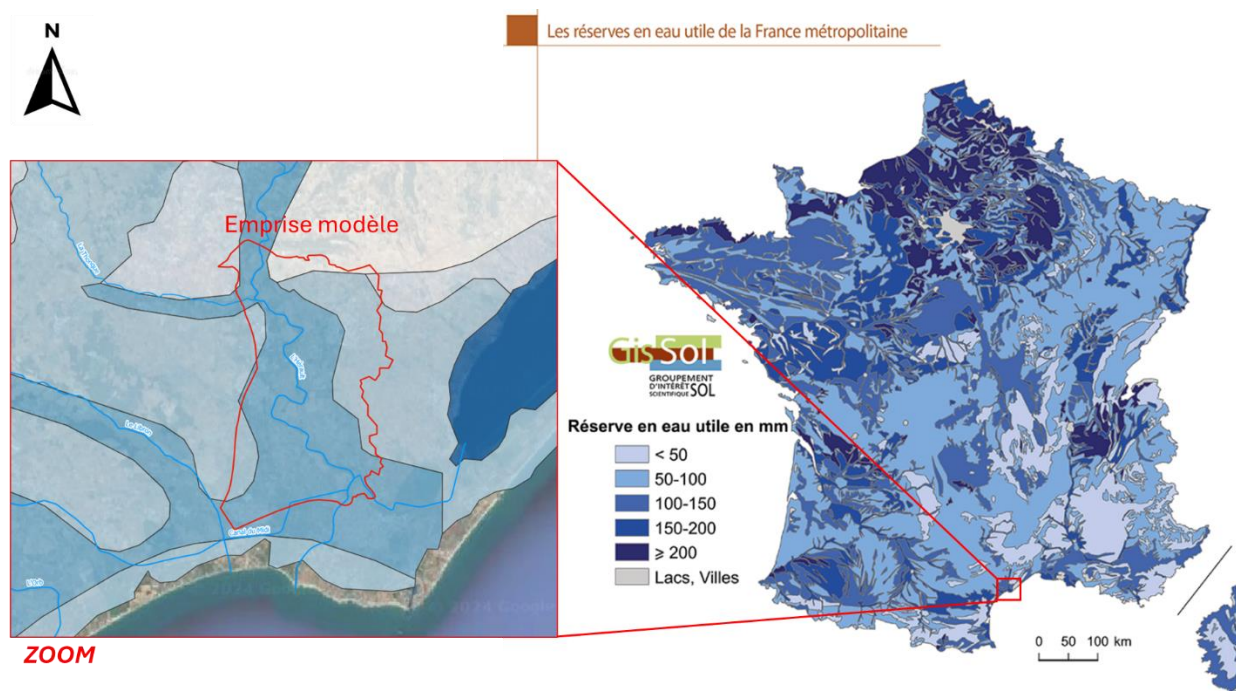


Figure 3 : Carte du zonage des réserves utiles en métropole

Le bilan de Thornthwaite amène les résultats suivants :

- La recharge la plus importante a été calculée en 2018 avec 391,3 mm et 434,8 mm de pluies efficaces ;
- Pour l'année 2022, la pluie efficace est évaluée à 46,3 mm et la recharge de la nappe à 41,7 mm ;
- Pour l'année 2023, la pluie efficace et la recharge sont nulles.

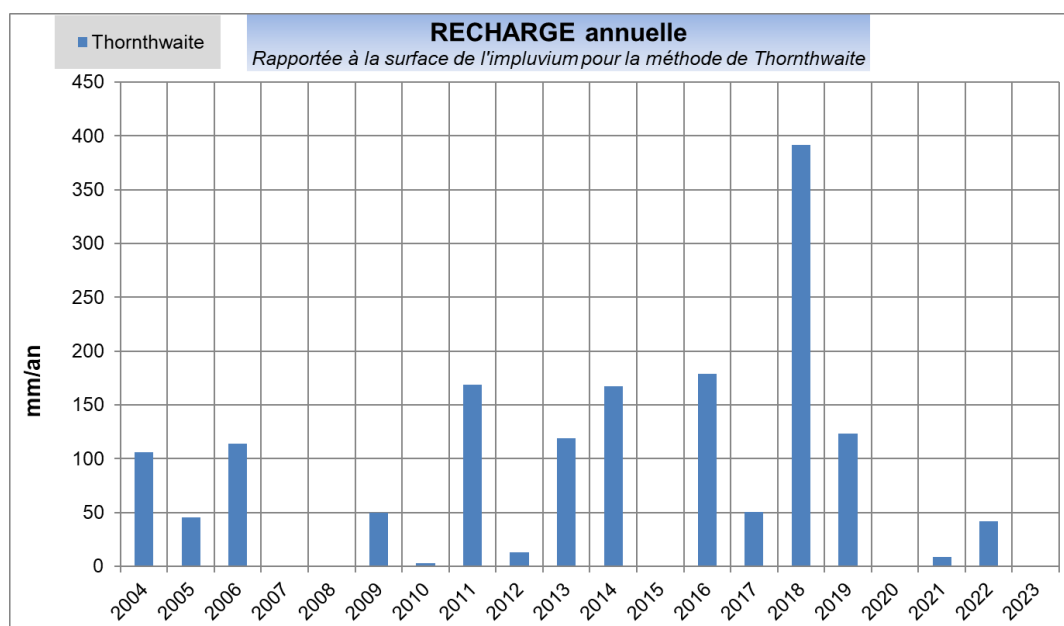


Figure 4 : Recharge annuelle calculée - Bilan de Thornthwaite

2.3. Contexte géologique

2.3.1. Les formations alluviales de la vallée de l'Hérault

Les dépôts quaternaires, dans lesquels se développent les aquifères alluviaux qui contribuent au débit de l'Hérault, sont de deux types :

- **Les alluvions anciennes :**

Organisées en terrasses superposées, elles sont absentes à l'aval de Pézenas mais dominent la partie haute de la vallée en amont de Canet. Elles sont constituées de graviers entourés d'argile et d'une forte proportion d'éléments fins basaltiques plus ou moins altérés qui leur confèrent une perméabilité relativement faible.

- **Les alluvions modernes ou récentes :**

Elles s'étendent sur 75 km² de Canet à l'embouchure et voient leur extension latérale croître vers l'aval. Elles sont constituées de formations détritiques à granulométrie croissante en fonction de la profondeur. De haut en bas, la succession suivante est rencontrée :

- Des limons d'inondation apportés par l'Hérault ;
- Des sables ;
- Des graviers et sables ;
- Des vases et des argiles imperméables, d'origine marine, qui s'intercalent dans cette série depuis l'aval de Florensac jusqu'au littoral.

2.3.2. Le substratum des alluvions

Le substratum des alluvions est constitué :

- **Le Pliocène continental et transitionnel :**

Le Pliocène continental (p1c à p2c) et/ou Pliocène transitionnel (p1ct) comprenant des dépôts de sables, marnes, cailloutis et grès (p1c à p2c) et des argiles et marnes qui sont une transition entre le faciès continental et marin. Les dépôts pliocènes sont essentiellement formés d'argiles rouges sableuses et détritiques qui s'épaississent en direction du littoral.

Ce faciès n'est pas toujours présent sous les alluvions de l'Hérault. Il possède une géométrie en biseau. En effet, les alluvions de l'Hérault sont en contact avec les sables astiens dans le secteur nord de la zone d'étude (St-Thibéry – Florensac), tandis qu'ils sont en contact avec des argiles et marnes du pliocène continental du sud de Florensac.

- **Les sables astiens :**

Les sables astiens semblent être en contact direct avec les alluvions sur environ 14 km². Ces sables astiens contiennent une nappe captive d'importance régionale. Il s'agit de sables calcaires et/ou siliceux à éléments carbonatés et micacés, plus ou moins grossiers (généralement de granulométrie fine à très fine), parfois consolidés, de couleur jaunâtre et parfois très colorés et riches en foraminifères. On observe des stratifications entrecroisées dans les sables qui forment localement des bancs gréseux plus ou moins indurés. Latéralement, on retrouve des variations de faciès qui mettent au contact des sables jaunes typiques avec des niveaux plus grossiers, graveleux ou des passées plus argileuses.

Vers la base, le faciès devient plus marneux et contient des marnes bleuâtres, finement sableuses du faciès Plaisancien.

- **Le Miocène :**

Il s'agit de l'étage sur lequel se place l'incision messinienne (dont miocène terminal). Le Miocène est constitué dans sa partie supérieure (sur 100 à 150 m) d'argile gris-bleu et de sables jaunes fins à stratification(s) entrecroisée(s).

Age / Formation	Litho-stratigraphie
Quaternaire Fz, Fy, Fv	Alluvions de l'Hérault, limons, sables et graviers
Pleistocène Vs, β, Cx, tβ-L	Colluvions de versant terrasses anciennes tufs laguno-lacustres Coulées de basaltes, scories
Pliocène continental Pc, p2c à p1ct	Pliocène continental cailloutis, argiles et marnes rouges à graviers
Pliocène marin sableux (Astien) p1ms	Sables marins jaunâtres bancs de grès
Pliocène marin argileux p1ma	Argiles bleutées
Miocène et substratum	Discordance érosive - Messinien Molasses sableuses et marnes bleues

Figure 5 : Stratigraphie

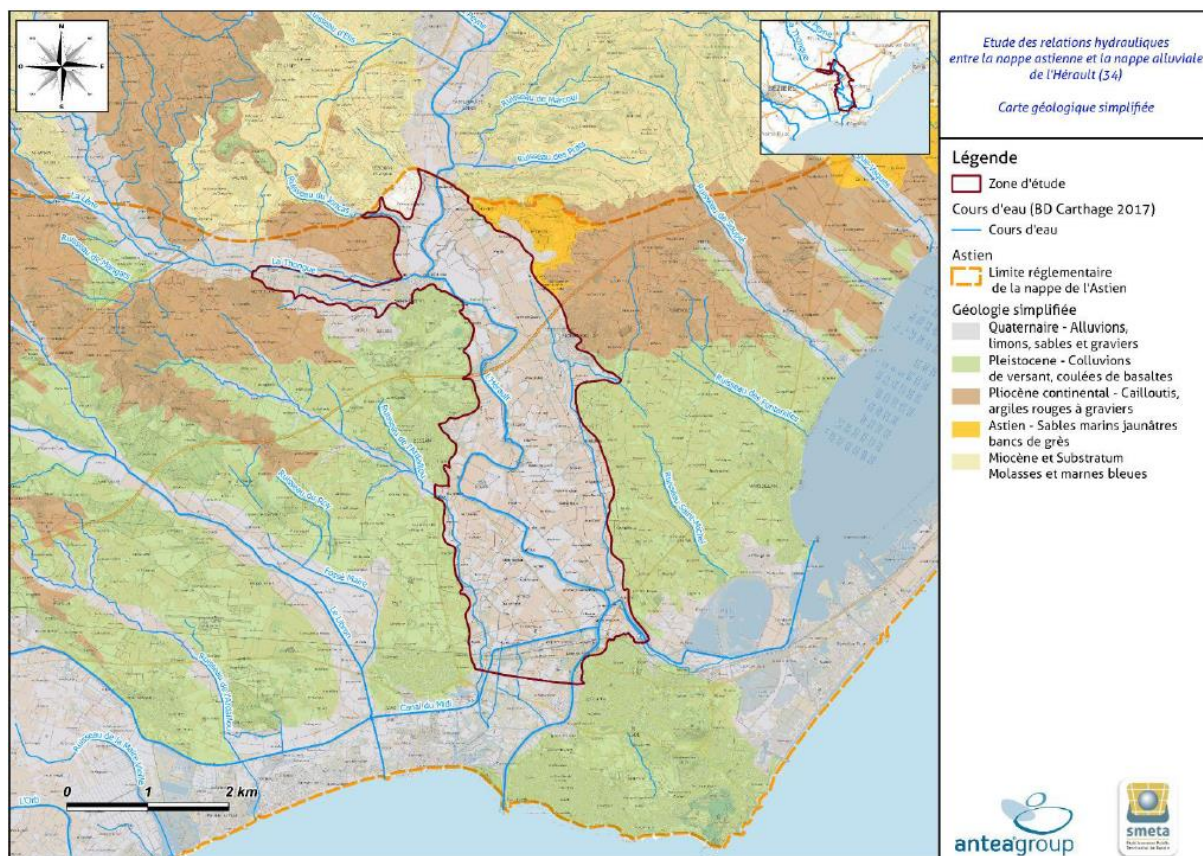


Figure 6 : Carte géologique

2.4. Contexte hydrogéologique

2.4.1. Résumé général

Deux nappes sont en présence au droit du site :

- Entité hydrogéologique 718BI : Alluvions récentes de l'Hérault et de ses affluents ;
- Entité hydrogéologique 647AB : Sables astiens d'Agde-Valras-Embouchure de l'Aude.

Ces deux nappes sont classées en déséquilibre quantitatif dans le SDAGE actuel.

L'alimentation de la nappe de l'Hérault est assurée par la pluie et principalement par les transferts fleuve/nappe. Dans une moindre mesure, les nappes contenues dans les cônes alluviaux et les affluents situés en rive droite du fleuve (Thongue), ainsi que la nappe astienne (drainance verticale ascendante) participent aussi à son alimentation.

Concernant **la nappe Astienne**, un bilan hydrique indicatif a été réalisé par A. Laurent (1993), indiquant que cet aquifère est alimenté essentiellement par la pluviométrie efficace dans ses zones d'affleurement, par les formations adjacentes (le Miocène et le Pliocène continental) et par les alluvions du Libron, de la Thongue et de l'Hérault, même si l'apport de ces dernières n'avait pas pu être quantifié².

Dans le secteur d'étude, la nappe astienne et la nappe de l'Hérault sont, à certains endroits, séparées par des argiles. L'emprise des argiles a été interpolée à partir des données lithologiques et des sondages réalisés au cours de la Phase 1 de l'étude. La figure en page suivante présente l'extension (en violet) de la zone où les argiles de séparation sont absentes. On observe que plus on s'éloigne du fleuve Hérault, plus l'épaisseur d'argile augmente ; il pourrait y avoir un surcreusement antérieur et postérieur aux argiles dû au passage du fleuve de l'Hérault. On constate par ailleurs une augmentation de l'épaisseur des argiles du nord vers le sud dans le secteur d'étude.

² Laurent. A (1993) La gestion en bien commun des eaux souterraines : la nappe des sables astiens de Valras-Agde (Hérault), une opération pilote en Languedoc-Rousillon

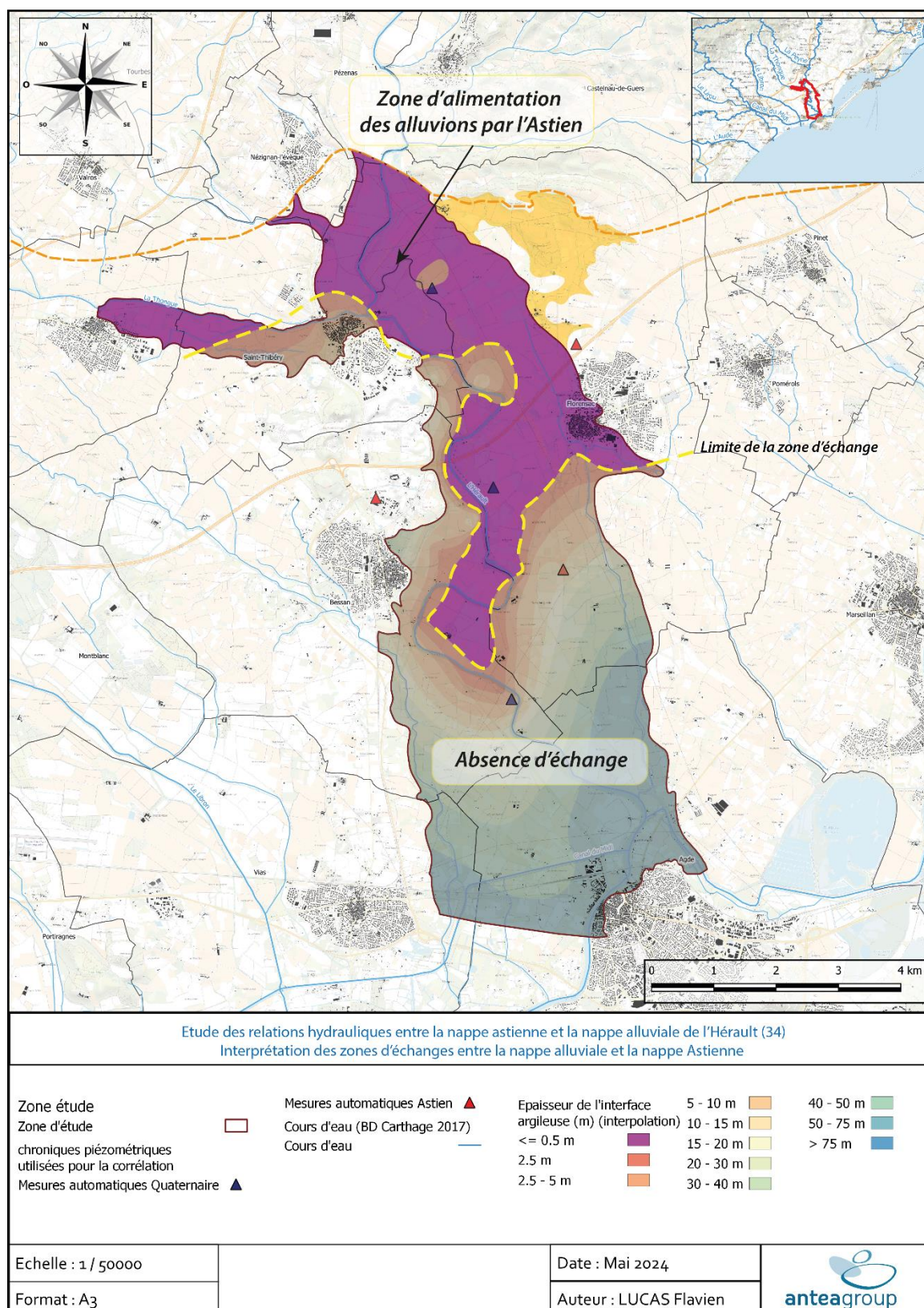


Figure 7 : Zones d'échange entre la nappe de l'Astien et les alluvions de l'Hérault

2.4.2. Caractéristiques hydrodynamiques

Le Tableau 1 suivant présente les paramètres hydrodynamiques déterminés en Phase 1 sur les différentes formations. Les données sont issues de la recherche bibliographique.

Tableau 1 : Paramètres hydrodynamiques

	Alluvions de l'Hérault	Sables de l'Astien
Nature	Sables et graviers avec une couverture limoneuse sur les épontes du lit mineur, dont l'épaisseur varie entre 5 et 30 m sur la zone d'étude	Nappe captive Sables fins et grès jaunâtres possiblement limoneux dont l'épaisseur varie entre 0 et 40 m
Perméabilité (m/s)	4×10^{-2} à 10^{-3}	$1,5 \times 10^{-4}$
Transmissivité (m^2/s)	10^{-1} à 2×10^{-3}	10^{-5} et 6×10^{-3}
Productivité (m^3/h)	2 à 250	2 à 100

Les **alluvions de l'Hérault** sont très productives et largement exploitées pour l'alimentation en eau potable, avec des perméabilités élevées comprises globalement entre 4×10^{-2} et 10^{-3} m/s. Au droit du champ captant de Filliol, les essais de pompage réalisés donnent des valeurs de perméabilité de l'ordre de 3×10^{-2} m/s.

D'après l'ouvrage *Atlas d'aquifères et eaux souterraines de France (BRGM 1996)*, les caractéristiques hydrodynamiques de la **nappe de l'Astien** sont assez homogènes sur l'ensemble du secteur :

- La transmissivité varie entre 3×10^{-5} et 2×10^{-4} m^2/s , dans les secteurs Nord-Ouest et Nord-Est de la nappe, et 10^{-3} à 6×10^{-3} m^2/s en bordure littorale ;
- Le coefficient d'emménagement est compris entre 10^{-4} et 6×10^{-4} m/s.

2.4.3. Hydrographie

2.4.3.1. L'Hérault

Les débits mesurés aux stations Hydroportail de Montagnac et Agde sur l'Hérault sont présentés ci-dessus depuis le 1^{er} janvier 2018.

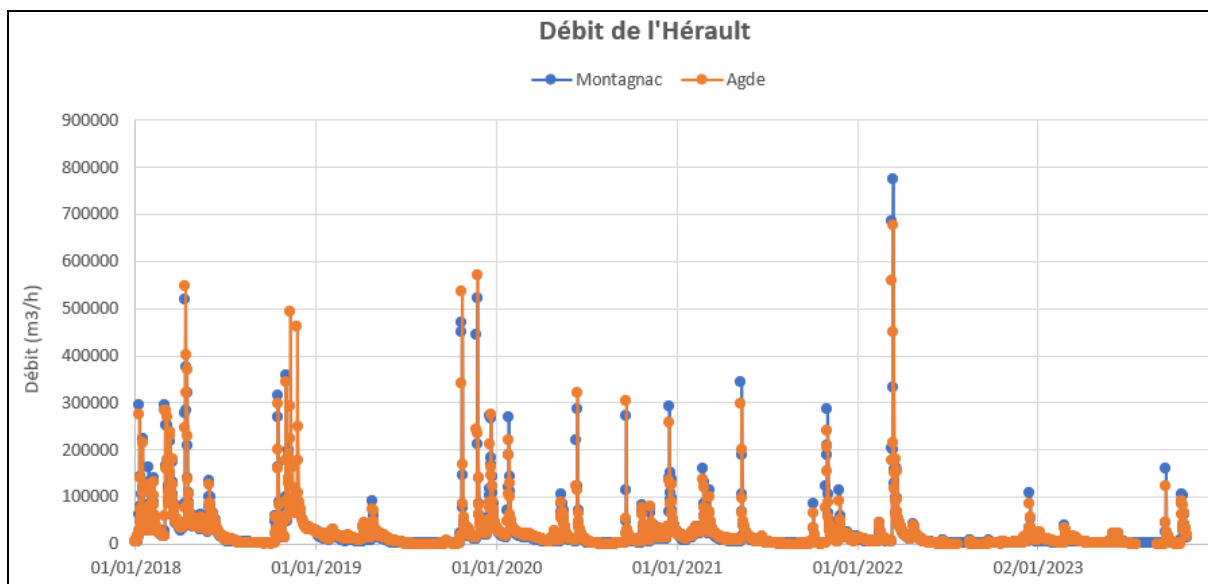


Figure 8 : Chroniques de débit de l'Hérault

Le débit moyen de l'Hérault à Agde est de 40 500 l/s, avec des périodes d'étiage qui s'étendent de mai à fin septembre. Il est rappelé que les mesures de la station de Agde sont jugées peu fiables pour les faibles débits.

Deux ouvrages hydrauliques sont présents sur le linéaire de l'Hérault : le seuil de Bladier Ricard et le seuil de Saint Thibery. Leur localisation est présente ci-dessous :

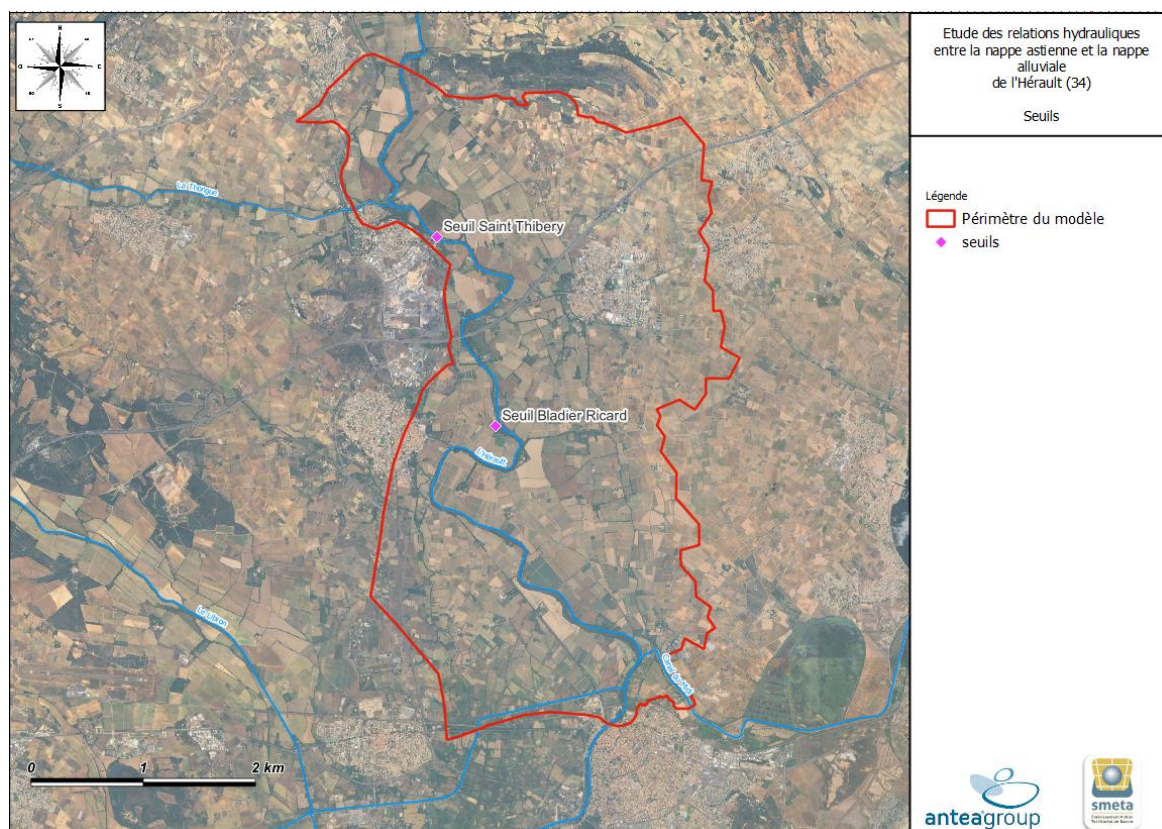


Figure 9 : Localisation des seuils sur l'Hérault (commune de Bessan)

Le seuil de Bladier Ricard possède une autorisation par l'arrêté préfectoral de juillet 2011 décrivant le projet d'équipement et les aménagements permettant d'assurer la continuité écologique du cours d'eau.

Une sonde de pression est positionnée en amont du barrage et enregistre le niveau d'eau de l'Hérault, le graphique suivant présente ce suivi :

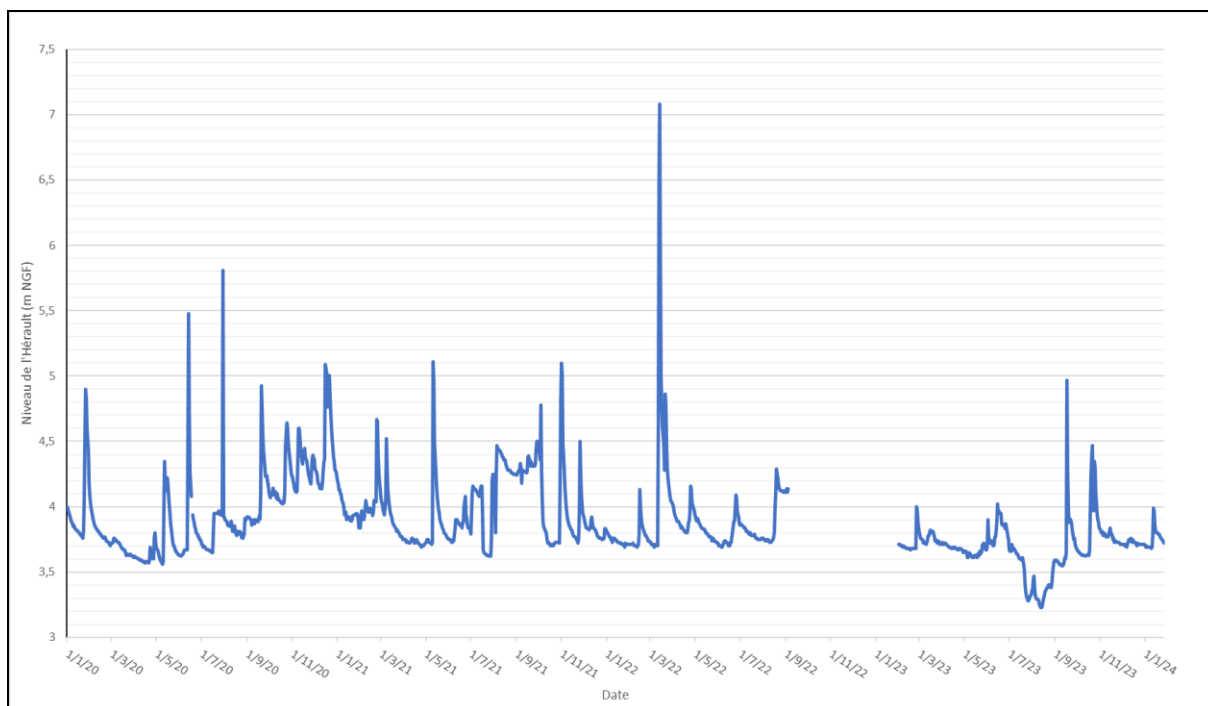


Figure 10 : Suivi du niveau d'eau de l'Hérault en amont du seuil

Ces ouvrages jouent un rôle important sur le niveau de la nappe, puisqu'ils vont avoir pour effet de remonter la nappe en amont et de l'abaisser en aval. Du point de vue piézométrique, l'implantation d'un seuil dans un cours d'eau resserre les isopièzes au droit de l'ouvrage. Les blocs schématisques ci-dessous présentent l'impact d'un barrage ou seuil sur une nappe, dans le cas où le cours d'eau alimente la nappe.

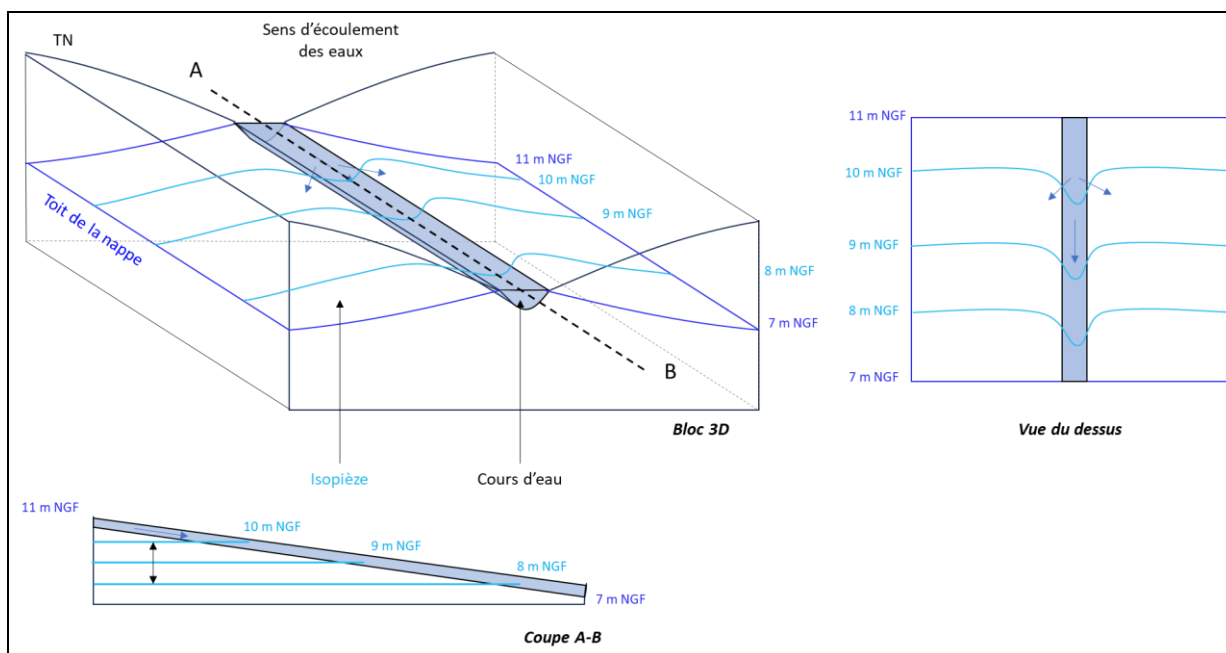


Figure 11 : Schéma de fonctionnement d'une nappe alimentée par un cours d'eau

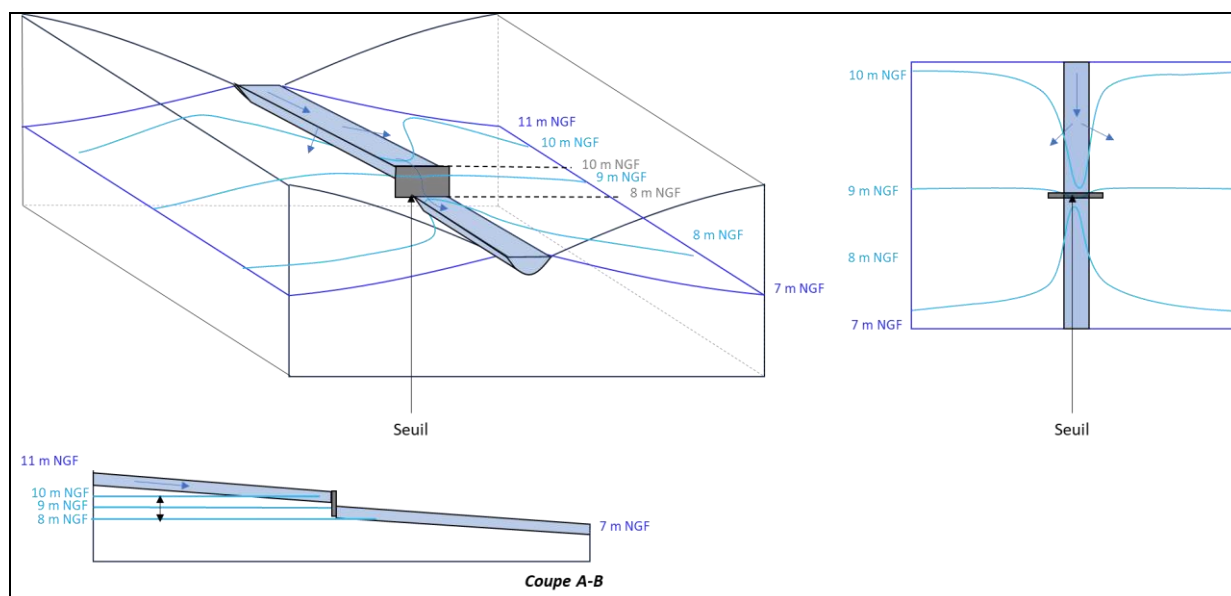


Figure 12 : Impact théorique d'un seuil sur la nappe et ses isopièzes

2.4.3.2. La Thongue

Le cours d'eau de la Thongue draine un bassin de 150 km² et se jette sur l'Hérault à Saint Thibéry. Il n'y a pas de station hydrométrique mesurant son débit en continu. D'après l'EPTB Fleuve Hérault, ce cours d'eau est en assec la plupart de l'année.

2.4.4. Prélèvements

2.4.4.1. Nappe de l'Hérault

La nappe des alluvions de l'Hérault est largement exploitée pour l'AEP, et en moindre mesure, pour des usages agricoles³. La figure suivante montre la position des puits de prélèvement :

³ Les prélèvements agricoles représentent une part importante des prélèvements globaux sur l'ensemble du bassin versant, mais moins importante sur le secteur d'étude considéré.

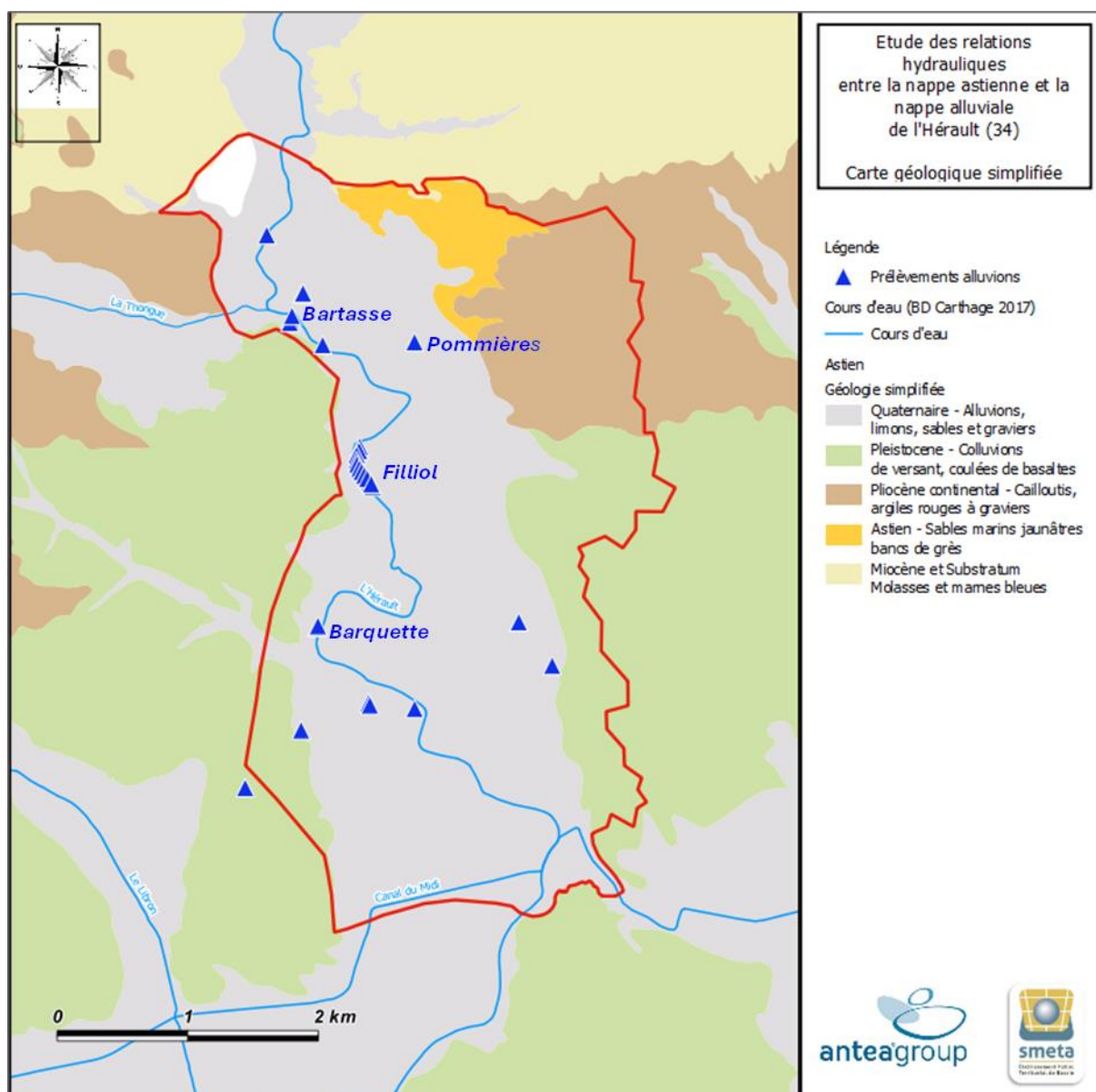


Figure 13 : Prélèvements dans la nappe alluviale (source : AERMC / SBL)

Quatre champs captants pour l'AEP sont actuellement en fonctionnement à l'intérieur du secteur d'étude : Bartasse, Barquette, Pommière et Filliol. Ce dernier est le plus important en termes de volumes de prélèvement.

Tableau 2 : Volume annuel prélevé (m³)

	2022	2023
Filliol	17 844 145	18 782 440
Barquette	484 500	425 952
Bartasse	267 789	308 836
Pommières	916 284	949 180

Les figures suivantes illustrent la distribution annuelle des prélèvements :

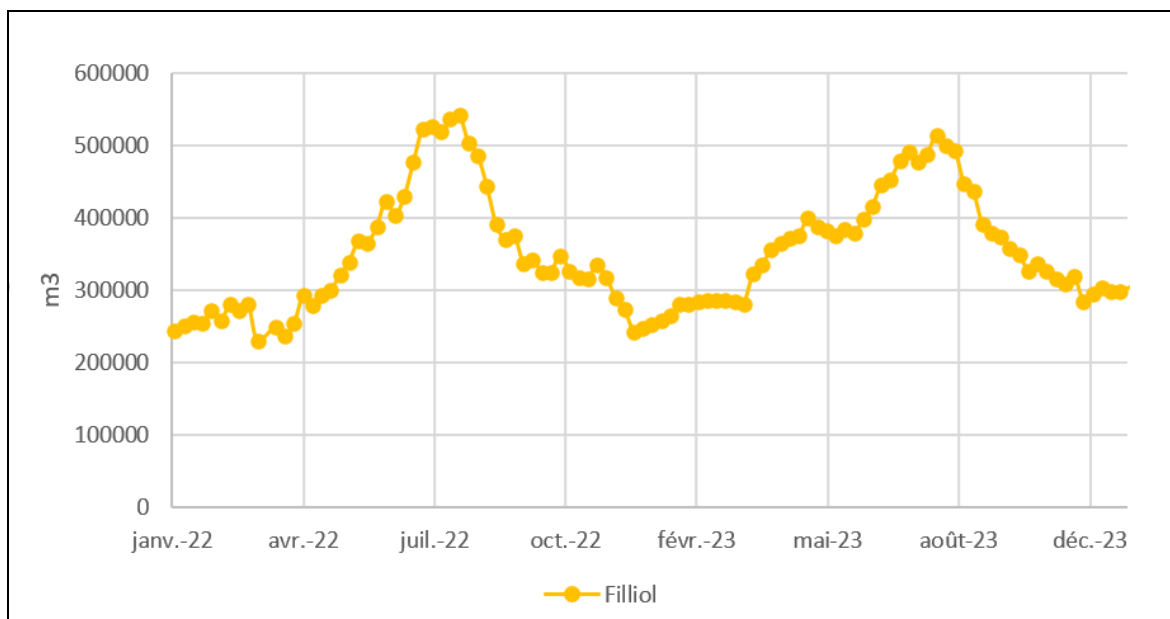


Figure 14 : Prélèvement hebdomadaire- Champ captant de Filliol (m³/semaine)

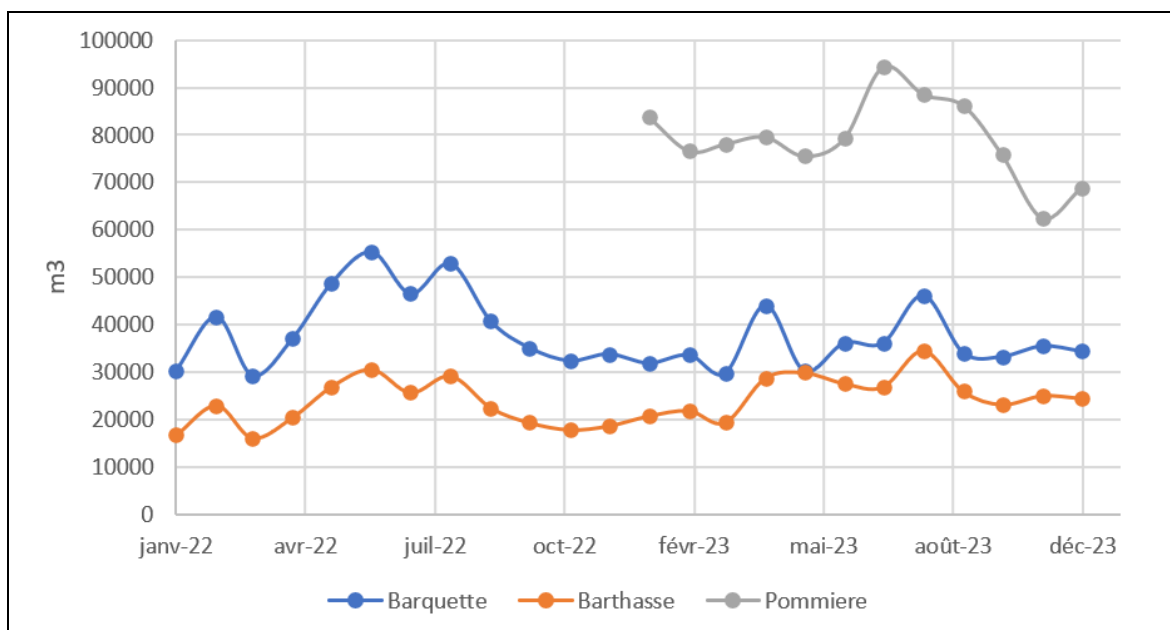


Figure 15 : Prélèvements AEP mensuels dans la nappe de l'hérault (m³/mois)

2.4.4.2. Nappe de l'Astien

La nappe de l'Astien est particulièrement sollicitée en bordure littoral. En revanche, à l'intérieur de la zone d'étude, peu de forages sont présents, comme illustré dans la figure ci-dessous :

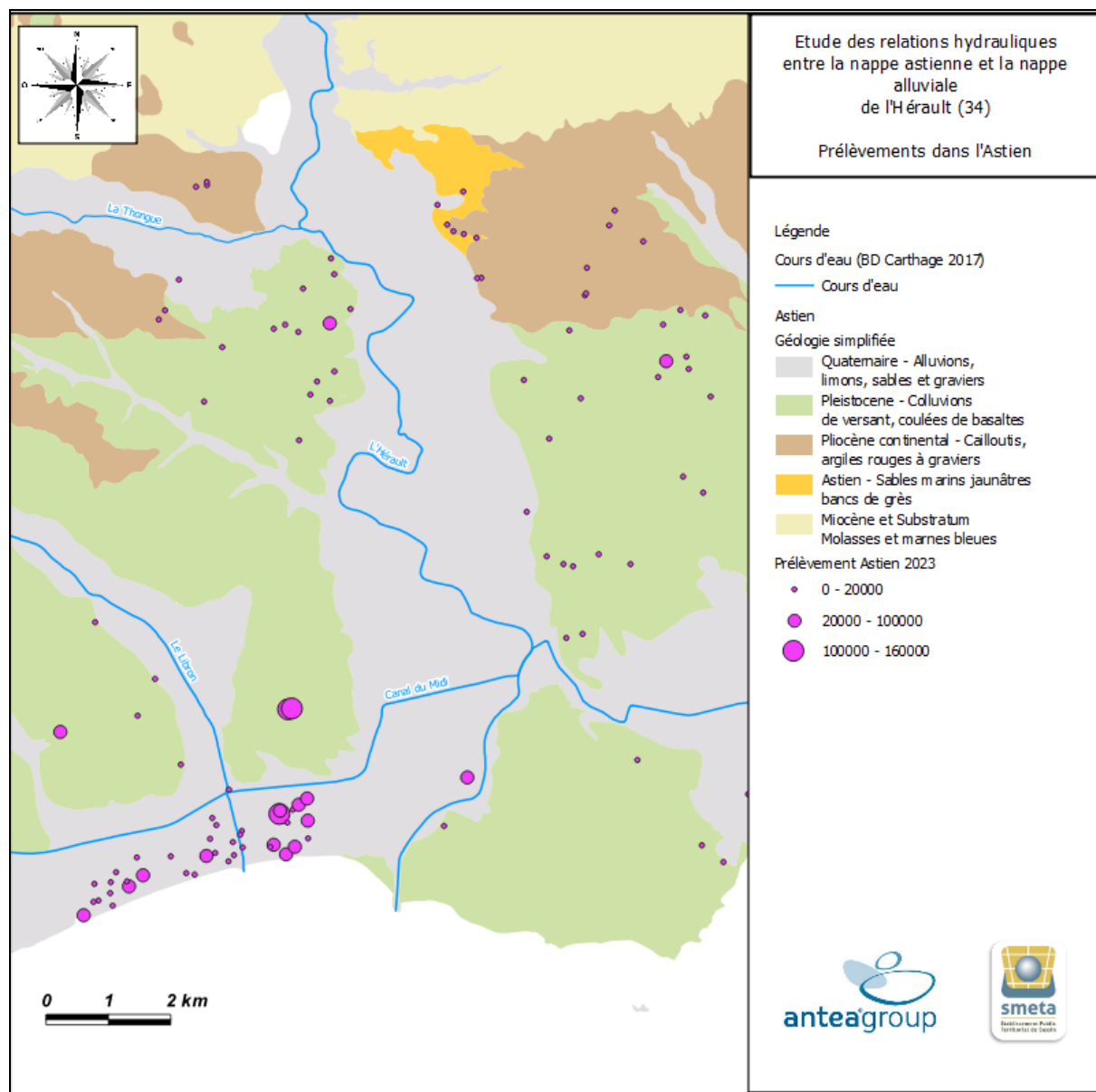


Figure 16 : Prélèvements dans la nappe de l'Astien en 2023 (source : SMETA)

La nappe astienne est globalement captive (à l'exception de ses zones d'affleurement au nord) et elle présente des faibles coefficients d'emmagasinement. En conséquence, les variations piézométriques induites par les prélèvements sur le littoral peuvent se répandre sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres.

2.4.5. Piézométrie de référence

Antea Group a réalisé une campagne piézométrique en juillet 2023 (basses eaux), à la fois de la nappe astienne et de la nappe alluviale. La carte piézométrique dressée issue de cette campagne constitue la piézométrie de référence pour le modèle et la base pour le calage en régime stationnaire. Le calage en régime permanent porte sur un état hydraulique stabilisé n'induisant ni stockage ni déstockage d'eau dans le système aquifère. L'été 2023 a été particulièrement sec, avec des faibles niveaux piézométriques et faibles débits dans l'Hérault ; les conditions hydrauliques sont presque-stabilisées et il est donc propice à un calage en régime permanent.

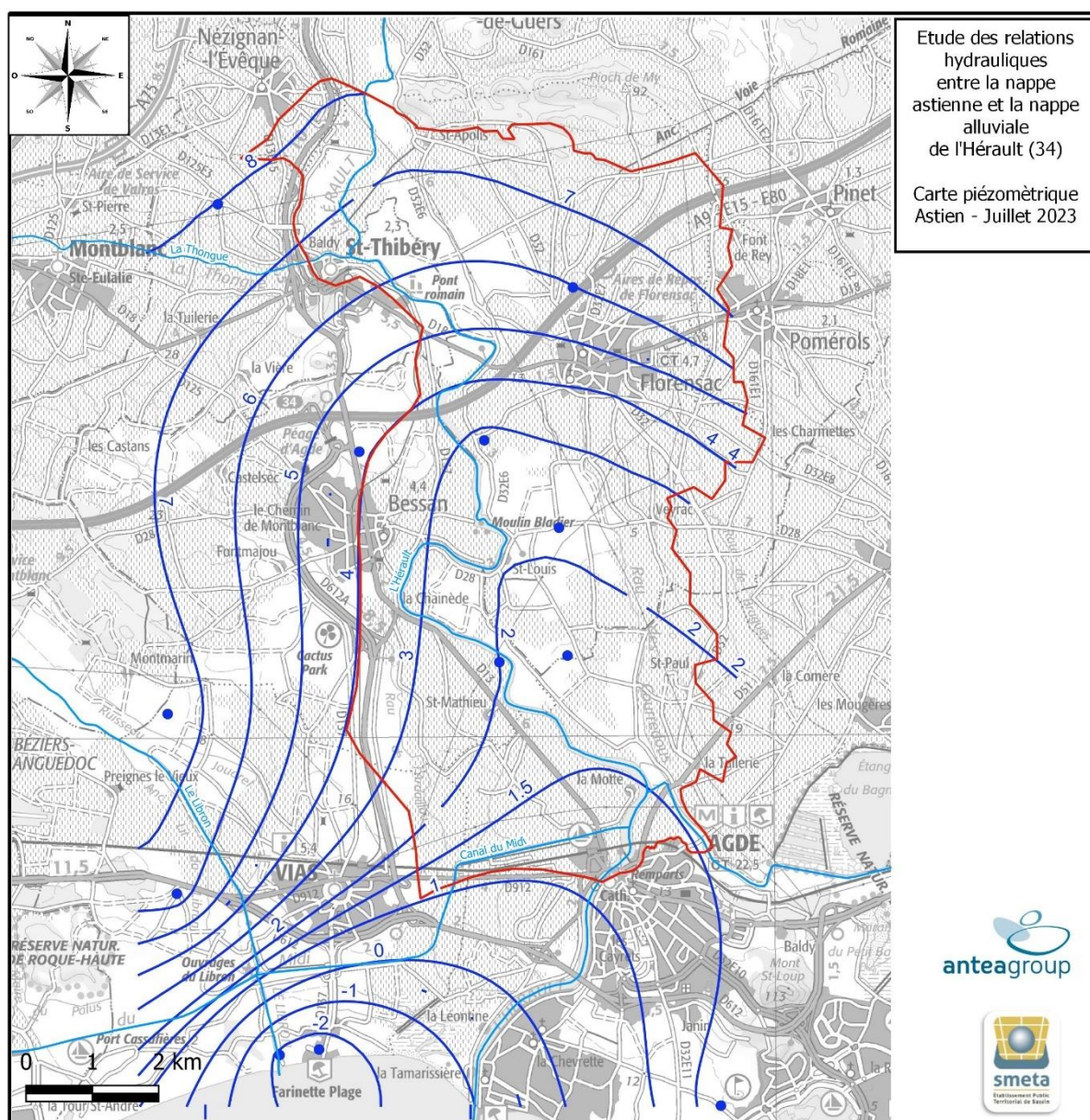


Figure 17 : Piézométrie interprétée de la nappe astienne (mNGF) en juillet 2023

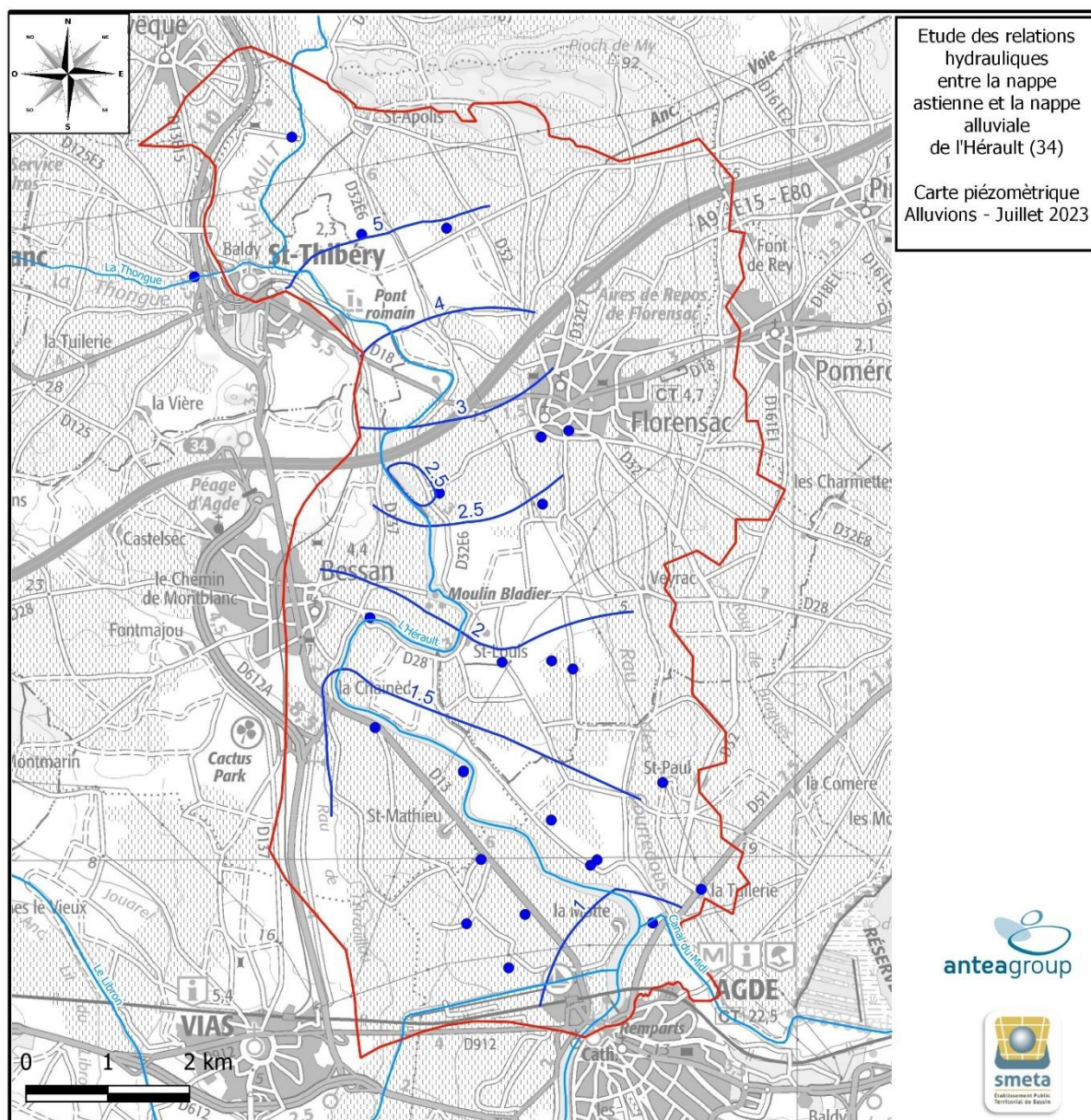


Figure 18 : Carte piézométrique interprétée de la nappe alluviale (mNGF) en juillet 2023

2.4.6. Modèle conceptuel

Afin de définir le modèle conceptuel, il est nécessaire de considérer en premier lieu les limites physiques des deux nappes (limites géologiques et géographiques). Les limites de la nappe de l'Hérault sont bien définies par l'emprise des alluvions. En revanche, l'extension de la nappe astienne est beaucoup plus large ; la piézométrie de cette nappe est donc utilisée pour définir le périmètre du modèle à retenir en particulier pour les limites sud et ouest du modèle.

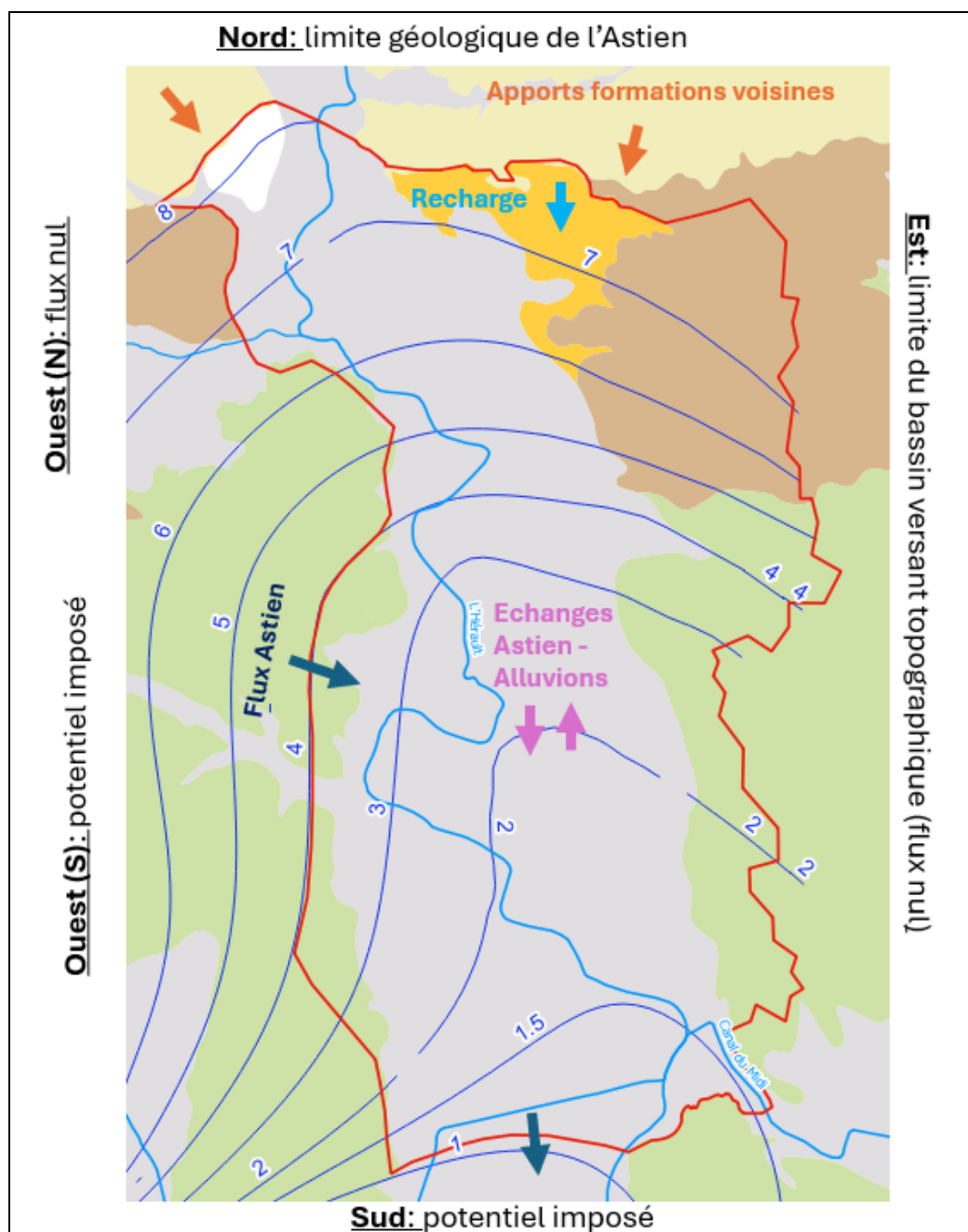


Figure 19 : Modèle conceptuel

3. Modélisation hydrogéologique

3.1. Objectifs de la modélisation

Le premier objectif de la modélisation est de quantifier les volumes d'eau échangés entre la nappe alluviale, la nappe de l'Astien et l'Hérault, annuellement mais aussi mensuellement afin d'observer des éventuelles variations saisonnières.

Le modèle doit aussi permettre d'étudier les possibilités d'optimisation de la gestion des ressources en tenant compte des contraintes actuelles et futures.

Enfin, le modèle sera utilisé pour estimer l'impact du changement climatique sur la ressource en eau à l'horizon 2050.

3.2. Construction du modèle

3.2.1. Logiciel utilisé

Le logiciel de modélisation mis en œuvre pour le projet est le logiciel MARTHE, développé par le BRGM. Cet outil de modélisation est dédié spécifiquement à la simulation des écoulements souterrains (évaluation et gestion des ressources aquifères, impact de prélèvements et d'aménagements souterrains) et des migrations d'effluents liquides (éléments chimiques, éléments radioactifs, biseaux salés, couplage hydrodynamique-transport-chimie).

Il s'agit d'un code de calcul en différences finies, utilisant un maillage de type « écossais » (colonnes et lignes de largeurs variables), monocouche (en plan ou en coupe verticale), multicouche ou 3D, simulant l'hydrodynamique et le transport hydrodispersif en régime permanent et en régime transitoire.

Des fonctions plus complexes permettent en outre de modéliser les écoulements densitaires, diphasiques, thermiques, en zone non saturée ou en milieu fracturé, éventuellement couplés avec le réseau hydrographique.

3.2.2. Géométrie du modèle

Le périmètre du modèle correspond aux contours du modèle conceptuel et est représenté dans la figure suivante. La surface modélisée présente une extension de 42 km². Le maillage du modèle a été défini avec des mailles carrées de 40m x 40m, ce qui fait au total 110 000 mailles. Ce maillage permet de bien distinguer les forages d'exploitation entre eux (un seul puits par maille) et de caractériser de

façon assez précise les échanges nappe/rivière, tout en permettant des temps de calcul raisonnables⁴.

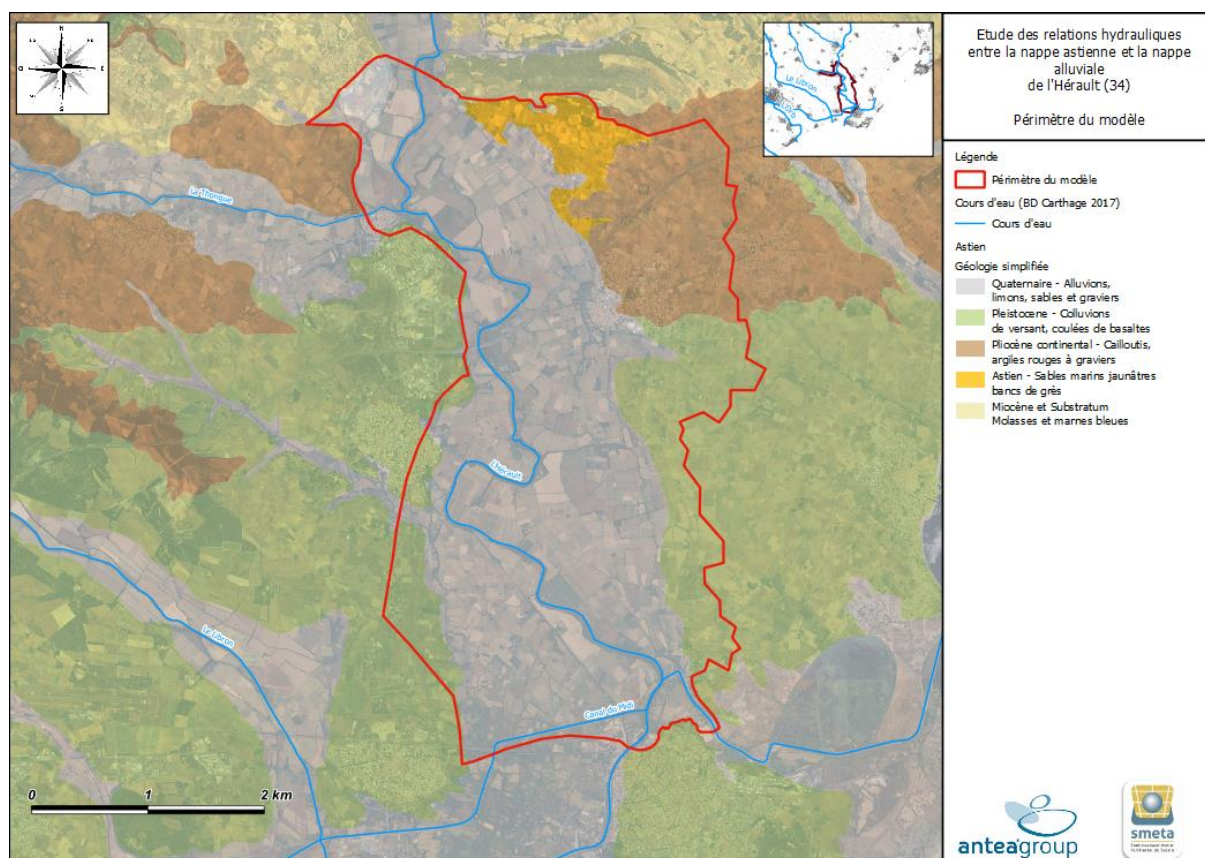


Figure 20 : Périmètre du modèle

⁴ A titre d'exemple, le maillage retenu permet un temps de calcul de moins de deux heures pour une simulation en régime transitoire à pas de temps journalier et une durée de deux ans.



Figure 21 : Détail du maillage du modèle au niveau du champ captant de Filliol (en bleu les mailles « rivière » ; les triangles correspondent aux puits du champ captant)

3.2.3. Couches et zones de géométrie

Le nombre de couches du modèle a été fixé à trois :

- Couche 1 : elle est composée par les formations affleurantes dans le modèle :
 - Alluvions de l'Hérault ;
 - Zone d'affleurement de l'Astien ;
 - Pléistocène ;
 - Colluvions ;
 - Eocène ;
- Couche 2 : cette couche est essentiellement constituée par les argiles qui séparent les alluvions de l'Hérault des sables de l'Astien. Ces argiles ne sont pas continues sur toute la couche ;
- Couche 3 : la dernière couche représente les sables de l'Astien.

Les épaisseurs et profondeurs des différents couches ont été estimées dans la phase 1 de l'étude, à partir des données de la BSS et des sondages réalisés par Antea Group.

La topographie du modèle correspond à celle du MNT (précision 1m).

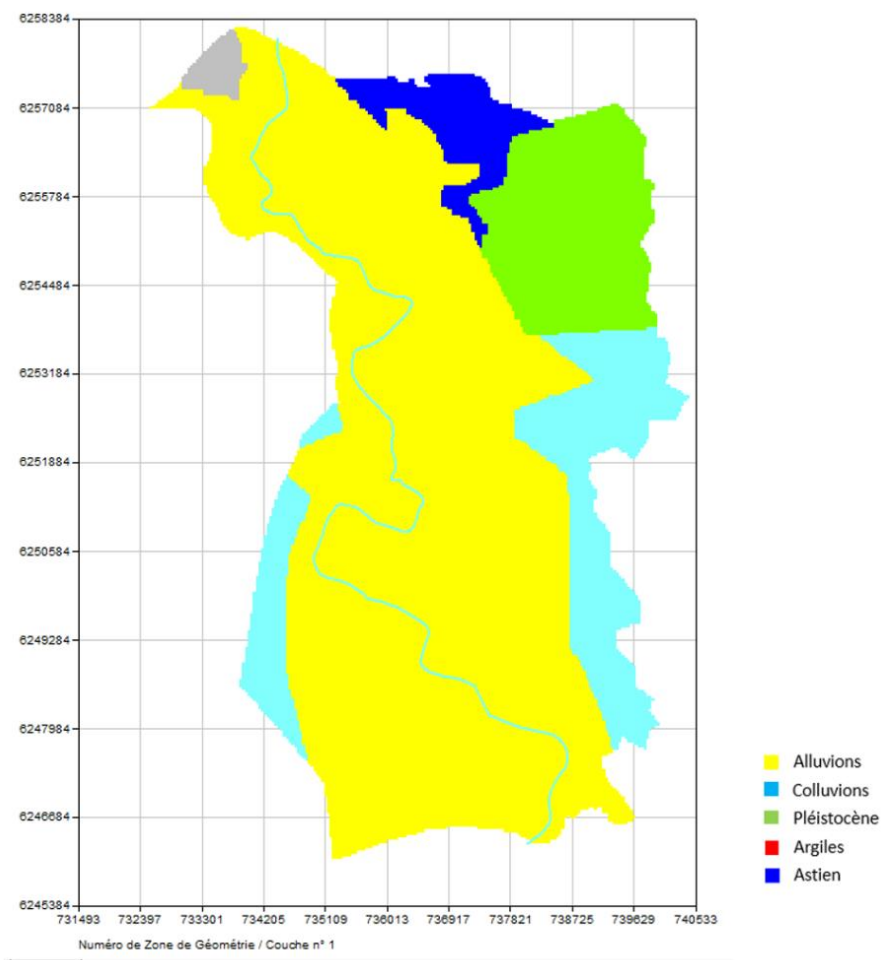


Figure 22 : Formations dans la première couche du modèle

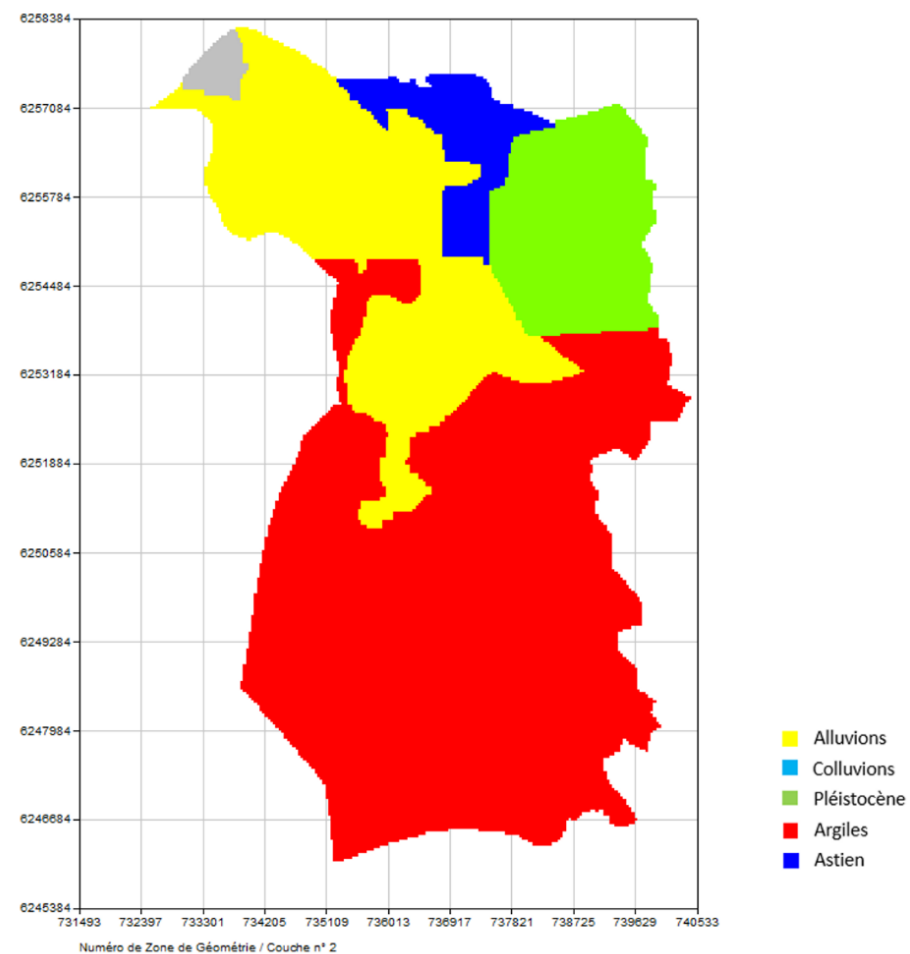


Figure 23 : Formations dans la deuxième couche du modèle

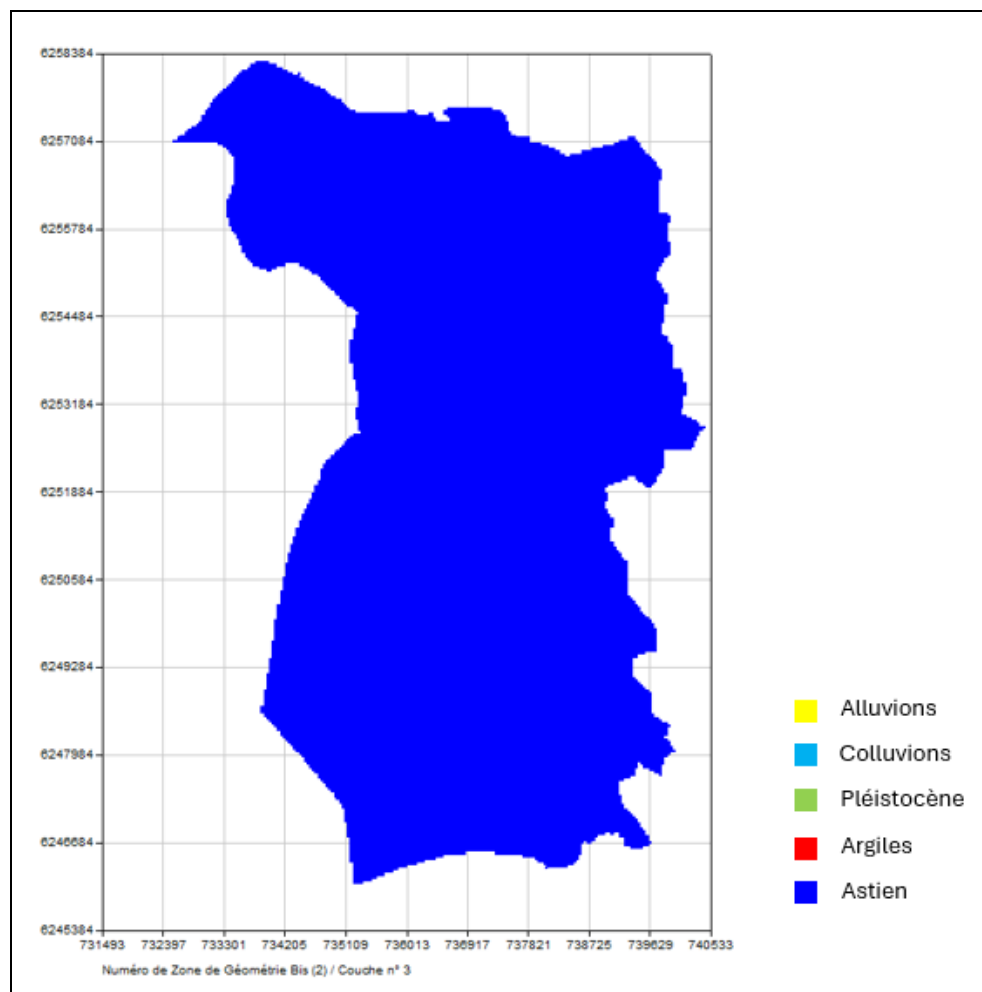


Figure 24 : Formation dans la troisième couche du modèle

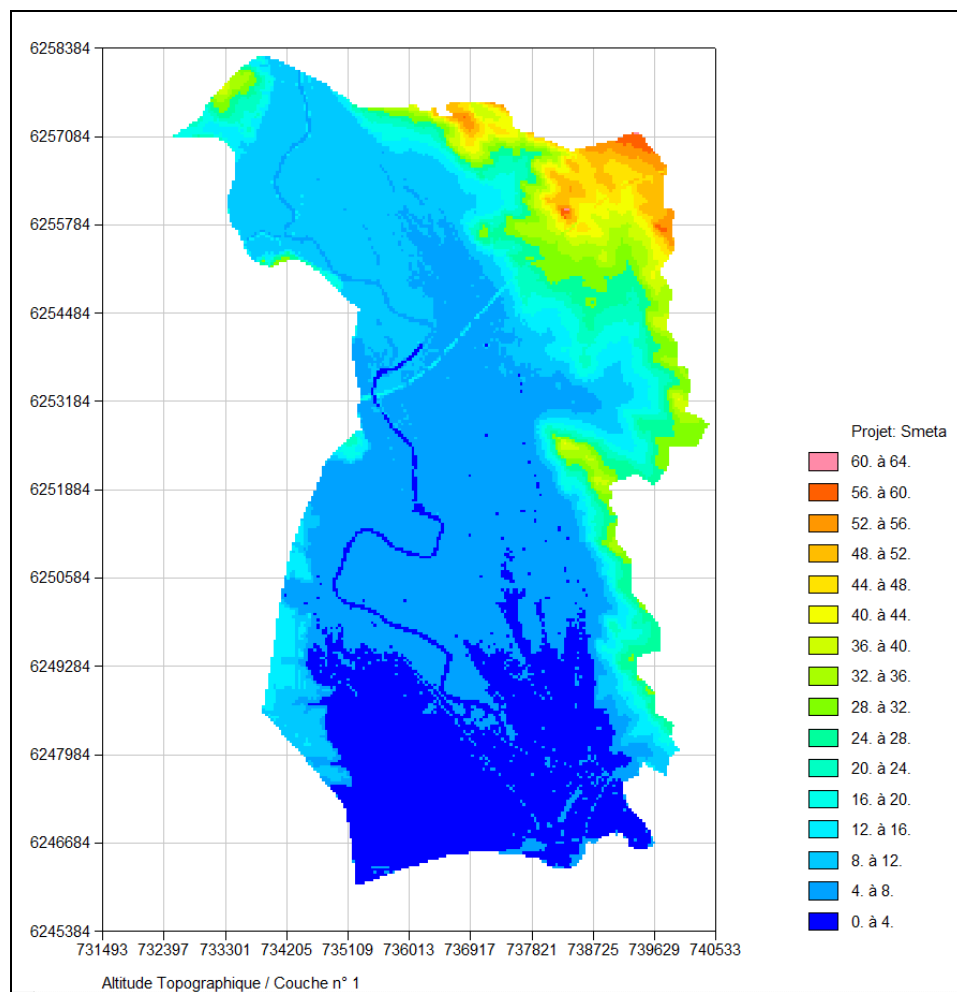


Figure 25 : Topographie du modèle (m NGF)

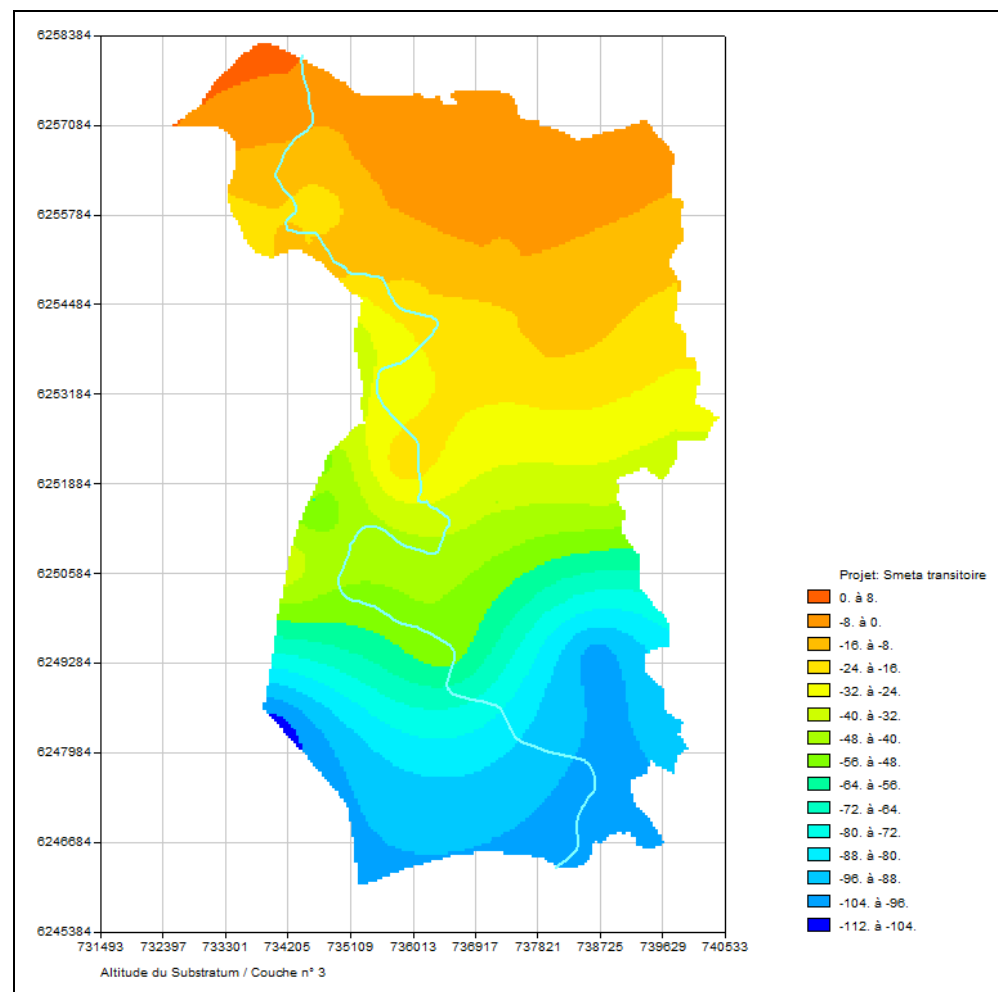


Figure 26 : Altitude du substratum du modèle (m NGF)

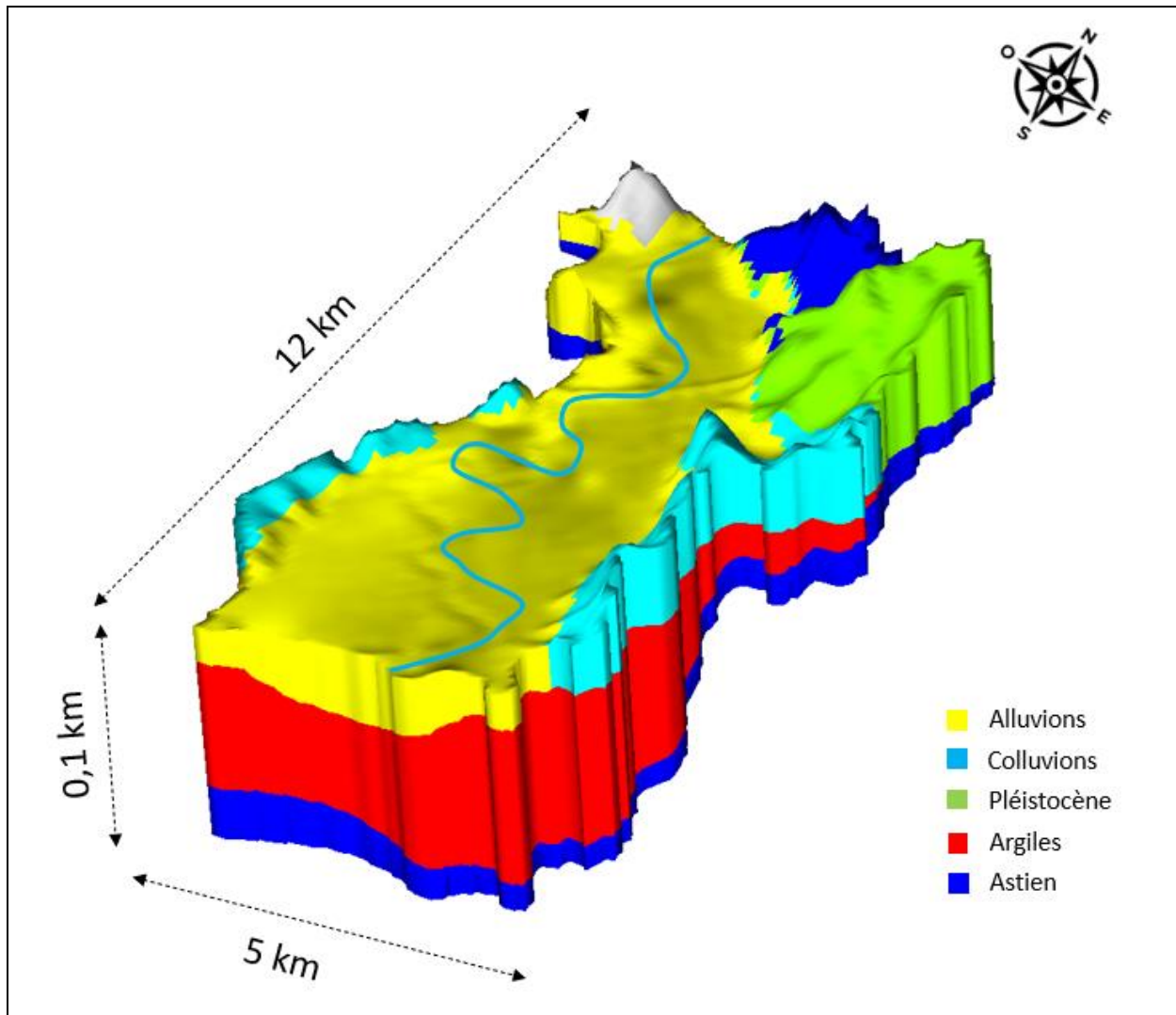


Figure 27 : Vue 3D du modèle (exagération verticale)

3.2.4. Conditions aux limites

3.2.4.1. Conditions aux bords du modèle

A. Nappe de l'Astien

La limite Nord correspond au contact du Miocène avec l'Astien. Une condition à potentiel imposé a été assigné sur cette limite, prenant considération de la topographie plus élevée au Nord du modèle. Pour les simulations de changement climatique, cette condition à potentiel imposé a été transformée en une condition à flux imposé après calage du modèle, afin de limiter le flux qui peut rentrer dans le modèle.

La limite Est, a été considéré comme une limite à flux nul (il n'y a pas d'écoulement qui rentre ou sort du modèle à travers de cette bordure).

En limite Sud et dans une partie de la limite Ouest, des conditions à potentiel imposé « *variables au cours du temps* » ont été fixées, sur la base des chroniques piézométriques disponibles. En effet, la nappe de l'Astien montre des variations saisonnières très marquées, particulièrement dans le secteur sud, en rapport avec les prélèvements au niveau du littoral (cf. Figure 16). Cette zone de prélèvements étant en dehors du périmètre du modèle retenu, ces prélèvements ne peuvent pas être pris en compte *de façon directe*, alors qu'ils vont avoir un effet sur la piézométrie à l'intérieur du modèle.

Afin de contourner ce problème, les effets des pompages sur le littoral ont été pris en considération par le modèle de façon indirecte via les potentiels imposés des conditions limites sud et ouest : le potentiel qui a été imposé à chaque pas de temps est une interpolation entre un piézomètre à l'intérieur du modèle et un piézomètre à l'extérieur du modèle à proximité d'une zone de pompage :

- Pour établir la chronique piézométrique à imposer sur la limite Sud, le potentiel du piézomètre 15 (« ancien doublet ») et celui du piézomètre 10041 ont été interpolés (cf. figure 30) ;
- Pour la limite Ouest, l'interpolation est effectuée entre le piézomètre 140 et le piézomètre 15.

L'interpolation prend en considération à la fois la distance de la limite aux piézomètres, et le gradient de la nappe (dans la mesure où plus on se rapproche du littoral et du pompage, plus le gradient est fort).

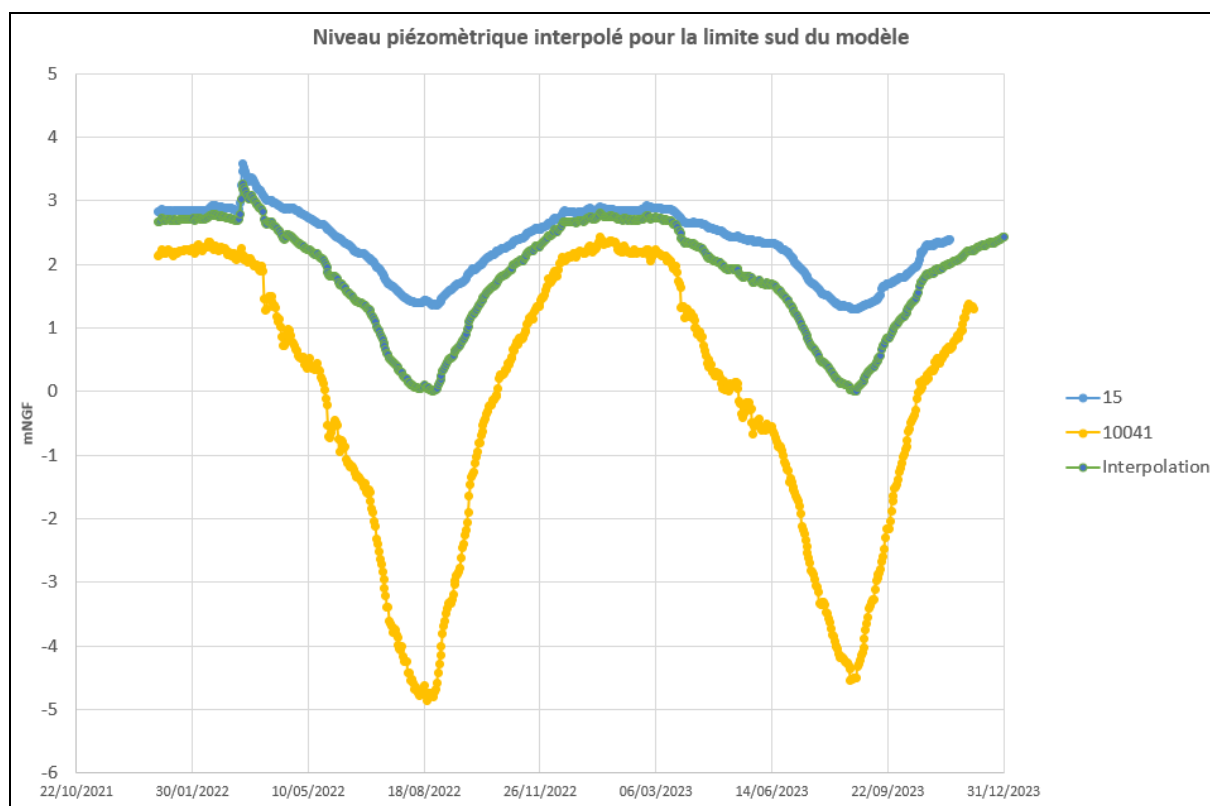


Figure 28 : Limite à potentiel imposé dans la bordure sud du modèle

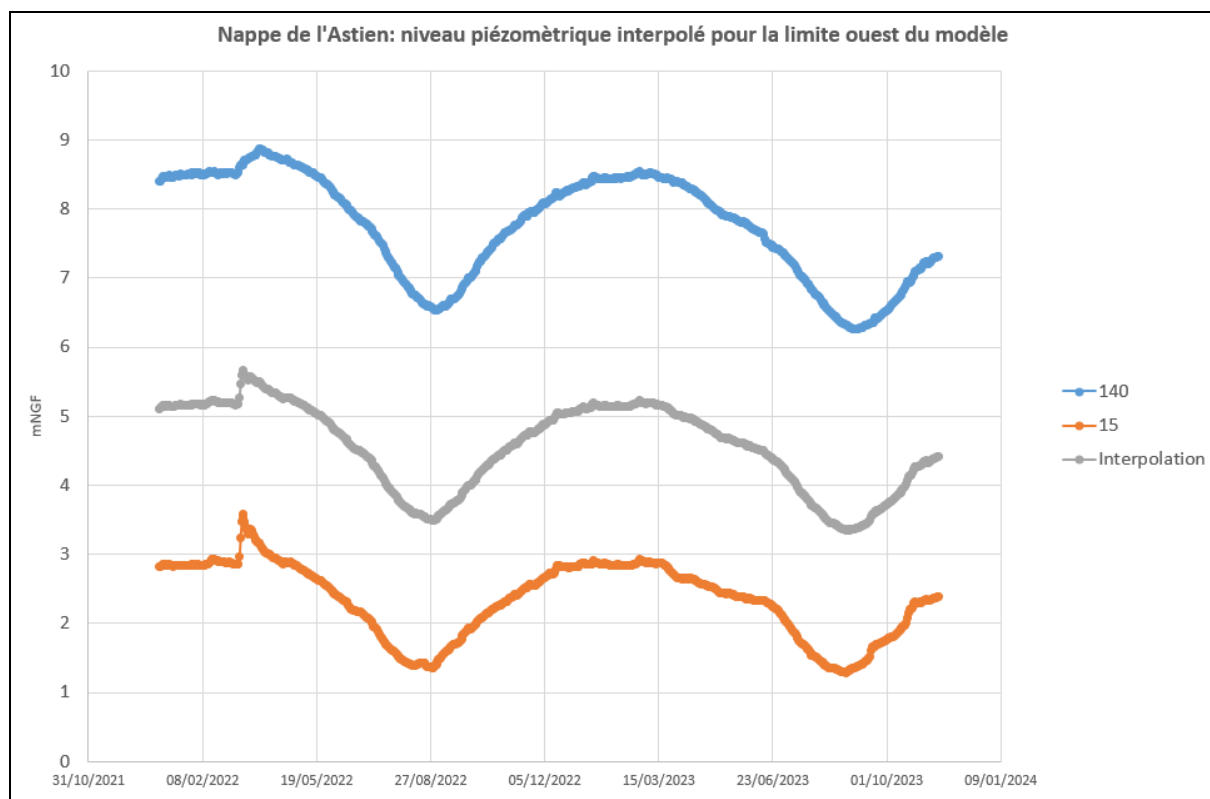


Figure 29 : Limite à potentiel imposé dans la bordure ouest du modèle

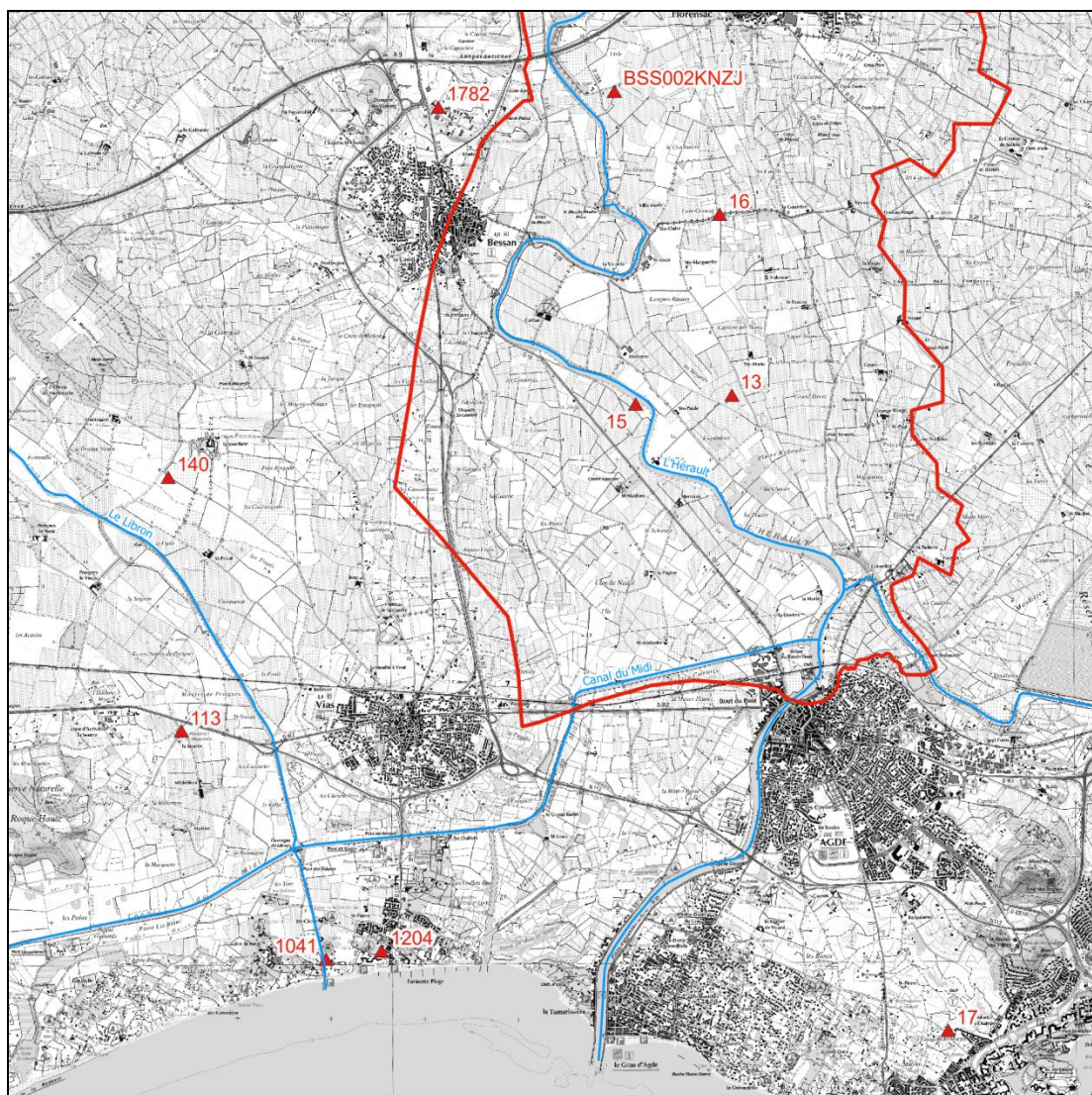


Figure 30 : Emplacement des piézomètres surveillant l'Astien

B. Nappe alluviale

En ce qui concerne la **nappe alluviale**, des limites à potentiel imposé ont été fixées dans la partie Nord et la partie Sud, correspondant aux valeurs piézométriques relevés lors de la campagne piézométrique de Juillet 2023.

Aucune condition n'a été imposée sur les bordures Est et Ouest, car les limites correspondent à l'emprise réelle des alluvions.

3.2.4.2. L'Hérault

Le cours d'eau de l'Hérault a été explicitement modélisé, afin de représenter au mieux les échanges nappe rivière.

Selon la hauteur d'eau dans la rivière et la position de la nappe à chaque pas de temps, un échange d'eau peut se faire entre l'Hérault et la nappe dans les deux sens. Le débit d'échange est contrôlé, d'une manière non linéaire, par la surface, l'épaisseur et la perméabilité du lit du cours d'eau.

Marthe modélise la hauteur d'eau de chaque tronçon de la rivière suivant la formule de Manning-Strickler :

$$Q_{wd} = \frac{1}{n} \times A \times R^{2/3} \times \sqrt{Pente}$$

A= section du tronçon

R= rayon hydraulique = (largeur x Hrl) / (largeur + 2 Hrl)

N= coefficient de Manning Strickler

Pente = pente du cours d'eau

Hrl = hauteur d'eau au-dessus du lit

En combinant, à chaque itération de calcul, la hauteur d'eau dans chaque tronçon de la rivière et les échanges avec l'aquifère, le débit est modélisé dans toute les mailles du modèle constituant le réseau hydrographique.

Il est nécessaire d'indiquer au modèle la valeur du débit d'entrée dans la première maille du modèle, c'est-à-dire le débit de l'Hérault à l'entrée dans le secteur modélisé. Il a été pris l'hypothèse que ce débit est identique à celui fourni par la station hydrométrique de l'Hérault à Montagnac, située quelques km à l'amont du champ captant.

Les seuils de Bladier Ricard et de Saint Thibery ont été inclus dans le modèle.

3.2.4.3. La Thongue

Tout comme l'Hérault, le débit de la Thongue et les échanges avec la nappe ont aussi été considérés dans la modélisation. En revanche, des chroniques de débit de la Thongue ne sont pas disponibles. D'après l'EPTB Fleuve Hérault ce cours d'eau est en assec la majorité de temps, et l'eau ne s'écoule qu'en période de crue pendant un temps limité. En accord avec leurs estimations, un débit constant de 0,005m³/s (soit 18m³/h) a été retenu, à l'exception des mois de juillet à octobre où le débit a été considéré nul. A noter que le débit de la Thongue reste négligeable par rapport à celui de l'Hérault.

3.2.5. Prélèvements

3.2.5.1. Prélèvements en nappe

Les prélèvements en nappe mentionnés dans le chapitre 2.4.4 ont été pris en considération dans le modèle. L'essentiel des prélèvements est affecté à l'AEP. A titre d'exemple, en juillet 2023, la somme de tous ces prélèvements est de 75 840 m³/j, dont 68 500m³/j prélevés au champ captant de Filliol.

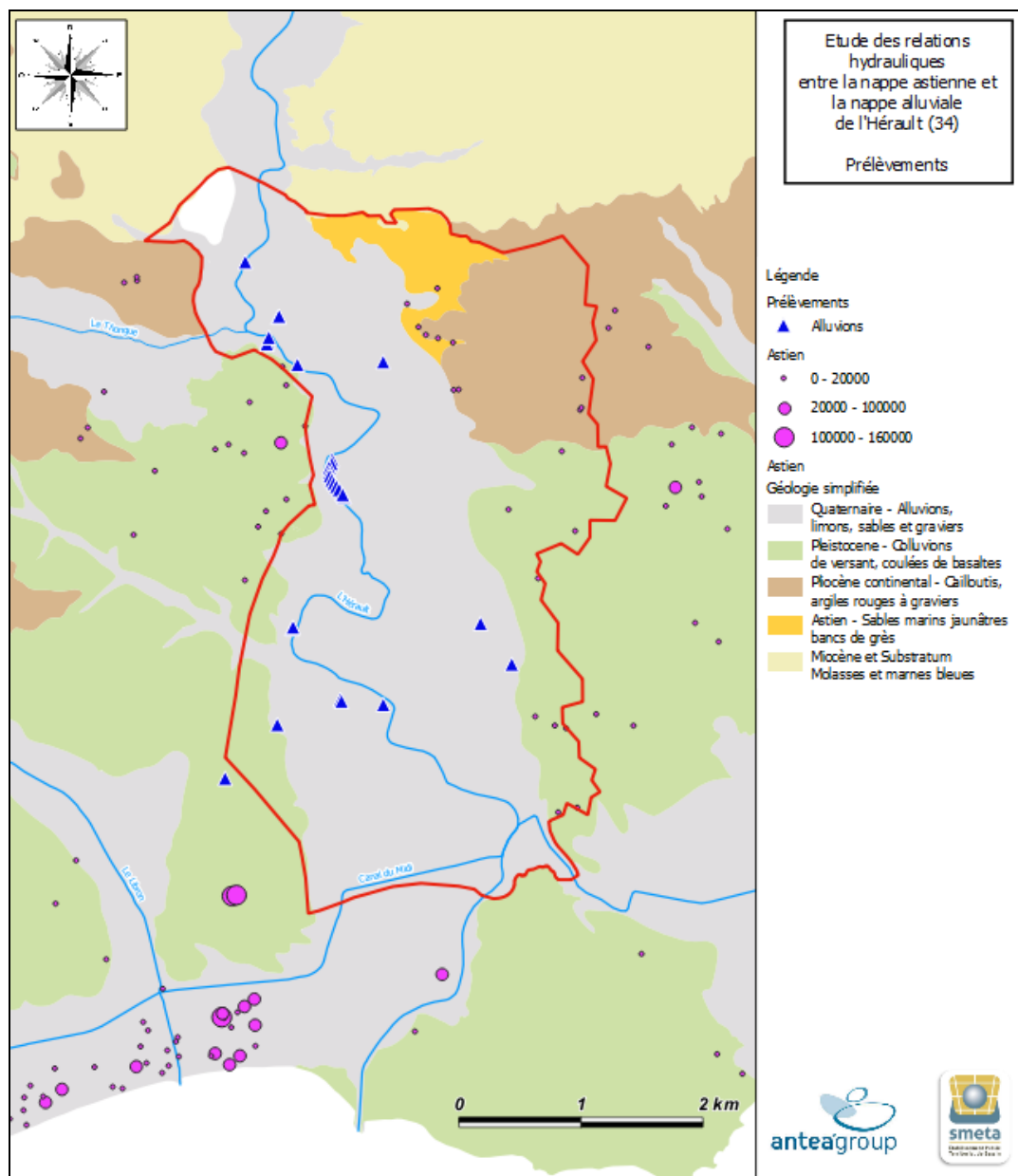


Figure 31 : Prélèvements à l'intérieur de la zone modélisé

3.2.5.2. Prélèvements dans l'Hérault

D'après les données de l'AERMC, deux prises d'eau ont lieu dans l'Hérault dans la zone d'étude, situés à l'amont et à l'aval de la confluence avec la Thongue. Uniquement, le volume annuel prélevé est disponible. En absence des données mensuelles ou journalières pour la modélisation, le volume annuel a été lissé sur l'année pour obtenir un débit journalier de prélèvement. Bien que ce soit une approximation grossière, le débit de prélèvement (14 et 21 m³/h pour chaque prise) reste négligeable par rapport au débit de l'Hérault (débit moyen annuel de 40 500 l/s, soit 145 800 m³/h).

3.3. Calage du modèle

Le principe du calage est d'ajuster certains paramètres du modèle afin que le modèle puisse reproduire, de façon réaliste, le comportement du système aquifère.

Deux phases de calage ont été réalisées : calage en régime permanent et calage en régime transitoire.

La piézométrie de référence pour le calage en régime permanent est celle relevée les 9 et 10 juillet 2023 lors de la campagne piézométrique d'Antea Group. Pour le calage en régime transitoire, les chroniques des piézomètres suivants ont été utilisées :

- Nappe alluviale : piézomètre 15bis (ancien doublet), puits 12 du champ captant de Filliol, nouveau doublet, piézomètre 10157X0104 ;
- Nappe de l'Astien : piézomètre 15, piézomètre 16, nouveau doublet, piézomètre 10031 ;
- Hérault : sonde de niveau d'eau placée en amont du seuil Bladier Ricard.

La simulation pour le calage en régime transitoire a été lancée à pas de temps journalier pour une période de deux ans (janvier 2022 à décembre 2023), afin de simuler au moins une période de hautes eaux et une période de basses eaux.

Les paramètres de calage ont été les suivants :

- La perméabilité et les coefficients d'emménagement ;
- L'épaisseur du colmatage du lit de l'Hérault ;
- En moindre mesure, la condition limite imposée dans la partie Nord du modèle pour l'Astien.

Le processus de calage est un processus itératif ; des nombreuses simulations en régime permanent et transitoire ont été réalisées avant de parvenir à un résultat satisfaisant. Les paramètres le plus sensibles sont la distribution des perméabilités des différentes formations et le colmatage du lit de la rivière.

3.3.1. Résultats du calage

3.3.1.1. Régime permanent

La figure suivante montre les écarts entre les niveaux mesurés lors de la campagne piézométrique de juillet 2023 et les niveaux piézométriques restitués par le modèle.

Globalement, les niveaux sont bien restitués par le modèle puisque les écarts entre les niveaux simulés et les niveaux observés sont inférieurs ou proches de 0,5 m pour l'essentiel des points d'observation. L'écart médian entre la valeur observée et la valeur simulée est de 26cm.

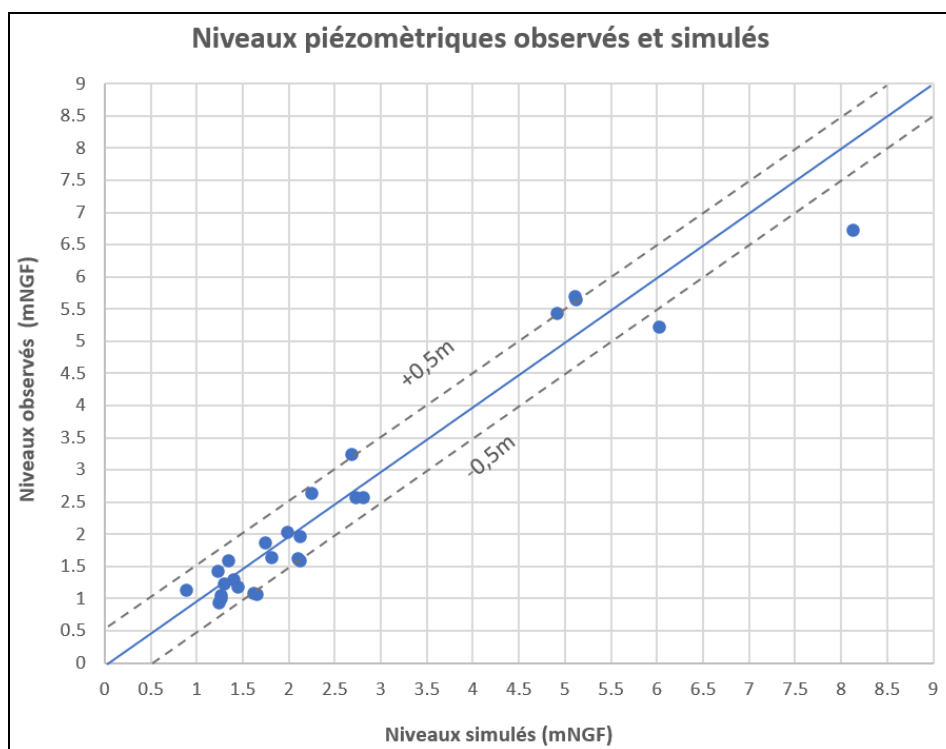


Figure 32 : Calage en régime stationnaire - niveaux mesurés et simulés (Juillet 2023)⁵

⁵ Les niveaux piézométriques du graphique correspondent à l'Astien et aux alluvions.

3.3.1.2. Régime transitoire

Le calage en régime transitoire a été réalisée sur les années 2022 et 2023, à un pas de temps journalier. Les figures suivantes illustrent les résultats du calage :

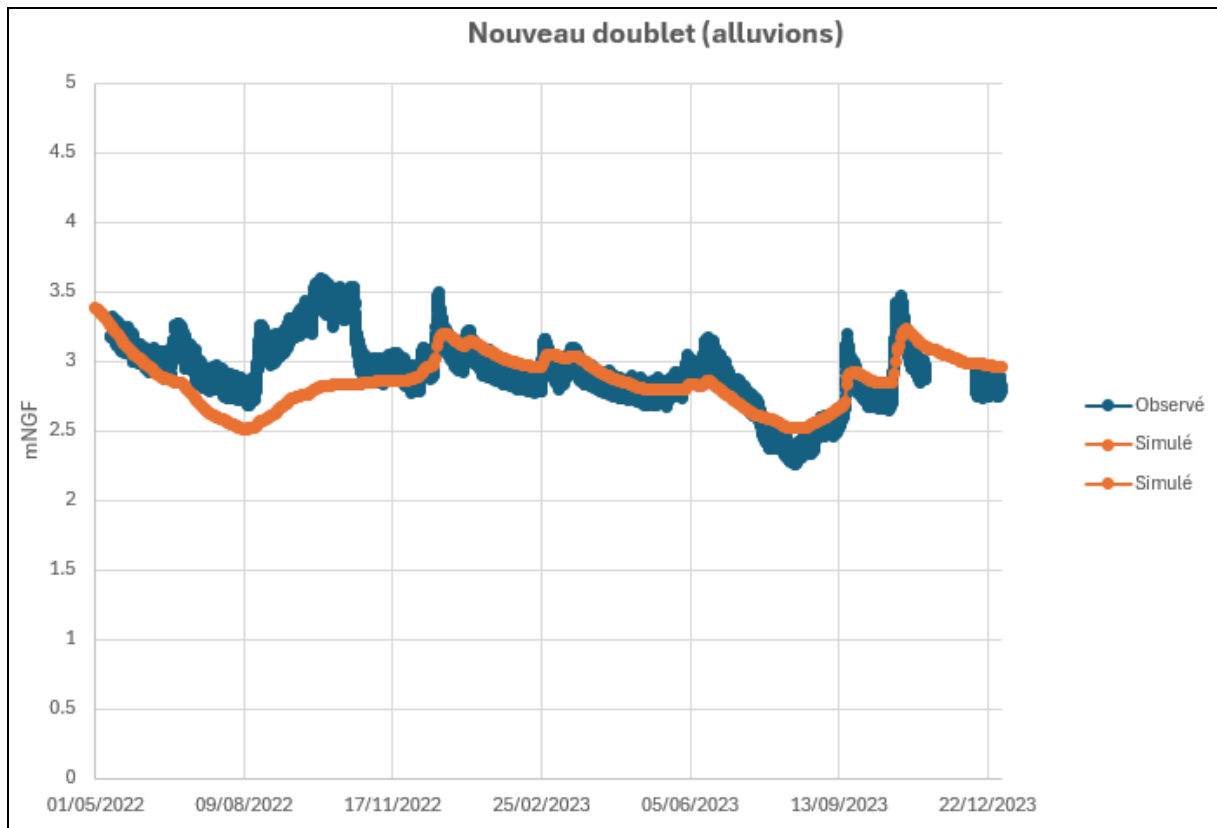


Figure 33 : Nouveau doublet (niveaux simulés et observés)

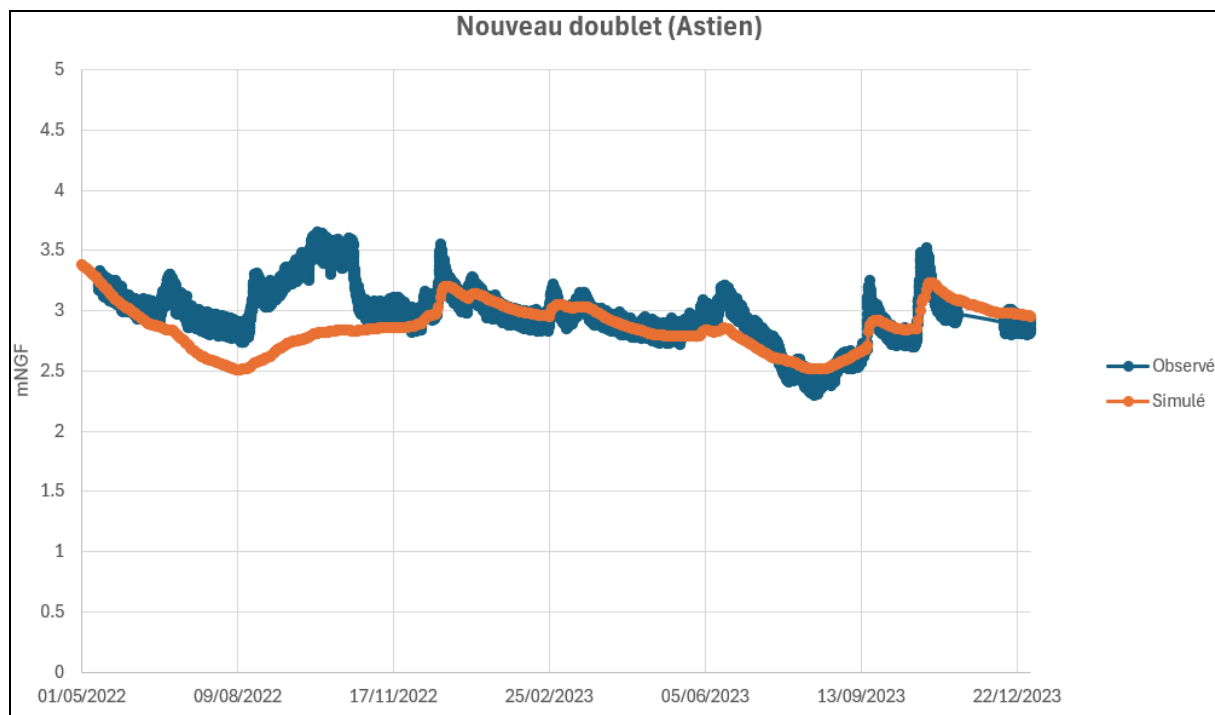


Figure 34 : Nouveau doublet (niveaux simulés et observés)

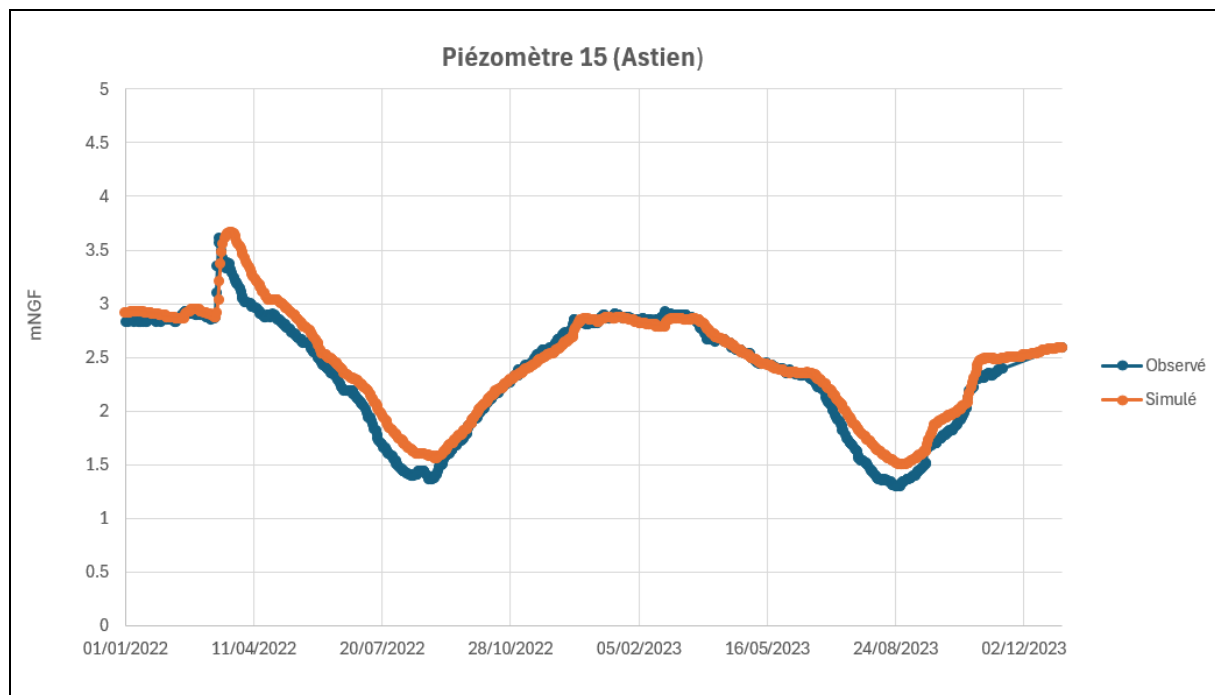


Figure 35 : Piézomètre 15 (niveaux simulés et observés)

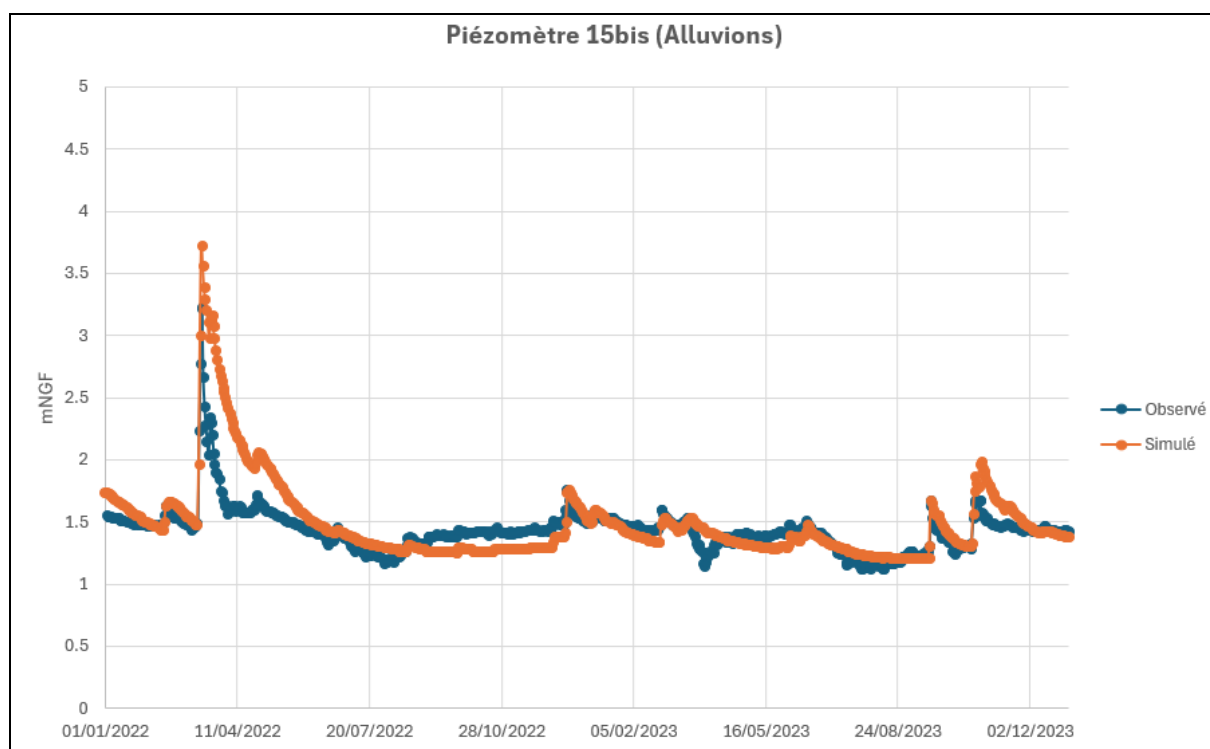


Figure 36 : Piézomètre 15bis (niveaux simulés et observés)

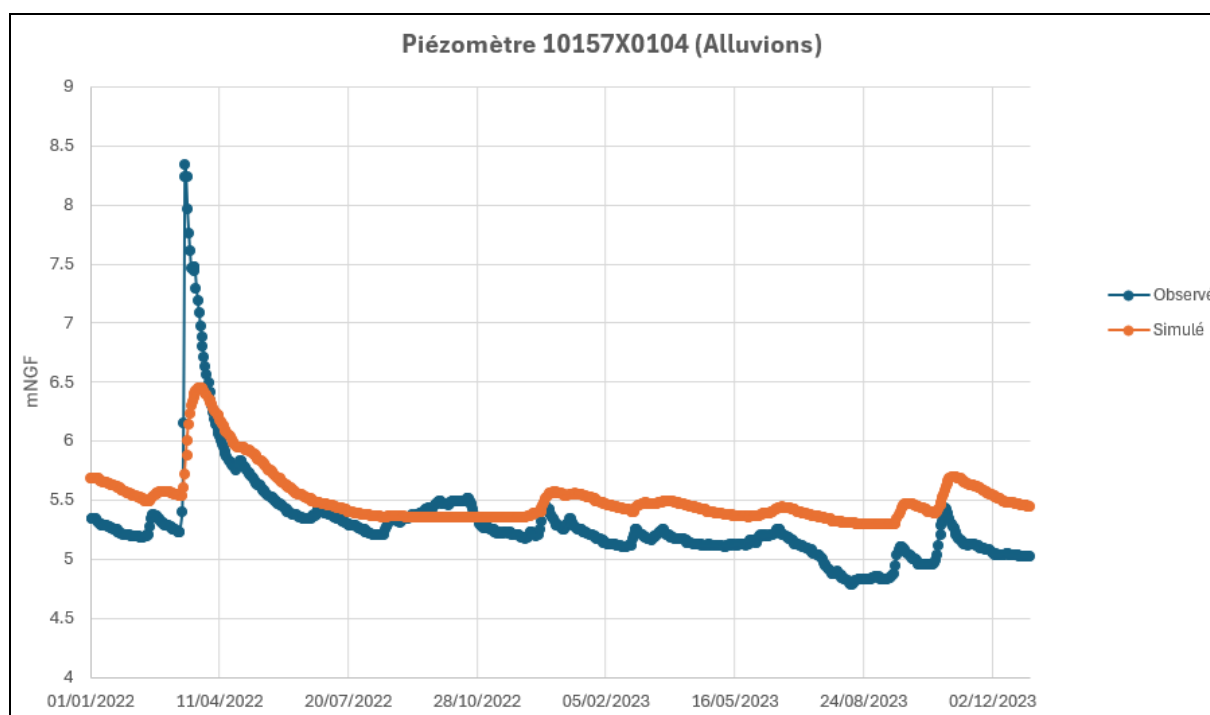


Figure 37 : Piézomètre 1015X0104 (niveaux simulés et observés)

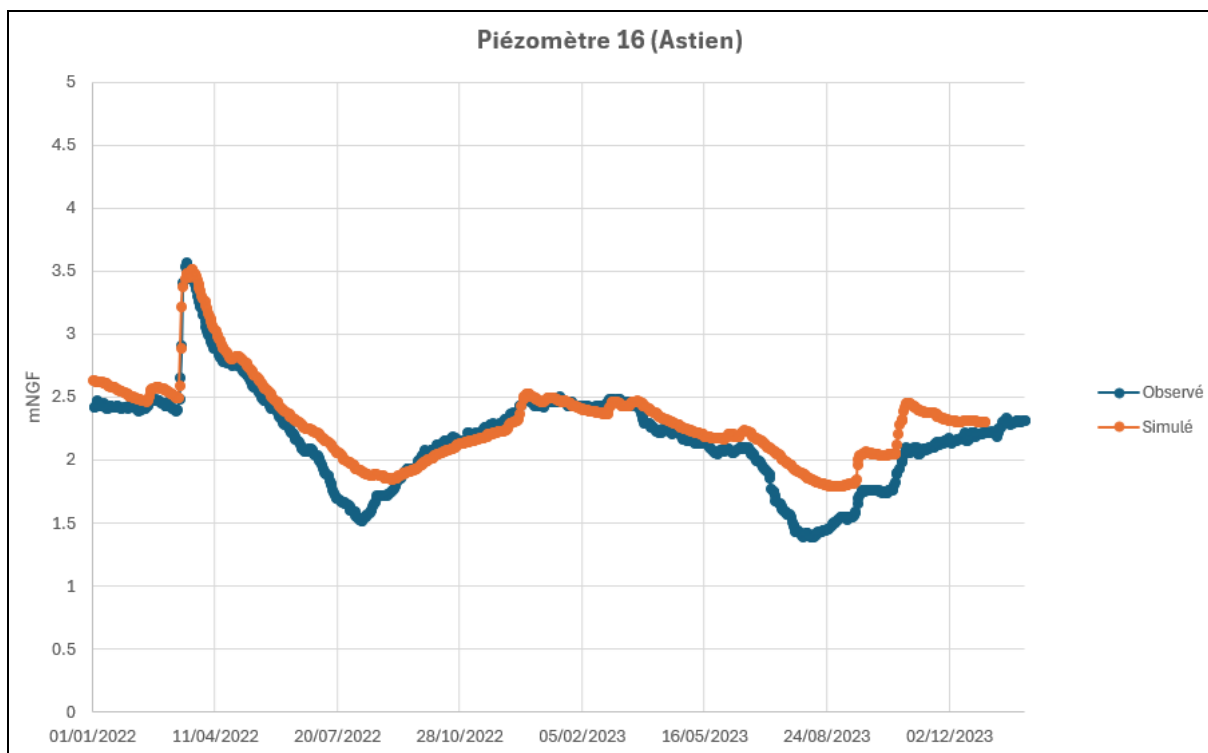


Figure 38 : Piézomètre 16 (niveaux simulés et observés)

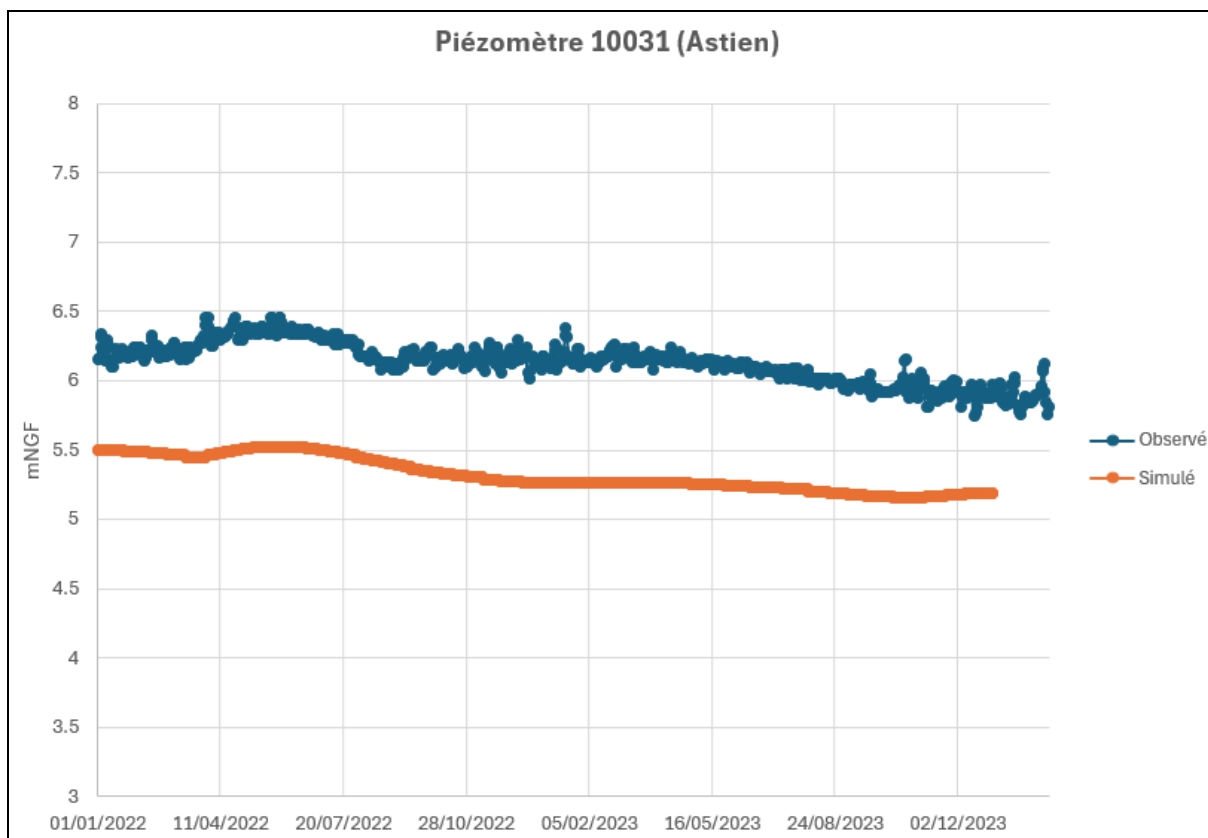


Figure 39 : Piézomètre 10031 (niveaux simulés et observés)

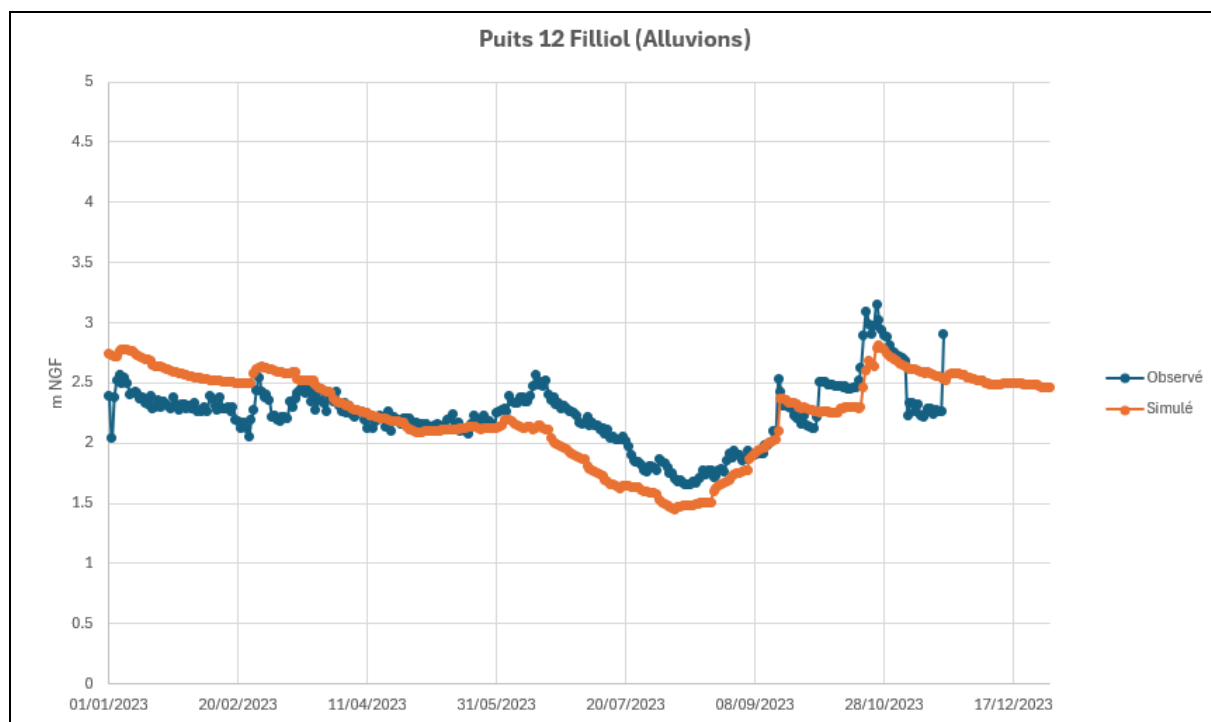


Figure 40 : Puits 12 du champ captant Filliol (niveaux simulés et observés)

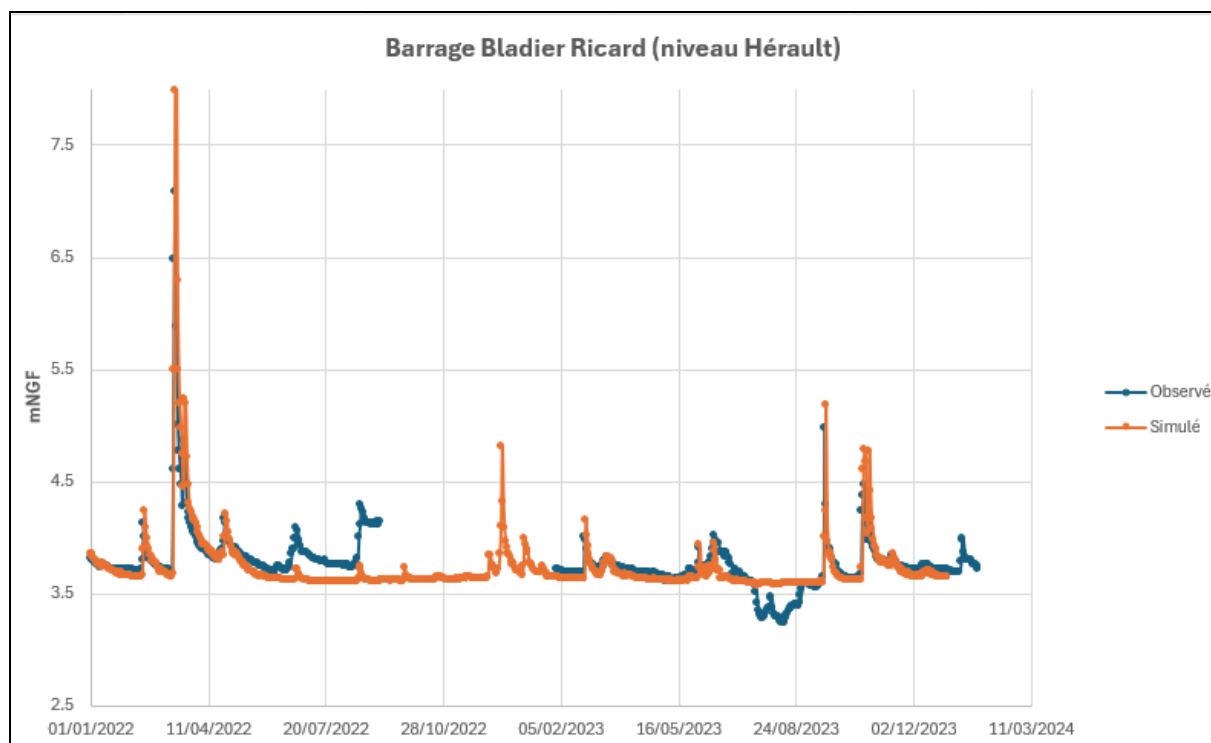


Figure 41 : Sonde dans le Hérault en amont de Bladier Ricard (niveaux simulés et observés)

Restitution du fonctionnement hydrogéologique

Les graphiques suivants montrent les niveaux simulés et observés au droit des deux doublets ; on observe que le modèle restitue bien le fonctionnement hydrogéologique des deux nappes.

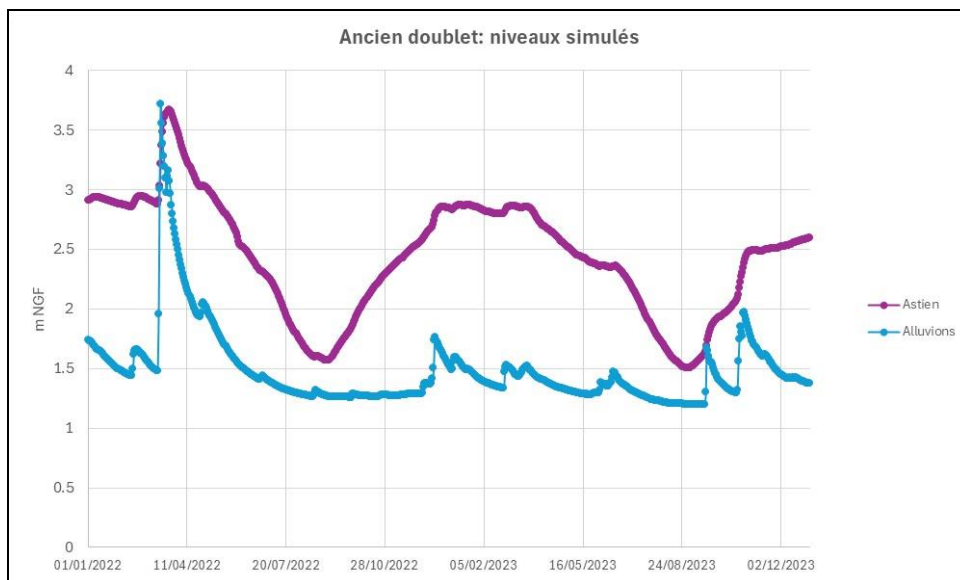


Figure 42 : Ancien doublet - niveaux simulés

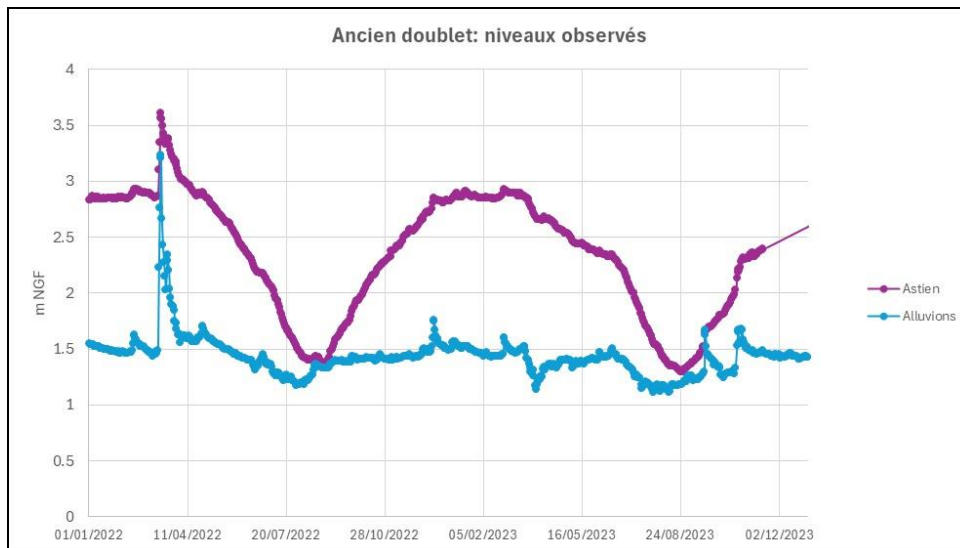


Figure 43 : Ancien doublet - niveaux observés

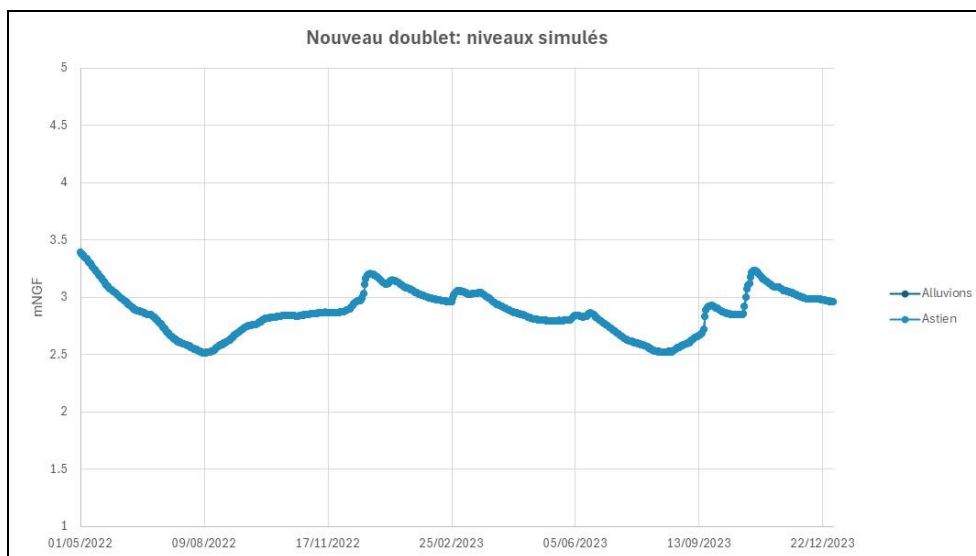


Figure 44 : Nouveau doublet - niveaux simulés (les isopièzes de l'Astien et des alluvions se superposent ; les écarts entre les deux sont inférieures à 1cm)

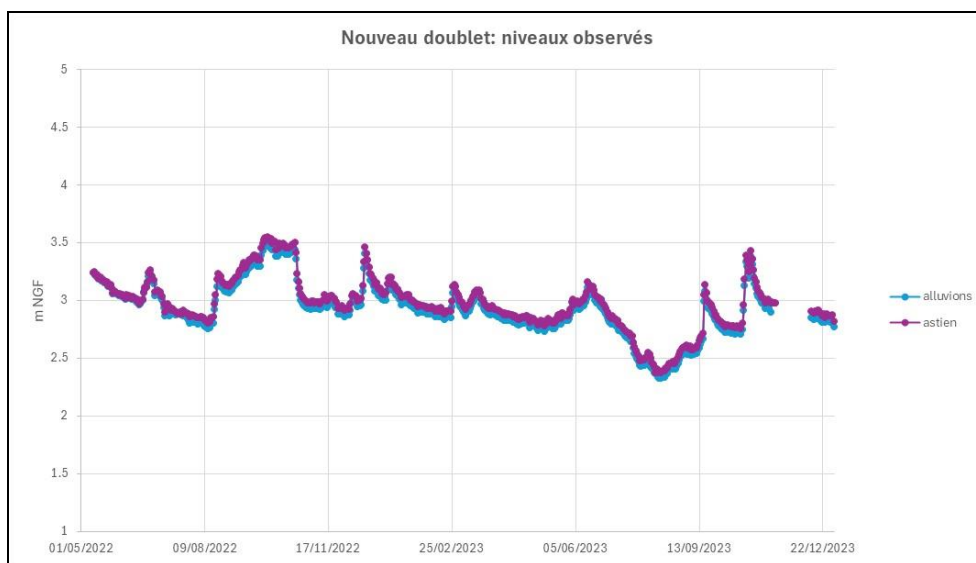


Figure 45 : Nouveau doublet - niveaux observés

3.3.2. Paramètres issus du calage

3.3.2.1. Distribution de la perméabilité

L'image suivante montre la distribution de la perméabilité retenue après calage, pour les 3 couches du modèle. Les valeurs sont cohérentes avec les valeurs retrouvées dans la bibliographie (cf. 2.4.2)

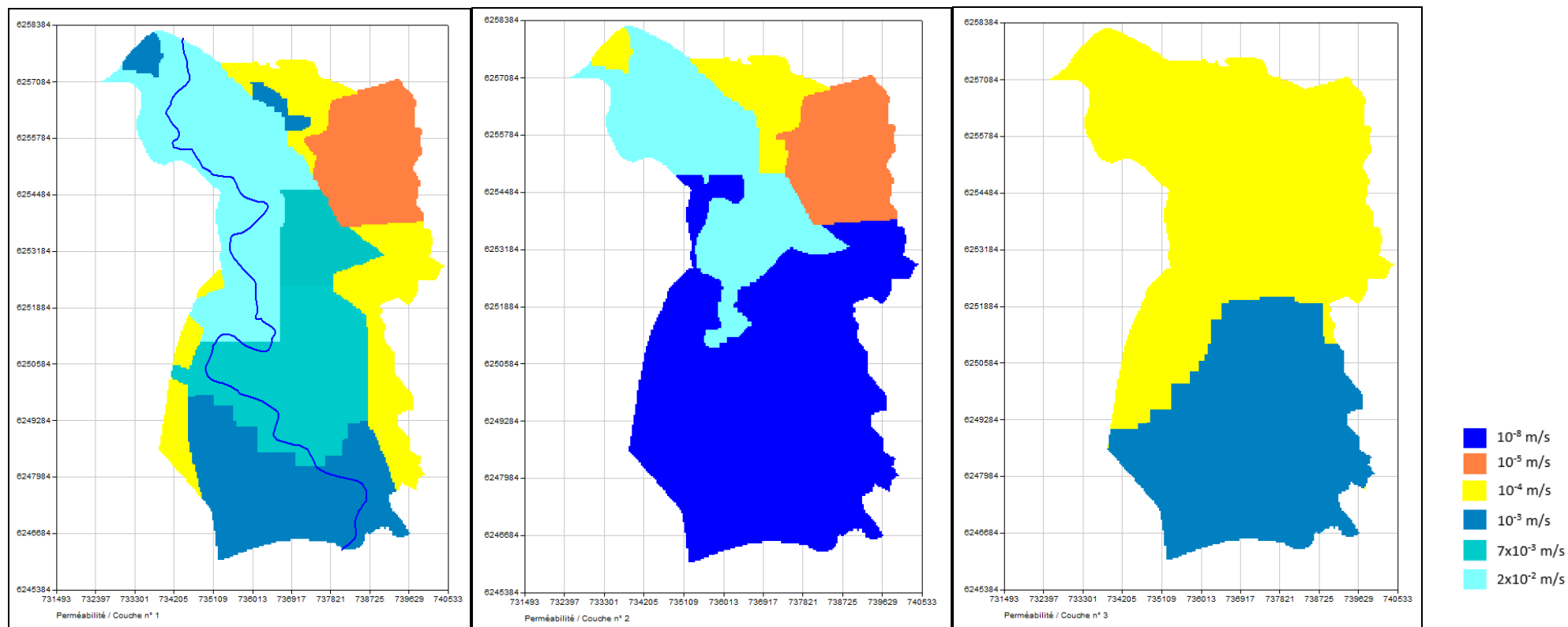


Figure 46 : Perméabilité issue du calage

3.3.2.2. Valeurs de porosité, coefficient d'emmagasinement et colmatage à l'issue du calage

- La porosité pour les alluvions à l'issue du calage est comprise entre 10 et 20%
- Le coefficient d'emmagasinement pour la nappe astienne a été fixé à 1×10^{-4} .

Ces valeurs sont cohérentes avec les données bibliographiques.

- Le colmatage du lit de l'Hérault a été également fixé par calage. La perméabilité du colmatage a été fixé à 1×10^{-6} m/s et son épaisseur varie entre 0,2m (à l'amont) et 0,3m (à l'aval).

Le colmatage plus faible de l'Hérault dans sa partie amont contribue en grande partie à l'alimentation du champ captant de Filliol. La combinaison de ce faible colmatage et de la forte perméabilité des alluvions au droit du champ captant (1×10^{-2} m/s) permet des rabattements en nappe très faibles (globalement inférieurs à 0,5m) alors que le débit de prélèvement est très important (237 m³/h par puits en juillet 2023).

3.4. Bilan hydraulique de la nappe

Le bilan hydraulique détaille les composantes des débits d'entrée (recharge, apports de la rivière, apports aux limites) et de sortie du modèle (pompages, drainage, etc). Ce bilan doit être équilibré.

3.4.1. Bilan hydraulique global en régime permanent (étiage)

Le tableau suivant synthétise les termes du bilan hydraulique en régime permanent (à l'étiage 2023, période de calage de la simulation en régime permanent).

Tableau 3 : Bilan hydraulique du modèle en régime permanent

	Entrées (m ³ /h)	Sorties (m ³ /h)
Potentiels imposés	1570	223
Prélèvements	-	3066
Recharge	361	-
Rivière/nappe	3457	2099
TOTAL	5388	5388

On observe que le principal apport d'eau à la nappe est l'Hérault, qui par ailleurs permet de soutenir un niveau de prélèvement élevé.

3.4.2. Bilan en régime transitoire

La réalisation du bilan en régime transitoire permet de calculer, à chaque pas de temps, le volume d'eau échangé entre les alluvions et l'Astien (un des objectifs principaux de la modélisation).

3.4.2.1. Echanges entre l'Astien et les Alluvions dans la zone de contact

Dans la zone de contact entre les alluvions et la nappe astienne (c.à.d. la zone sans couche argileuse séparant les deux aquifères), le bilan mensuel des échanges est montré dans la figure ci-après. Pour rappel l'extension totale de cette zone est d'environ 12 km².

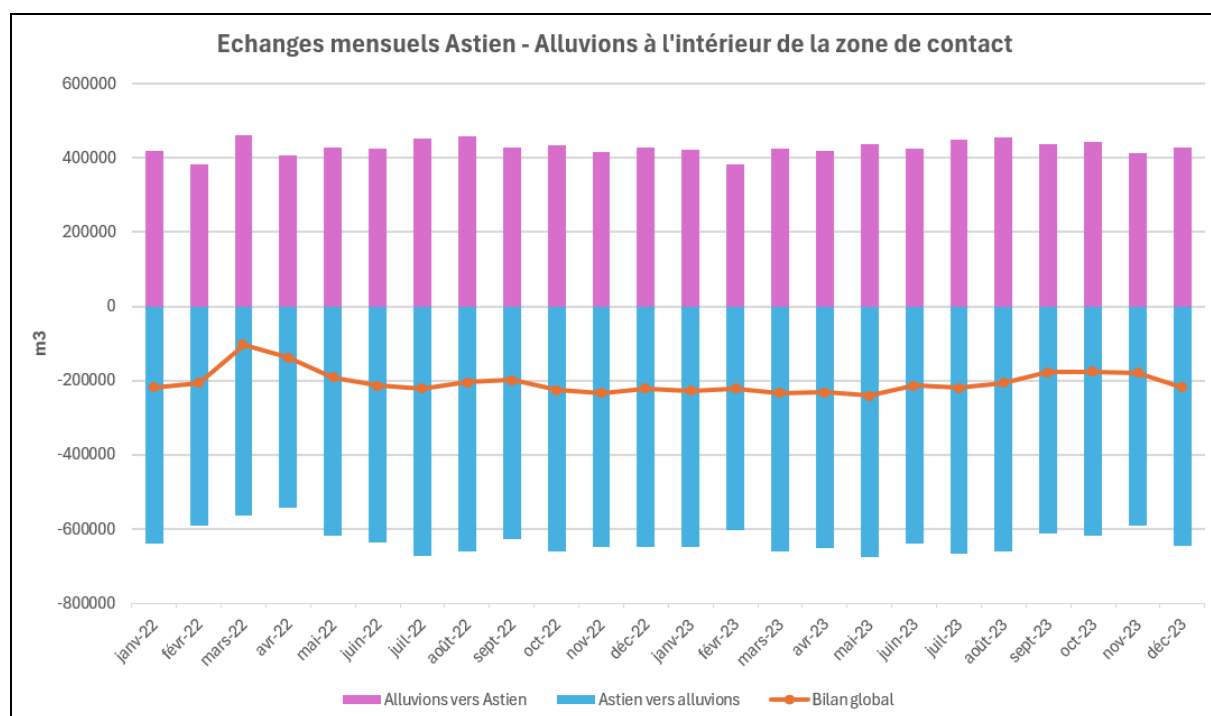


Figure 47 : Echanges dans la zone de contact

Les volumes positifs (violet) correspondent à l'alimentation de l'Astien par les alluvions. Les volumes négatifs (bleu) correspondent aux sorties de l'Astien vers les alluvions. La courbe orange est la somme des échanges : une valeur négative indique un déficit pour l'Astien.

Des échanges ont lieu entre les deux nappes et dans les deux sens, mais ils sont majoritaires dans le sens Astien vers alluvions, que ce soit à l'étiage ou en hautes eaux. En moyenne, environ 400 000 m³/mois viennent alimenter la nappe astienne, alors que celle-ci transfère 600 000 m³/mois aux alluvions. Sur les années simulées, le bilan pour la nappe astienne est le suivant :

Tableau 4 : Echanges entre nappes - Bilan global pour l'Astien dans la zone de contact

2022	-2,4 Mm ³
2023	-2,5 Mm ³

La figure suivante montre le bilan global des échanges (alluvions – astien) à pas de temps journalier. Au cours de la période simulée, le bilan n'a été positif pour l'Astien qu'à une seule occasion : lors de la crue de l'Hérault de mars 2022.

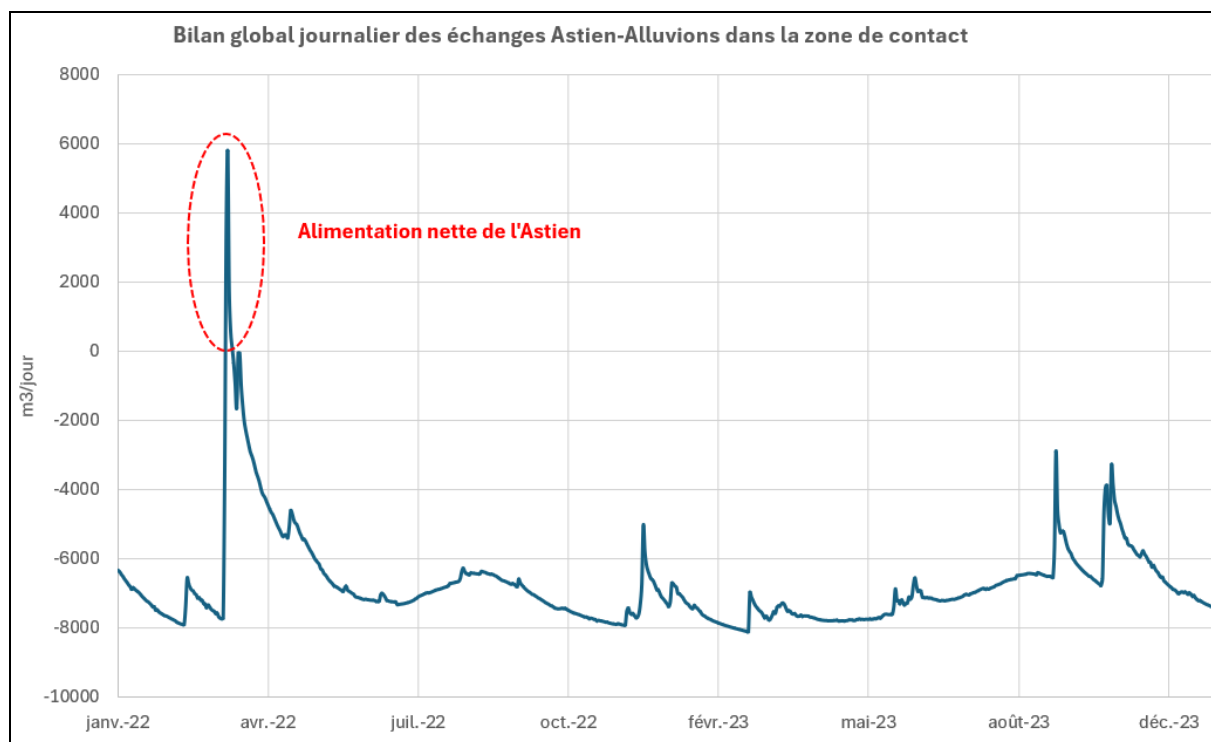


Figure 48 : Bilan global journalier des échanges entre les deux nappes (les valeurs positives correspondent à une alimentation nette de l'Astien, les valeurs négatives à une alimentation des alluvions et un déficit pour l'Astien)

3.4.2.2. Echanges entre les deux nappes à l'extérieur de la zone de contact

Le même bilan d'échanges entre les deux nappes a été réalisé pour le secteur dans lequel une couche d'argiles sépare les deux aquifères. Cette zone fait une extension de 22 km².

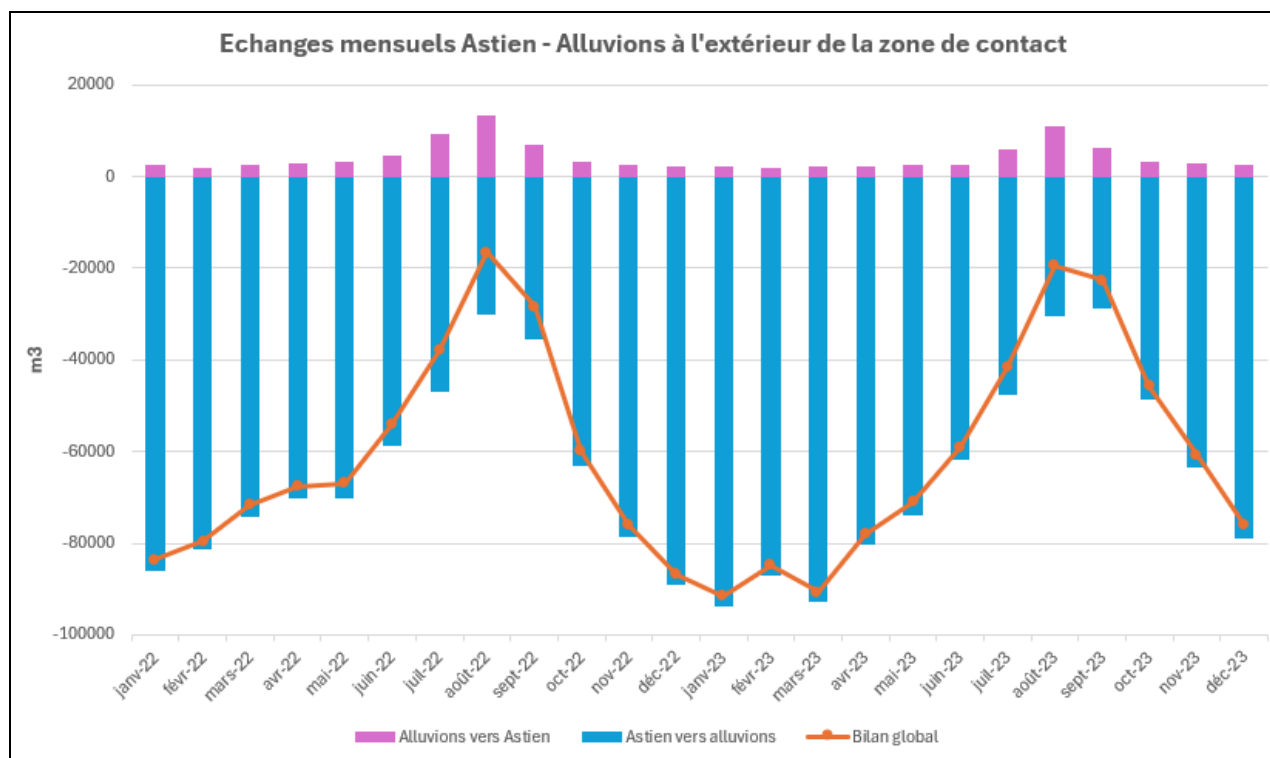


Figure 49 : Echanges entre les deux nappes à travers de la couche d'argiles (m³/mois)

La couche d'argile étant très peu perméable, les échanges sont fortement limités par rapport à la zone où les deux nappes se superposent ; les échanges se font essentiellement dans le sens Astien vers alluvions, en raison de la mise en charge de la nappe astienne sous la couverture argileuse. Le volume transféré diminue en été, en relation avec la baisse saisonnière de l'Astien (prélèvements estivaux sur la côte).

Sur les deux années simulées, le bilan pour l'Astien a été le suivant :

Tableau 5 : Echanges entre nappes - bilan global pour l'Astien à l'extérieur de la zone de contact

2022	-0,7 Mm³
2023	-0,7 Mm³

3.4.2.3. Bilan global échanges Astien-Alluvions

Le bilan global des échanges pour l'ensemble du modèle (zone de contact des deux aquifères et zone sans contact direct) est le suivant :

Tableau 6 : Echanges entre nappes - bilan global pour l'Astien

2022	-3,1 Mm³
2023	-3,3 Mm³

Les alluvions de l'Hérault constituent donc un exutoire pour l'Astien.

Les illustrations de la figure 50 montrent, à deux instants donnés, la répartition géographique des zones d'alimentation et des zones de perte pour l'Astien :

- Lors de l'étiage 2023 (juillet)
- Lors de la crue de l'Hérault de mars 2022

L'illustration ne prend pas compte du volume d'eau échangé dans chaque maille du modèle, mais uniquement si ce volume est positif ou négatif.

En revanche, sur la Figure 51, les débits échangés sont quantifiés, afin de faire ressortir les zones géographiques dans lesquelles les échanges sont les plus importants. Il faut noter que cette figure est valable uniquement pour le 10 juillet 2023. En effet, en fonction des potentiels des deux nappes à chaque pas de temps de la simulation, les débits échangés et même le sens des échanges vont être différents.

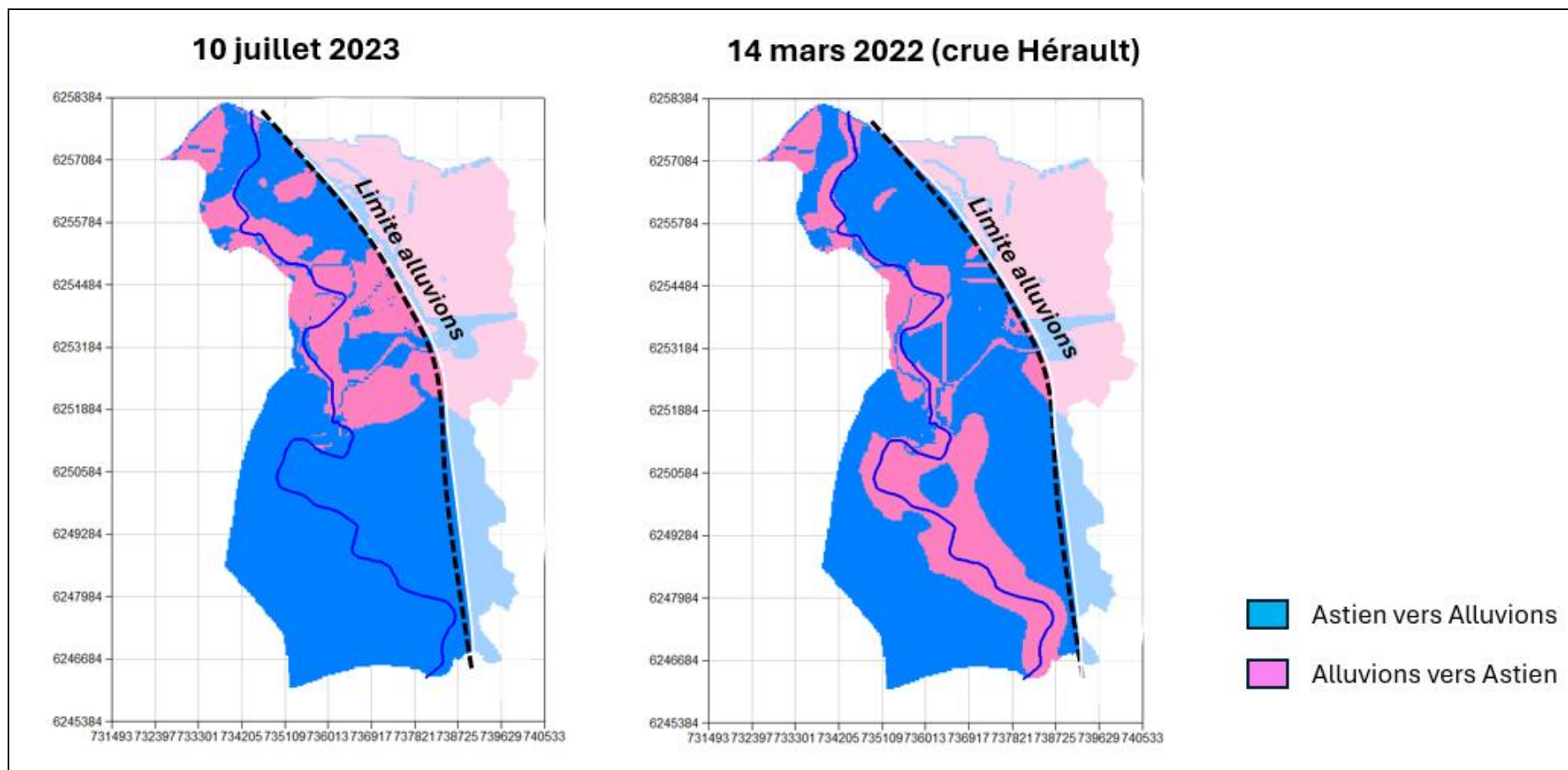


Figure 50 : Sens des échanges en juillet 2023 et en mars 2022

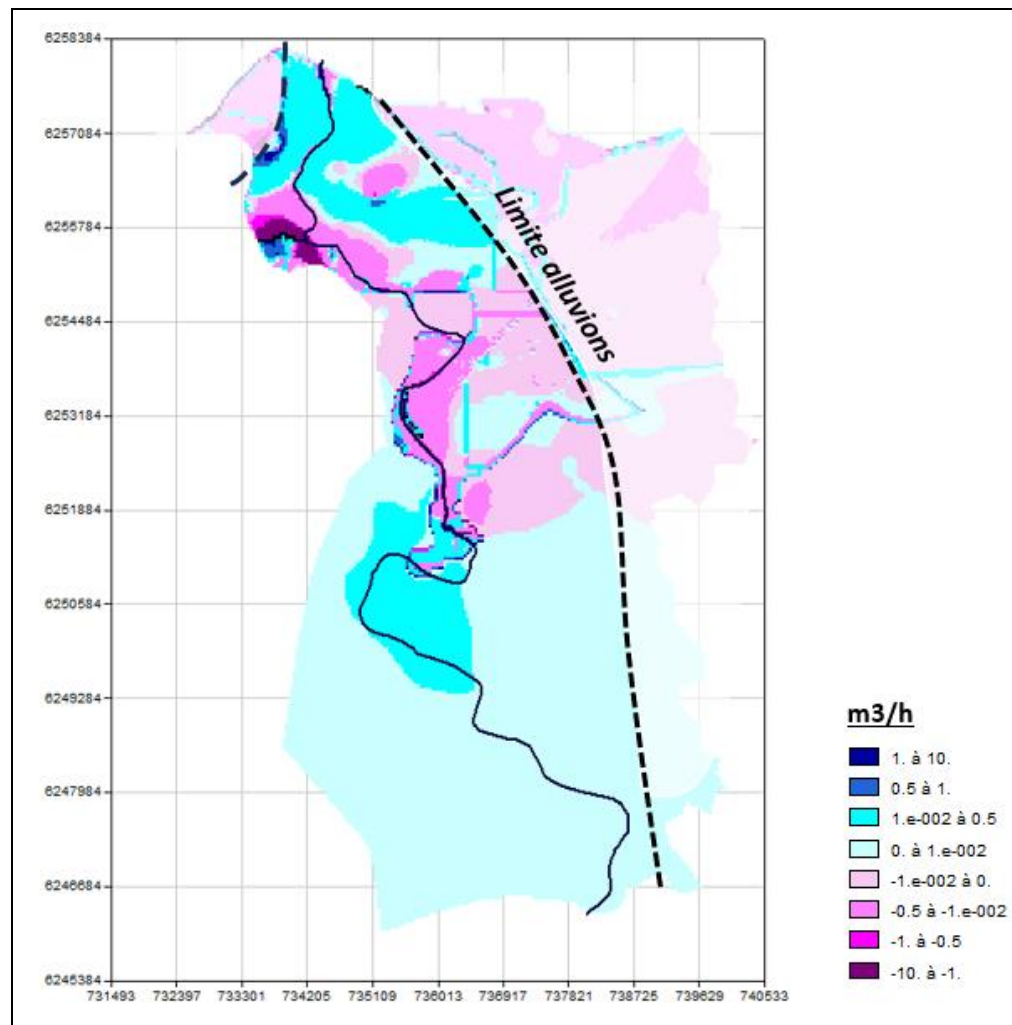


Figure 51 : Débit échangé entre les deux nappes le 10 juillet 2023. Les débits positifs (bleu) correspondent aux zones d'alimentation des alluvions par l'Astien. Le débit est donné en m3/h par maille du modèle (40 x 40m)

3.4.2.4. Bilan des échanges nappe / rivière

Les échanges entre la nappe et l'Hérault constituent un des éléments principaux du bilan hydraulique du système. Les volumes d'eau échangés mensuellement entre la rivière et sa nappe alluviale sont indiqués dans la Figure 52.

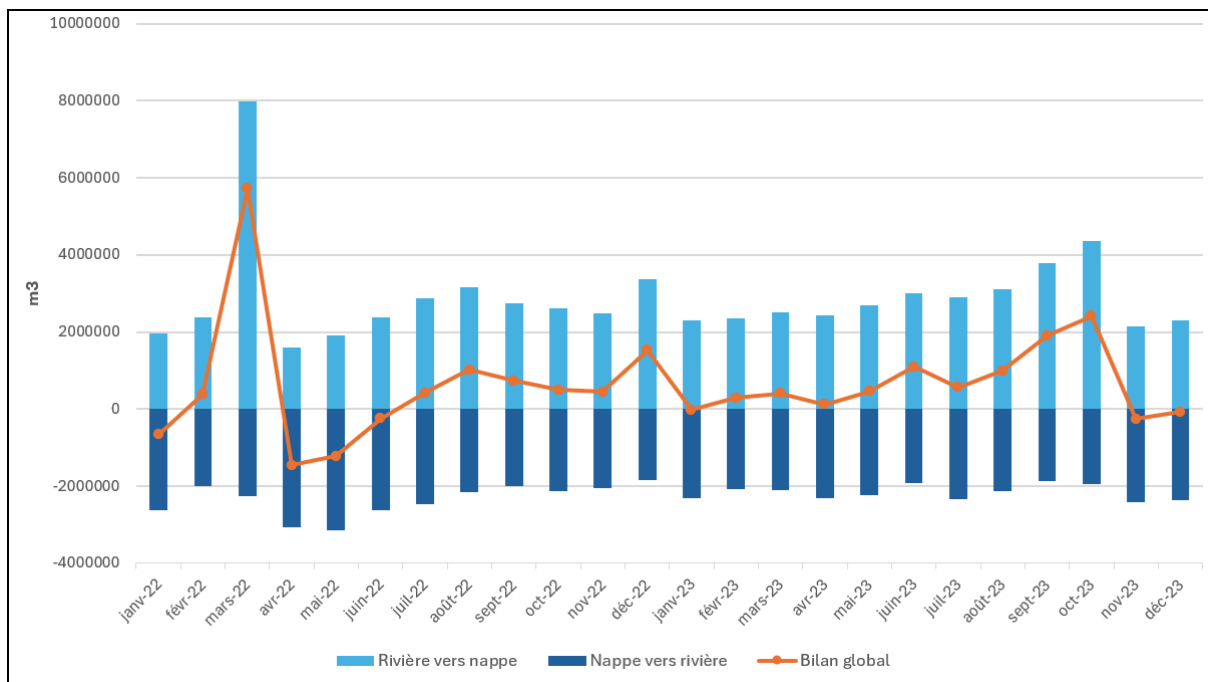


Figure 52 : Bilan mensuel des échanges entre l'Hérault et la nappe alluviale

Entre 2022 et 2023, la rivière alimente généralement la nappe, même si le bilan mensuel est souvent proche de l'équilibre. La crue de l'Hérault de mars 2022 est particulièrement marquée, avec un volume de 8 000 000 m³ parti vers la nappe⁶ au mois de mars (pour rappel, lors de cette crue des débits atteignant 750 m³/s avaient été mesurés dans la station d'Agde).

Dans les échanges nappe/river, le fonctionnement le plus courant est une alimentation des cours d'eau par les nappes à l'étiage, et une inversion des échanges lors des crues. Ici, la rivière alimente la nappe aussi en période d'étiage, ce qui peut être expliqué par la présence du seuil de Bladier Ricard et les prélèvements en nappe notamment au champ captant de Filliol (plus élevés en été). Le volume d'eau prélevé serait compensé par des apports d'eau de l'Hérault vers la nappe, apports qui sont très favorisés par la présence du seuil.

⁶ Ce volume correspond à l'eau qui passe de l'Hérault vers la nappe à travers du lit mineur et des berges de la rivière. Le volume d'eau qui a pu déborder au-dessus des berges pendant la crue et qui aurait pu ensuite s'infiltrer dans la nappe n'est pas considéré.

3.4.2.5. Bilan hydraulique pour le champ captant de Filliol

Afin d'avoir une idée de l'origine de l'eau pompée par les puits du champ captant de Filliol, et de son impact éventuel sur l'Astien, le bilan hydraulique en juillet 2023 a été réalisé. Pour rappel, il s'agit de la période de l'année où les prélèvements sont les plus élevés.

Tableau 7 : Bilan hydraulique du champ captant en Juillet 2023

	Entrées (m³/j)	Sorties (m³/j)
Alluvions	16056	-5376
Astien	1944	-1368
Pompages		-68280
Apport rivière	53184	
Déstockage nappe	3840	
	75024	-75024

Le bilan permet de constater qu'à l'étiage, la rivière apporterait 77,9% de l'eau pompée par les puits du champ captant, alors que la nappe (entrées dans le champ captant + déstockage nappe – sorties) contribuerait avec le 22,1% restant. L'eau provenant de la nappe serait essentiellement issue des alluvions ; **l'Astien ne contribue qu'à 1% de l'alimentation du champ captant.**

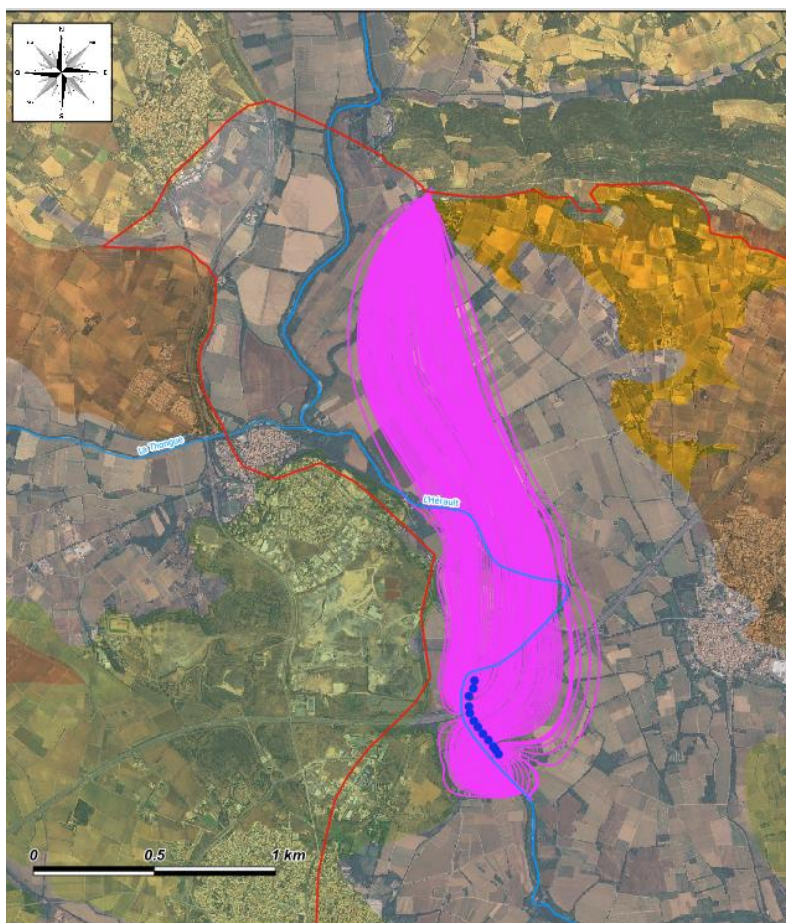


Figure 53 : Zone d'appel du champ captant Filliol

4. Simulations

4.1. Simulation 1 : Hausse du niveau du seuil Bladier Ricard

4.1.1. Présentation de la simulation

Une des pistes envisagées pour favoriser la recharge de la nappe astienne serait de modifier le niveau du seuil de Bladier Ricard. Un niveau plus élevé permettrait d'augmenter le niveau de la nappe alluviale et éventuellement favoriser le transfert d'eau vers l'Astien.

La première simulation consiste donc à faire monter d'un mètre le niveau du seuil, et d'évaluer l'impact d'une telle hausse sur la piézométrie et sur les volumes échangés entre les deux nappes. Le reste des conditions et des caractéristiques du modèle reste inchangé. La simulation a été lancée pour les années 2022 et 2023 et les résultats sont comparés à la situation actuelle. La position du seuil reste la même pendant toute la période (on ne simule pas des éventuelles manipulations des clapets).

Il est important de noter que quand on introduit un seuil (un petit barrage) d'une certaine hauteur sur le logiciel Marthe, la ligne d'eau de la rivière à l'amont du seuil se voit affecter une hausse de la même hauteur que le seuil. Ainsi, une hausse d'un mètre des clapets du barrage Bladier Ricard implique que tous les tronçons rivière à l'amont auront aussi une hausse d'un mètre, de façon homogène et indépendamment de la distance au seuil. Cela mène à surestimer un peu l'impact du seuil sur la rivière et donc sur la nappe. Cependant, après discussions avec l'EPTB Fleuve-Hérault, il s'avère que les manipulations actuelles des clapets dans le barrage se font sentir jusqu'au seuil de Saint-Thibéry avec des variations de niveau de presque la même amplitude qu'à Bladier Ricard, le fond du lit de la rivière étant très plat. Le calcul de Marthe ne serait donc pas très surestimé. En amont du seuil de Saint-Thibéry, aucune variation de niveau liée au seuil n'a pas été autorisée dans le modèle (la ligne d'eau reste la même que dans la simulation de référence).

4.1.2. Résultats de la simulation

La simulation est lancée en régime transitoire à un pas de temps journalier, du 1^{er} janvier 2022 au 31 décembre 2023.

Les résultats de la simulation montrent qu'une hausse d'un mètre du niveau du seuil permet d'augmenter de façon importante le potentiel de la nappe alluviale (hausse de la nappe à proximité du seuil comprise entre 0,5 et 0,75m).

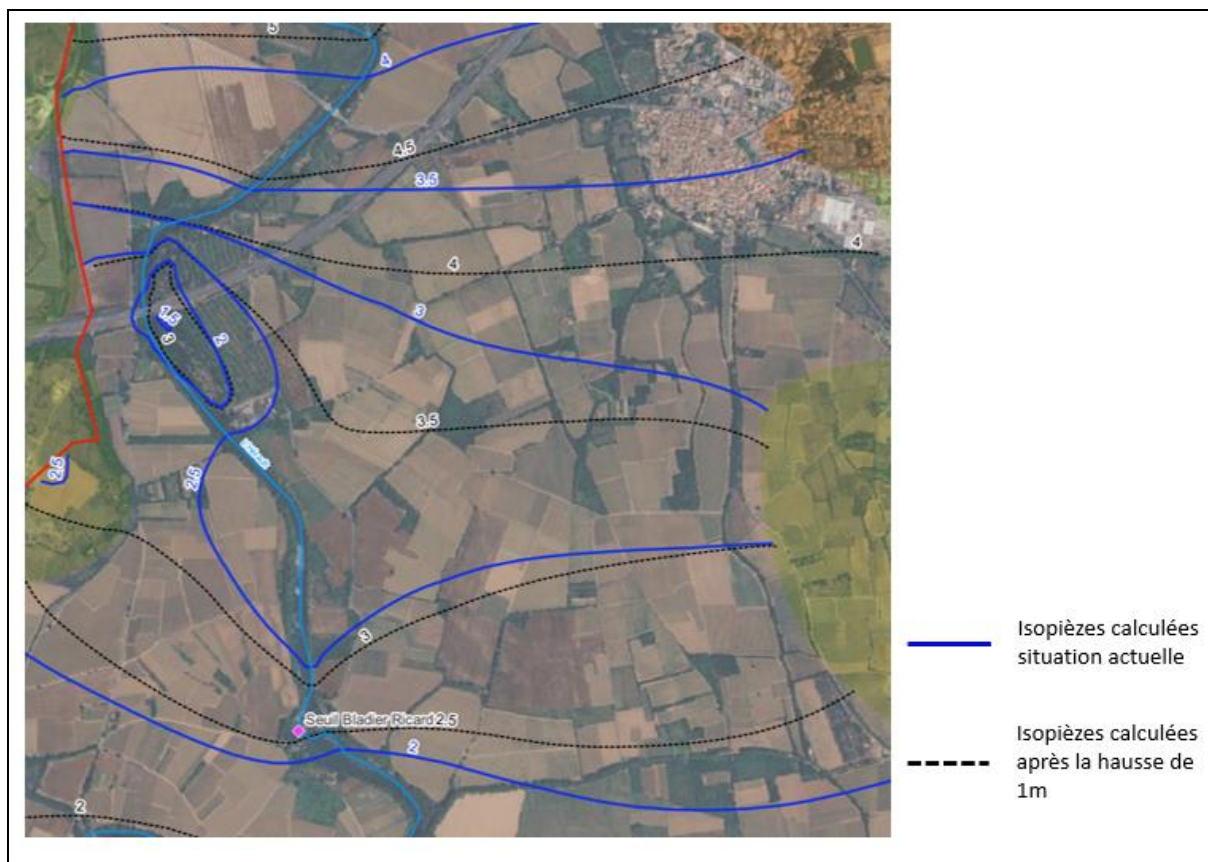


Figure 54 : Piézométrie de la nappe alluviale à l'étiage après la hausse de 1m du seuil Bladier Ricard

Le bilan hydraulique et les échanges mensuels entre les deux aquifères ont été recalculés. Le calcul permet de confirmer que **la hausse du potentiel des alluvions favorise aussi l'Astien**, qui reçoit une recharge supplémentaire d'environ 30 000 m³/mois par rapport à la situation actuelle (Figure 55). Cependant le bilan est toujours négatif pour l'Astien, qui globalement continuerait à alimenter les alluvions (Figure 56).

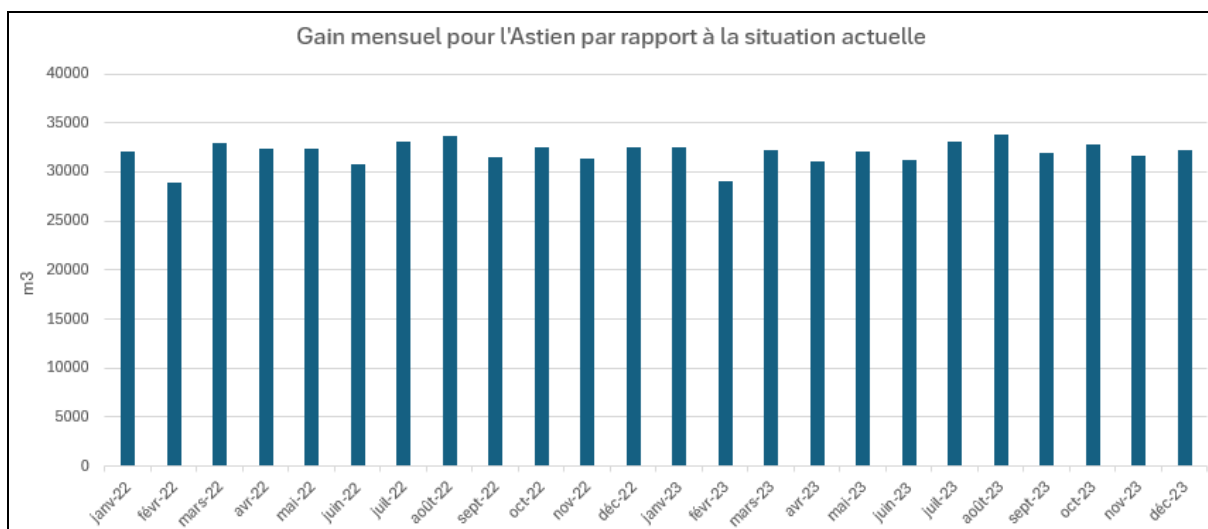


Figure 55 : Recharge supplémentaire mensuelle pour l'Astien

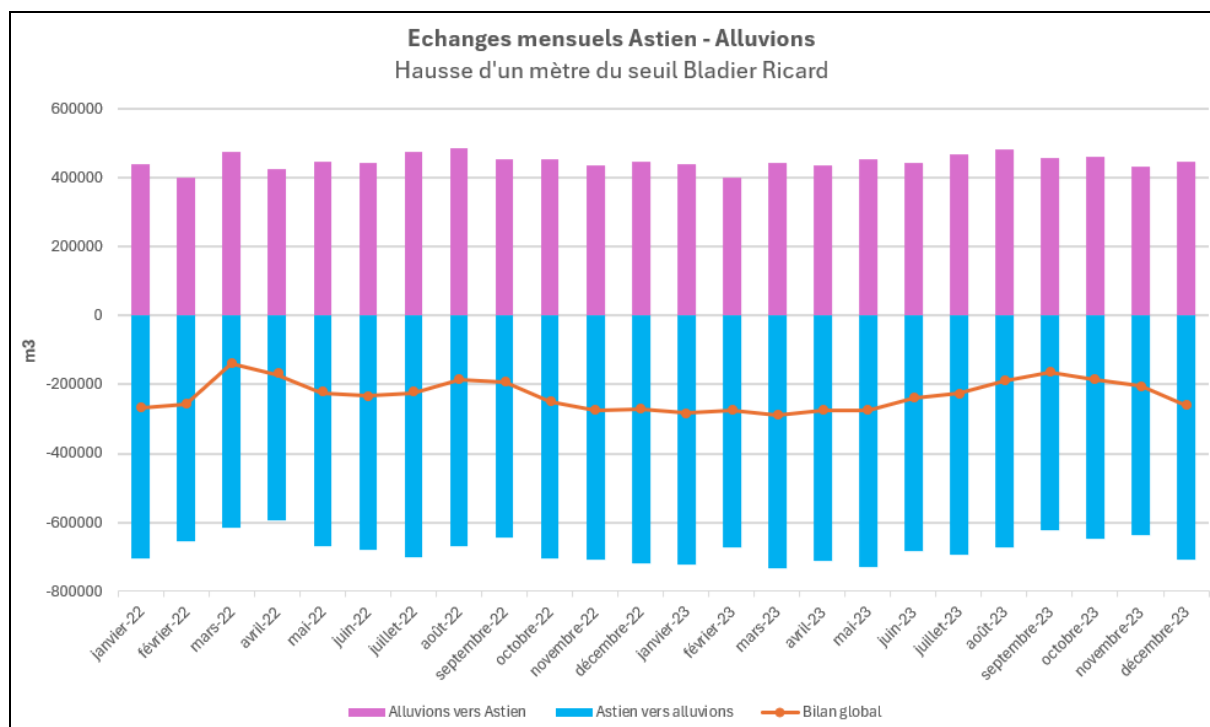


Figure 56 : Echanges mensuels entre les deux nappes après la modification du seuil

Le bilan annuel est indiqué dans le tableau suivant et comparé à la situation actuelle. **La hausse d'un mètre du seuil de Bladier Ricard permettrait de gagner environ 400 000 m³/an pour l'Astien.**

Tableau 8 : Bilan global pour l'Astien

	Situation actuelle	Hausse 1m
2022	-3.1 Mm ³	-2.7 Mm ³
2023	-3.3 Mm ³	-2.9 Mm ³

4.2. Simulation 2 : Incidence des prélèvements sur les débits de l'Hérault

4.2.1. Présentation du contexte

Le Plan de Gestion de la Ressource en Eau (PGRE) du bassin du fleuve Hérault a comme objectif la mise en place d'une gestion de la ressource en eau qui permet de garantir la satisfaction des usages et les besoins des milieux sans avoir à recourir à une gestion de crise plus de 2 années sur 10.

Le PGRE définit des débits cibles à garantir pour les besoins des milieux aquatiques. Ils doivent être satisfaits en moyenne sur un mois (et pas tous les jours du mois).

En 2022 et 2023, le débit de l'Hérault en sortie de la zone modélisée est illustré ci-après :

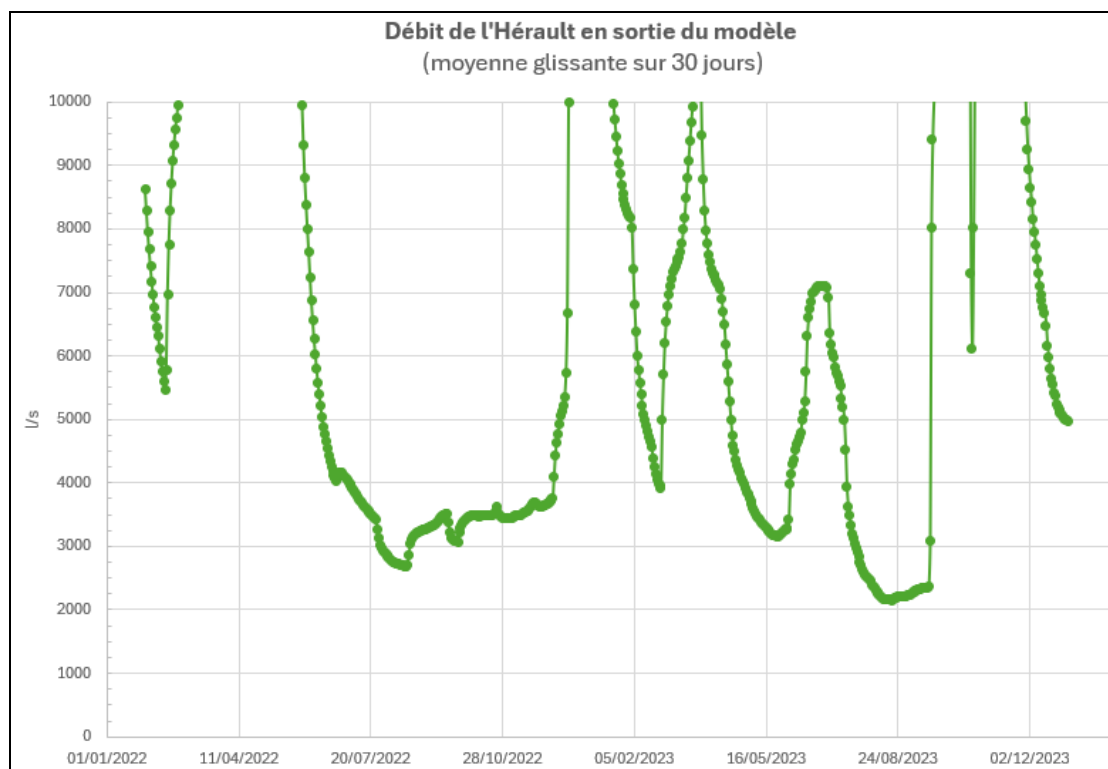


Figure 57 : Débit de l'Hérault simulé en sortie du modèle

Il est important de noter que le débit simulé en sortie du modèle ne représente pas avec précision le débit à la station d'Agde. En effet, la zone modélisée ne va pas jusqu'à Agde, et de ce fait, des éventuels apports ou prélèvements supplémentaires qui pourraient avoir lieu avant d'arriver à la station (Canal de Midi, ...) ne sont pas pris en considération.

4.2.2. Objectif de la simulation

Le champ captant de Filliol est le plus gros ouvrage de prélèvement d'eau du secteur modélisé. L'objectif du modèle est de simuler une baisse de prélèvements dans le champ captant et de quantifier l'effet de cette baisse sur le débit de l'Hérault.

Trois simulations ont été lancées :

- Simulation 1 : les prélèvements du champ captant sont complètement arrêtés, tout l'année ;
- Simulation 2 : baisse des prélèvements de 50% à l'étiage (du 1^{er} juin au 30 septembre) ;
- Simulation 3 : baisse des prélèvements de 25% à l'étiage (du 1^{er} juin au 30 septembre).

4.2.3. Résultats

4.2.3.1. Arrêt complet des pompages du champ captant Filliol

Les résultats de la première simulation montrent que l'arrêt total des pompages de Filliol permettrait de gagner un débit supplémentaire d'eau dans l'Hérault non négligeable :

- En hautes eaux, quand la rivière présente des débits naturels élevés et que les prélèvements anthropiques sont moindres, on observerait une augmentation du débit de l'Hérault entre 400 et 500 l/s (soit entre 0,1 et 10% de débit en plus) ;
- A l'étiage, avec des faibles débits naturels et un fort niveau de prélèvement, l'arrêt total de pompages aurait comme conséquence des débits supplémentaires compris entre 600 et 800 l/s (soit environ 15 à 35% du débit en plus).

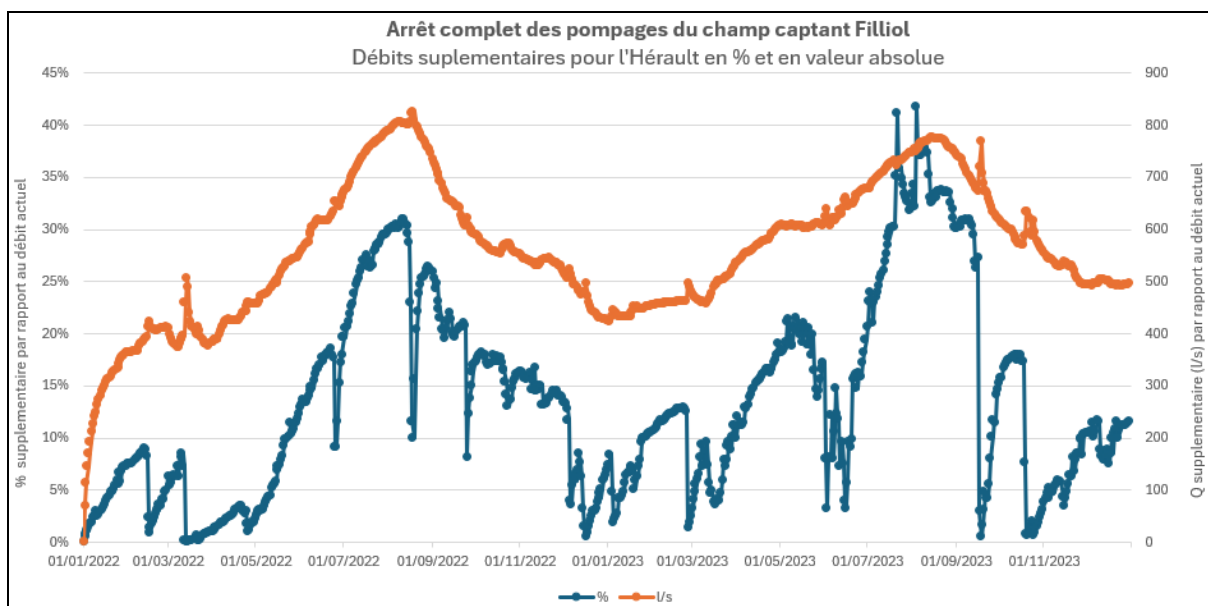


Figure 58 : Débits supplémentaires pour l'Hérault suite à l'arrêt total des prélèvements

La

Figure 59 compare les débits à l'amont et à l'aval de la zone modélisée après l'arrêt des pompages. En absence des prélèvements, la nappe alimenterait la rivière et le débit serait plus fort à l'aval qu'à l'amont.

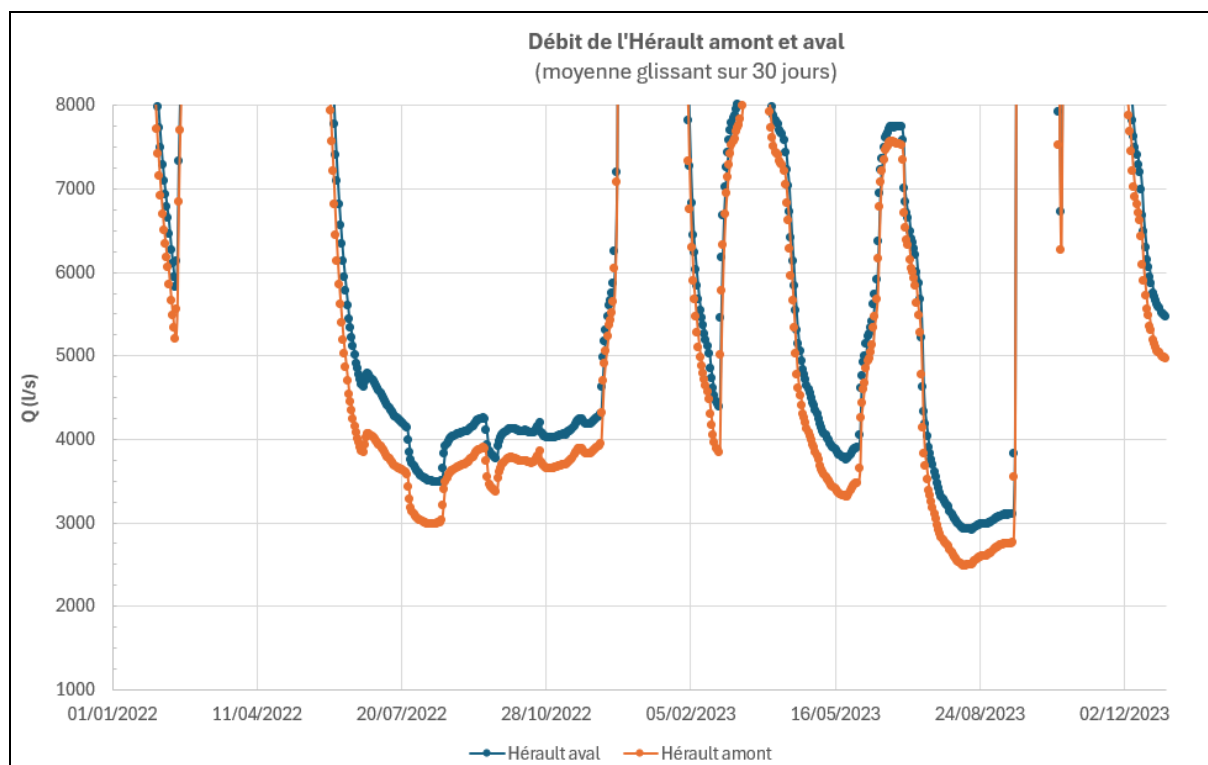


Figure 59 : Arrêt total des prélèvements sur le champ captant de Filliol à Florensac - débits amont et aval de l'Hérault

4.2.3.2. Réduction des prélèvements de 25 et 50 % à l'étiage

Deux simulations supplémentaires ont été réalisées avec une réduction des prélèvements à l'étiage de 25% et 50% (du 1^{er} juin au 30 septembre) :

- Une réduction de 50% des prélèvements amènerait à des débits supplémentaires compris entre 200 et 400l/s (soit entre 5 et 17% de débit en plus) ;
- Une réduction de 25% entrainerait quant à elle une augmentation de débit comprise entre 100 et 200l/s (soit entre 3 et 9% de débit en plus).

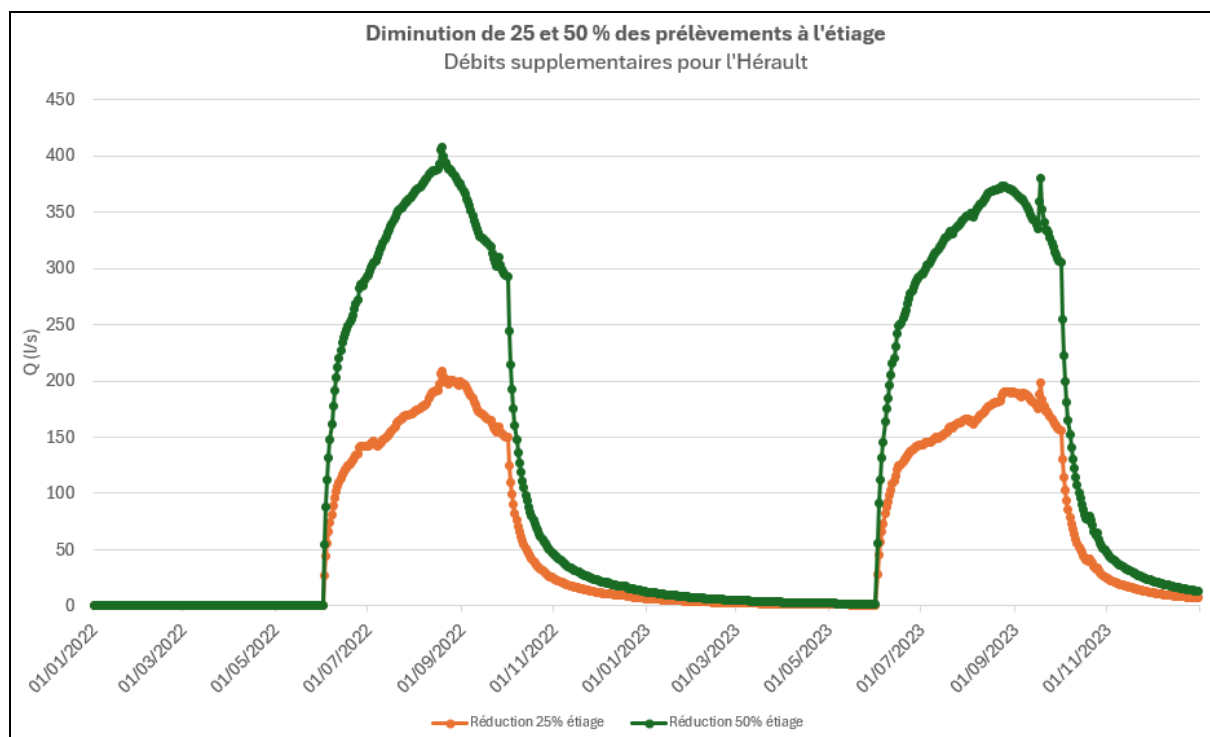


Figure 60 : Débit supplémentaire pour l'Hérault à la suite d'une diminution des prélèvements à Filliol

En termes de débits réglementaires, les résultats des simulations indiquent qu'une diminution de 25% des prélèvements à l'étiage, dans des années très sèches comme celle de 2023, serait nécessaire pour respecter le débit cible de 2250 l/s en sortie du modèle.

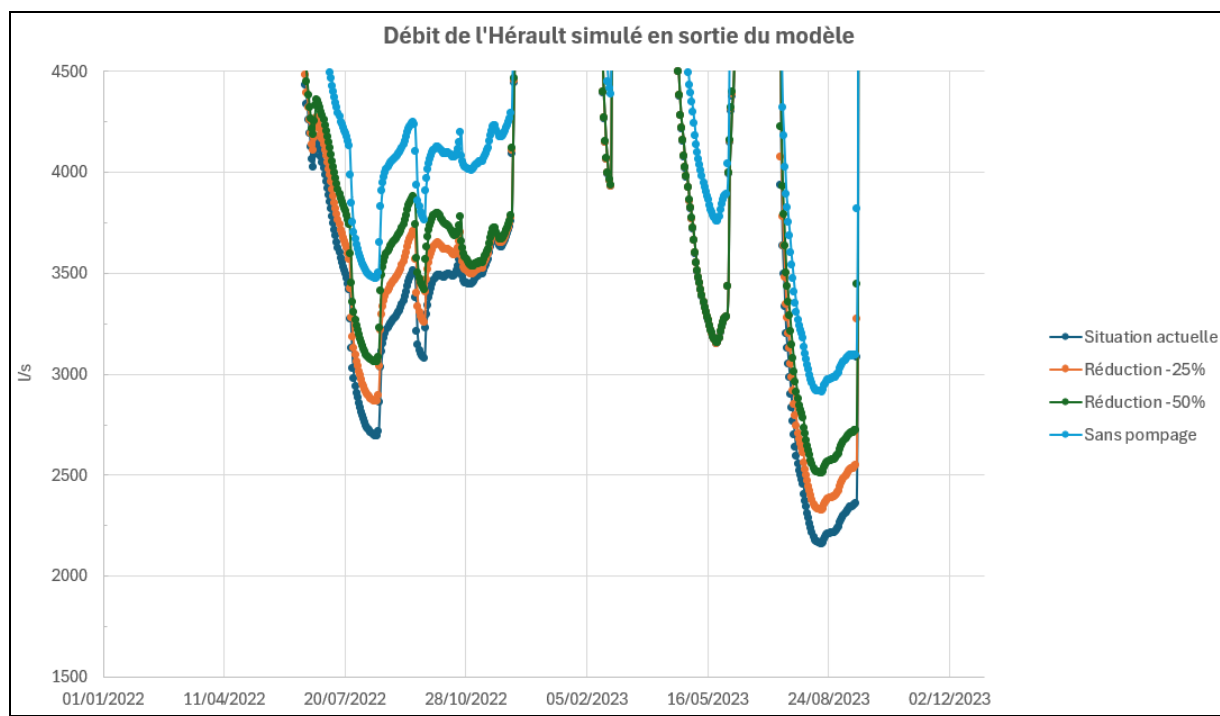


Figure 61 : Débits calculés pour l'ensemble des simulations

4.3. Simulation 3. Impact du changement climatique

L'objectif de cette dernière simulation est d'évaluer les incidences du changement climatique sur les deux aquifères, alluvions et Astien, à l'horizon 2050.

Une étude du changement climatique a été déjà réalisée pour l'ensemble du bassin versant de l'Hérault (« Etude prospective eau et bassin de l'Hérault 2050 »). Elle a été réalisée pour le compte de l'EPTB Fleuve Hérault dans le cadre de la révision du SAGE⁷. L'étude a évalué, entre autres, les incidences du changement climatique sur le débit de l'Hérault et sur la recharge des eaux souterraines à l'horizon 2050.

Les résultats de cette étude sont utilisés comme données d'entrée pour la simulation.

⁷Hérault 2050 : Enjeux et changement climatique au niveau du bassin (2024). Etude réalisée par BRL Ingénierie et Hydrofis pour le compte de l'EPTB Fleuve Hérault.

4.3.1. Modification des conditions limites

4.3.1.1. Débit de l'Hérault

En ce qui concerne les prévisions futures du débit de l'Hérault, l'étude s'appuie sur les données issues du programme EXPLORE 2, considérant le scénario d'émissions le plus pessimiste (RCP 8.5). Pour la station hydrométrique d'Agde, les résultats montrent une baisse globale du débit moyen, en particulier à l'étiage. On observe aussi que les 10% des années les plus sèches s'assèchent davantage.

Tableau 9 : Station Agde - Evolution du débit moyen et du débit décennal sec (en %) entre la période 1976-2005 et 2050

	Variation Q moyen (%)	Variation Q10 sec (%)
Janvier	-3	-18
Février	4	-13
Mars	-1	-12
Avril	2	-10
Mai	-18	-21
Juin	-5	-20
Juillet	-12	-23
Aout	-20	-15
Septembre	-37	-23
Octobre	-13	-35
Novembre	-14	-34
Décembre	-9	-32
Variation annuelle	-9	-36

Pour la simulation du changement climatique, les réductions mensuelles calculées par l'étude sont appliquées aux débits de l'Hérault mesurés en 2022 et 2023. Il s'avère que ces deux années se situent parmi le 10-20% des années les plus sèches ; il est donc décidé d'appliquer les réductions estimées pour les années Q10 sec.

4.3.1.2. Recharge de la nappe

L'étude estime une baisse de la recharge des eaux souterraine de 20% à l'horizon 2050.

Cette réduction est donc appliquée à la recharge pluviométrique considérée dans le modèle.

4.3.1.3. Conditions à potentiel imposé

Dans le modèle, des limites à potentiel imposé ont été assignées pour les entrées d'eau souterraine (Astien et alluvions). Il est nécessaire d'avoir une estimation de ce qui pourrait être le niveau de la nappe aux limites à l'horizon 2050, pour lequel l'étude du bassin versant de l'Hérault ne fournit pas de détails. Il est donc fait l'hypothèse qu'avec une réduction de 20% de la recharge, le débit d'eau souterrain sera aussi 20% plus faible. Les conditions limites à potentiel imposé sont converties en conditions à flux imposé (afin de contraindre le débit pouvant rentrer dans le modèle) puis une réduction de 20% est appliqué à ce flux.

Uniquement la condition à la limite sud du modèle est maintenue comme une condition de potentiel (après la réduction du 20% du flux) afin de permettre la convergence du modèle.

4.3.1.4. Prélèvements

Il est considéré qu'à l'horizon 2050, les prélèvements restent identiques à ceux effectués en 2022 et 2023.

4.3.2. Résultats de la simulation

Les résultats de la simulation montrent une baisse générale de la piézométrie, pour les alluvions et pour la nappe astienne. Le tableau suivant montre les baisses simulées à l'horizon 2050, par rapport aux années 2022-2023 :

Tableau 10 : Baisses piézométriques à l'horizon 2050

	Point de surveillance	Baisse piézométrique
Alluvions	Piézomètre 10157X0104	5 – 15 cm
	Nouveau doublet	5 – 15cm
	Puits Filliol	5 - 18 cm
	Piézomètre 15bis (ancien doublet)	5 - 25 cm
Astien	Nouveau doublet	5 – 15 cm
	Piézomètre 16	15 – 20 cm
	Piézomètre 15 (ancien doublet)	30 – 35cm

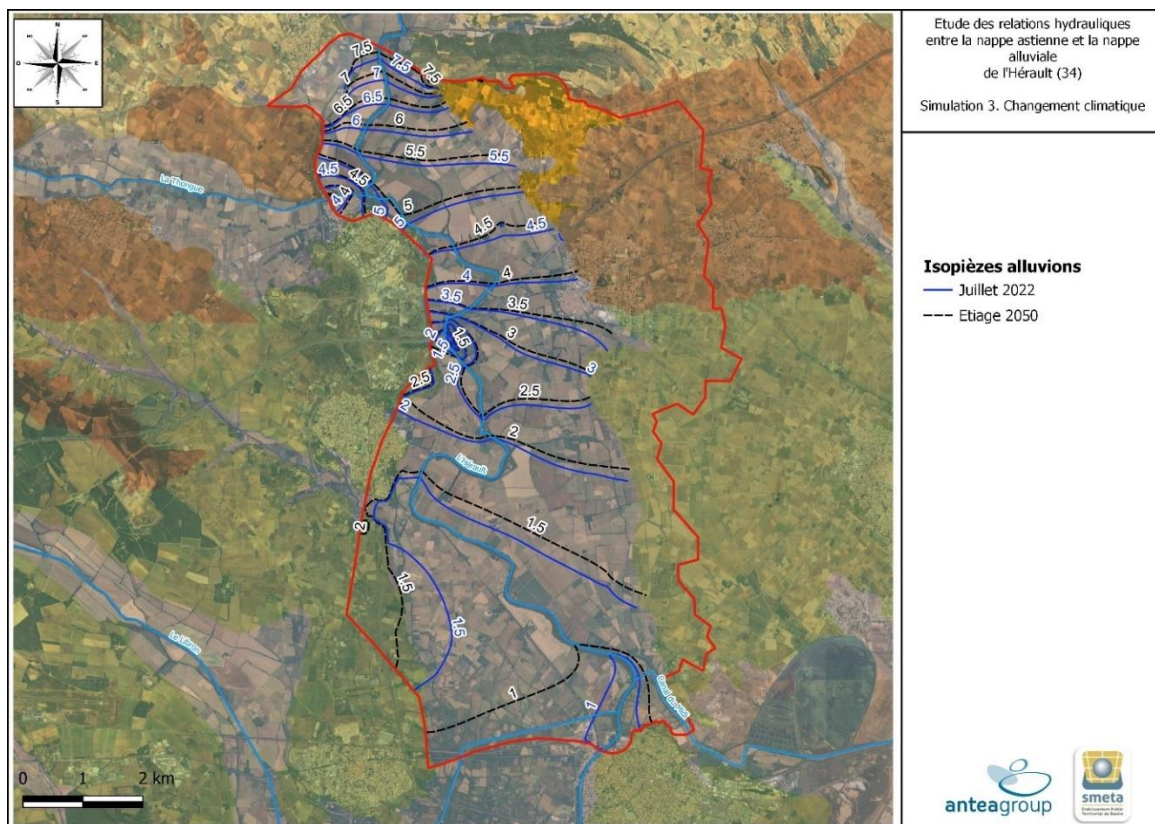


Figure 62 : Variation piézométrique à l'horizon 2050 (alluvions)

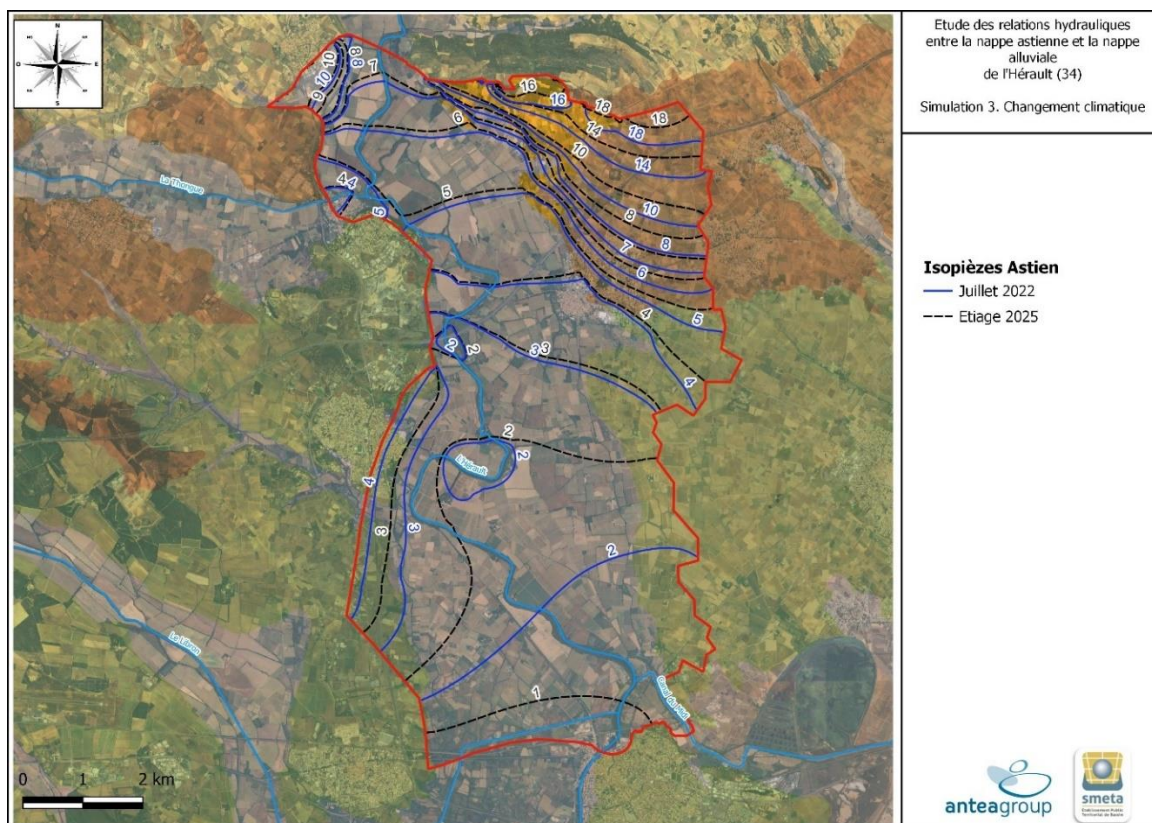


Figure 63 : Variation piézométrique à l'horizon 2050 (Astien)

4.3.3. Simulation supplémentaire changement climatique

A la demande du SMETA, une deuxième simulation de l'effet du changement climatique a été réalisée, dans laquelle les conditions du potentiel de l'Astien aux limites restent les mêmes que celles d'aujourd'hui. Ainsi, on simule uniquement l'effet sur l'Astien d'une baisse piézométrique des alluvions et de la baisse du débit de l'Hérault à l'horizon 2050.

Les résultats de la simulation sur la piézométrie sont montrés dans le tableau ci-dessous, et comparés aux résultats de la première simulation :

Tableau 11 : Baisses piézométriques à l'horizon 2050 pour les deux simulations

Nappe	Piézomètre	Simulation 3a (baisse piézométrique de -20% généralisée)	Simulation 3b (niveau de l'Astien aux limites stable)
Alluvions	Piézomètre DREAL	5-20 cm	4-12 cm
	Nouveau doublet	5-15 cm	3-13 cm
	Puits Filliol	5-18 cm	3-18 cm
	Ancien doublet	5-25 cm	5-25 cm
Astien	Nouveau doublet	5-15 cm	4-13 cm
	Piézomètre 16	15-20 cm	4-12 cm
	Ancien doublet	30-35 cm	2-8 cm

On observe que si les conditions aux limites pour l'Astien restent stables à l'horizon 2050 par rapport à aujourd'hui, les baisses de niveau piézométrique seront moins importantes et liées essentiellement au drainage par les alluvions. Par rapport à la première simulation, les alluvions seraient aussi moins impactées par le changement climatique, car ils bénéficieraient de plus de soutien de la part de l'Astien. Par ailleurs, on observe que la baisse de débit de l'Hérault a peu de conséquences sur le niveau de la nappe astienne.

5. Incertitudes du modèle

Un modèle hydrogéologique est une représentation mathématique d'un système aquifère. Tout modèle hydrogéologique repose sur un certain nombre d'hypothèses et simplifications, nécessaires pour rendre le problème traitable, mais qui introduisent également des incertitudes. Tout l'enjeu de la représentativité du modèle réside dans une prise d'hypothèses réalistes.

Concernant les valeurs retenues pour les principaux paramètres hydrodynamiques des deux nappes (perméabilité, porosité, etc), ceux-ci sont cohérents avec les valeurs bibliographiques disponibles et on fait l'objet d'un calage satisfaisant.

Une valeur de perméabilité homogène et très faible (10^{-8} m/s) a été considérée pour la couche argileuse séparant les deux aquifères. Il serait possible d'avoir dans la réalité une perméabilité encore plus faible, qui ne modifierait pas significativement le calage du modèle, mais qui pourrait modifier (légèrement) le bilan des échanges entre les deux aquifères. Des simulations supplémentaires pourraient être réalisées avec d'autres valeurs de perméabilité afin de tester la sensibilité du modèle à ce paramètre.

Le débit d'eau de l'Hérault à l'entrée du modèle est celui mesuré à la station hydrométrique de Montagnac, situé environ 5 km au Nord du secteur modélisé. Le débit considéré est donc lié à la qualité de mesures effectuées dans la station (d'après HydroPortail, pour les hautes eaux la qualité des mesures est incertaine).

La recharge de la nappe, calculée à l'aide de bilan de Thornthwaite, présente aussi des incertitudes puisqu'il est difficile de connaître avec précision la distribution de certains paramètres tels que la RFU ou le ratio d'infiltration/ruissellement. Cependant, on observe que le poids de la recharge pluviométrique est moins important dans le bilan hydraulique que celui des autres conditions limites.

Le potentiel imposé au Nord du modèle pour l'Astien est aussi une source d'incertitude, puisque aucun piézomètre surveillant cette nappe n'est disponible dans ce secteur. Toutefois, les valeurs retenues sont cohérentes avec la topographie et l'épaisseur de la zone non-saturée calculée par la cartographie du BRGM, afin de rester sur des valeurs réalistes. Du même, le potentiel imposé à l'Astien à l'Ouest est le résultat d'une interpolation de deux piézomètres surveillant cette bordure. Afin de se rapprocher au mieux de la réalité, l'interpolation a pris en compte le gradient de la nappe (plus fort vers le sud en raison des prélèvements dans la nappe astienne).

In fine, le calage final du modèle correspond à un ensemble des hypothèses et des valeurs réalistes. **Les résultats du bilan hydrique du modèle (comme le calcul des échanges Astien/Alluvions et nappe/rivière) et des simulations ne doivent pas être considérés comme des valeurs absolues mais ils donnent des ordres de grandeur cohérents**, car basés sur un calage satisfaisant et des paramètres d'entrée réalistes.

La création de piézomètres supplémentaires surveillant l'Astien et notamment dans la bordure Nord permettrait de confirmer les hypothèses prises dans le modèle, et le cas échéant de réaliser les ajustements nécessaires des conditions limites.

6. Conclusions

Dans le cadre de l'étude des relations entre la nappe astienne et la nappe alluviale de l'Hérault, Antea Group a développé un modèle hydrogéologique avec le logiciel Marthe. Le modèle, multicouche, prend en considération la présence des argiles du Pléistocène qui séparent les deux nappes, les écoulements d'eau dans l'Hérault et les nombreux prélèvements dans le secteur. Le modèle a été calé en régime stationnaire et en régime transitoire (années 2022 et 2023).

Le bilan hydraulique à l'issue du calage permet de quantifier les échanges entre la nappe alluviale et la nappe astienne. Même si des échanges ont lieu dans les deux sens, les écoulements de l'Astien vers les alluvions sont plus importants, que ce soit en hautes eaux ou en basses eaux. Le bilan des échanges est donc négatif pour l'Astien, avec un volume annuel de 3 Mm³ qui partirait vers les alluvions.

Les échanges entre l'Hérault et sa nappe alluviale sont particulièrement importants et la composante principale du bilan hydraulique du modèle. Globalement la rivière alimente la nappe et permet de soutenir un niveau de prélèvement particulièrement élevé au bord de l'Hérault (captages AEP). Des simulations ont été réalisées afin de calculer l'incidence de ces prélèvements sur le débit de la rivière. Les résultats montrent qu'à l'étiage, et si l'on supprimait tout prélèvement, le débit de la rivière pourrait augmenter de 15 à 35% ; à l'échelle du secteur modélisé, ce serait la nappe qui alimenterait la rivière. Une réduction de 25% des prélèvements permettrait quant à elle un débit supplémentaire de 3 à 9% à l'étiage.

Afin de favoriser la recharge de la nappe astienne, une piste envisagée est de modifier la hauteur du seuil de Bladier Ricard afin de faire monter le niveau de la nappe alluviale et de favoriser le transfert d'eau vers l'Astien. Le modèle a été utilisé pour simuler l'impact d'une hausse d'un mètre du seuil ; les résultats indiquent un gain relativement limité pour l'Astien (environ 400 000 m³/an).

Finalement, des simulations prospectives sur l'impact du changement climatique à l'horizon 2050 ont été réalisées. Les résultats montrent une baisse générale des niveaux de nappe, qui seraient compris entre 5 et 25cm pour les alluvions et entre 5 et 35cm pour la nappe astienne.

Au-delà des résultats des simulations, l'ensemble de l'étude a permis d'améliorer la connaissance du fonctionnement de la nappe alluviale, de la nappe astienne et des échanges avec l'Hérault. Malheureusement peu de pistes pour optimiser l'alimentation de la nappe astienne ont pu être identifiées. La diminution des prélèvements dans la nappe alluviale (notamment à Filliol) ne représenterait pas un gain significatif pour l'Astien, puisque ce champ captant est alimenté essentiellement par l'Hérault. La création des zones de recharge artificielle de la nappe dans les secteurs affleurants de l'Astien a été évoquée dans le passé et a même fait l'objet d'études par le BRGM. Le modèle pourrait être utilisé pour évaluer cette piste, mais il semblerait que le projet de recharge ne pourra pas être réalisé en raison d'autres projets d'aménagement envisagés pour ce secteur. Enfin, l'Astien profiterait de façon modérée d'une hausse des clapets de Bladier Ricard, mais les bénéfices doivent être évalués vis-à-vis les éventuelles contraintes d'exploitation et de gestion du débit de l'Hérault que la manipulation des seuils pourrait entraîner.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable, Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport,

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci, Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation,

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés, Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière,

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession, Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux, Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client,

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale, A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence,

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement, A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus,

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>



Références :

Logo
MASE



Portées
communiquées
sur demande



Ce projet a bénéficié du soutien financier de l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse.

L'agence de l'eau est un établissement public de l'État qui œuvre pour la protection de l'eau et des milieux. Elle perçoit des taxes sur l'eau payées par tous les usagers et les réinvestit auprès des maîtres d'ouvrages (collectivités, industriels, agriculteurs et associations) selon les priorités inscrites dans son programme « Sauvons l'eau 2019-2024 ». Plus d'information sur www.eaurmc.fr