

CPER 2000-2006 phase 3

Modèle Turonien-Coniacien Calage du modèle hydrodynamique en régime permanent et transitoire Rapport final

BRGM/RP-55973-FR
Juin 2008

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2003EAUC55

E. Putot, M. Thinon-Larminach

Vérificateur :

Nom : J.J. Seguin

Date : avril 2008



Approbateur :

Nom : F. Bichot

Date : avril 2008



Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



Mots clés : Modèle hydrodynamique, Région Poitou-Charentes, Turonien, Coniacien, Cénomaniens, Campanien.

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

PUTOT E. –THINON-LAMINACH M. (2008)

CPER 2000-2006 Phase 3 - Modèle du Turonien - Coniacien : calage du modèle hydrodynamique en régime permanent et transitoire. Rapport BRGM/RP- **55973**-FR, 75 p., 46 ill., 8 tab, 10 ann.

© BRGM, 2007, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le présent rapport rend compte des travaux de construction du modèle sur le Crétacé supérieur dans le Sud des Charentes. L'accent est mis sur les résultats du calage en régime transitoire. Ce travail représente la troisième phase des travaux réalisés dans le cadre du Contrat Plan Etat Région 2000-2006.

A partir du modèle géologique à 8 couches construit au cours des phases 1 et 2 de ce programme et des données collectées et bancarisées en SIG, un modèle hydrodynamique a été construit et calé en régime permanent (phase 3).

Cette première étape de calage a servi de base au calage en régime transitoire au pas de temps mensuel et sur une période de 6 ans, de 2000 à 2005. Ce calage en transitoire s'est appuyé sur :

- les chroniques piézométriques de 22 piézomètres, dont 15 captant l'aquifère du Turonien- Coniacien ;
- les cartes de référence établies en basses et hautes eaux pour le Turonien-Coniacien (2001);
- des campagnes piézométriques sur le Cénomaniens réalisées en 1999.

Le modèle hydrodynamique a été couplé avec un réseau hydrographique afin de prendre en compte les échanges nappes-rivières.

La cohérence de la répartition de la pluie efficace entre infiltration et ruissellement, primordiale pour une bonne prise en compte de la recharge des différentes nappes par infiltration, a été vérifiée par l'analyse des débits modélisés dans les rivières.

Le calage a permis de restituer des champs de perméabilités et de coefficients d'emmagasinement cohérents avec les données disponibles.

Sommaire

1. Introduction	11
2. Description du modèle.....	13
2.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE	13
2.1.1. Délimitation	13
2.1.2. Représentation numérique	14
2.1.3. Logiciels utilisés	15
2.2. GEOMETRIE DU MODELE.....	16
2.2.1. Modèle numérique de terrain (MNT).....	16
2.2.2. Toits et murs des formations	16
2.2.3. Affleurements	16
2.2.4. Failles.....	17
2.3. CONDITIONS IMPOSEES	18
2.3.1. Conditions aux limites	18
2.3.2. Conditions internes.....	18
2.4. RECHARGE DES NAPPES	20
2.4.1. Mailles de recharge.....	20
2.4.2. Calcul de la pluie efficace.....	20
2.4.3. Calcul de la recharge	24
2.5. ECHANGES NAPPES - RIVIERES	27
3. Calage du modèle en régime transitoire.....	31
3.1. CALAGE DU MODELE EN REGIME PERMANENT ET INITIALISATION DU RÉGIME TRANSITOIRE	31
3.1.1. Objectifs	31
3.1.2. Données utilisées pour ce premier calage.....	31
3.1.3. Résultats	32
3.2. DONNÉES UTILISÉES POUR LE RÉGIME TRANSITOIRE	35
3.2.1. Prélèvements	35
3.2.2. Paramètres hydrodynamiques.....	35
3.3. CHRONIQUES PIÉZOMETRIQUES SIMULÉES.....	39
3.3.1. Bassin versant des rivières du sud-Angoumois et de la Charente	39
3.3.2. Bassin versant du Né et de la Charente moyenne rive droite	43
3.3.3. Bassin versant de la Seugne.....	45

3.3.4. Bassin versant de la Charente aval et de l'Arnoult.....	48
3.3.5. Bassin versant de la Seudre et Gironde	50
3.3.6. Bassins versants de la Tude, Dordogne	53
3.4. CARTES PIÉZOMÉTRIQUES MODÉLISÉES	57
3.5. DÉBITS SIMULÉS DANS LES RIVIÈRES	57
3.5.1. Débits simulés sur la Charente	59
3.5.2. Débits simulés sur le Né	60
3.5.3. Débits simulés sur la Seugne	61
3.5.4. Débits simulés sur la Seudre	62
3.5.5. Débits simulés sur la Tude	63
3.6. CAS DU CHAMP CAPTANT DU PONT DE L'EPAUD	64
3.6.1. Problématique	64
3.6.2. Simulations.....	64
3.6.3. Résultats	65
3.7. PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES DEDUITS	69
3.7.1. Champs de perméabilités déduits.....	69
3.7.2. Précision du modèle	70
3.7.3. Champs d'emménagement déduits.....	74
3.8. BILAN DES DEBORDEMENTS ET FLUX ENTRE COUCHES.....	75
4. Conclusion.....	77
5. Bibliographie	79

Liste des illustrations

Illustration 1 : Schéma de la discrétisation d'une couche du modèle	14
Illustration 2 : Calcul des charges imposées aux limites à partir de l'extrapolation des niveaux d'eau statiques bancarisés en BSS.....	19
Illustration 3 : attribution d'une valeur de charge imposée sur les mailles aux limites à partir de l'extrapolation réalisée précédemment.	19
Illustration 4 : découpage du modèle en zones de réserve utile. (Source : D'après la carte de RU de l'IGCS dégradée pour les besoins de l'étude).....	23
Illustration 5 : découpage du modèle en 10 zones météorologique (méthode de Thiessen).....	23
Illustration 6 : découpage du modèle en 66 zones de pluie efficace	23
Illustration 7 : Cartographie de l'IDPR du domaine d'étude.....	26
Illustration 8 : Calcul de la pluie efficace sur les 66 zones de pluie efficace	26
Illustration 9 : Calcul du ruissellement sur les 99 zones (zones de pluie efficace redécoupées par zones IDPR).....	26
Illustration 10 : Calcul de l'infiltration sur les 99 zones (zones de pluie efficace redécoupées par zones IDPR).....	26
Illustration 11 : Réseau hydrographique pris en compte dans le modèle. Couplage nappes – rivières	29
Illustration 12 : diagramme de dispersion du Turonien-Coniacien – Régime permanent.....	33
Illustration 13 : diagramme de dispersion du Turonien-Coniacien - Régime permanent.....	33
Illustration 14 : Piézomètre du Campanien retenu dans le cadre du calage du modèle	36
Illustration 15 : Piézomètres du Turonien-Coniacien retenus dans le cadre du calage du modèle.....	37
Illustration 16 : Piézomètres du Cénomaniens retenus dans le cadre du calage du modèle.....	38
Illustration 17 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Dignac – Turonien	40
Illustration 18 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Torsac – Turonien	41
Illustration 19 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Rouffiac – Turonien	41
Illustration 20 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Claix – Turonien.....	42
Illustration 21 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Salignac – Turonien	43
Illustration 22 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Césaire – Cénomaniens.....	44
Illustration 23 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Pommiers – Turonien	45
Illustration 24 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Baignes - Turonien	46
Illustration 25 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Biron – Turonien	46

Illustration 26 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Poussard – Cénomaniens	47
Illustration 27 : Chroniques observées et modélisées – Piézomètre de Bridon – Turonien.....	48
Illustration 28 : Chroniques observées et modélisées – Piézomètre d’Agnant - Turonien.....	49
Illustration 29 : Chroniques observées et modélisées – Piézomètre de Laclisse – Cénomaniens	49
Illustration 30 : Chroniques observées et modélisées - Piézomètre de Mortagne – Turonien.....	51
Illustration 31 : Chroniques observées et modélisées - Piézomètre de Bois – Cénomaniens	52
Illustration 32 : Chroniques observées et modélisées – Piézomètre de Laclotte – Maastrichtien	54
Illustration 33 : Chroniques observées et modélisées – Piézomètre de Juillaguet – Turonien.....	55
Illustration 34 : Chroniques observées et modélisées – Piézomètre d’Epaud – Turonien.....	55
Illustration 35 : Chroniques observées et modélisées – Piézomètre de Laurent – Turonien.....	56
Illustration 36 : Carte des stations hydrométriques considérées pour la comparaison entre débits observés et débits modélisés dans le modèle.....	58
Illustration 37 : Débits observés et modélisés sur la Charente à Chaniers.....	59
Illustration 38 : Débits observés et modélisés sur la Charente à Saint Savinien	59
Illustration 39 : Débits observés et modélisés sur le Né à Salles d’Angles (Total)	60
Illustration 40 : Débits observés et modélisés sur la Seugne à Saint Seurin de Palenne.....	61
Illustration 41 : Débits observés et modélisés sur la Seudre à Saint Andre du Lidon.....	62
Illustration 42 : Débits observés et modélisés sur la Tude à Medillac.....	63
Illustration 43 : rabattements modélisés après un an de fonctionnement au voisinage du champ captant en période de hautes eaux.	66
Illustration 44 : rabattements modélisés après un an de fonctionnement au voisinage du champ captant en période de basses eaux.....	66
Illustration 45 : Influence du champ captant sur la piézométrie en période de Basses Eaux après une année de fonctionnement.....	67
Illustration 46 : Influence du champ captant sur la piézométrie en période basses eaux après dix années de fonctionnement.....	68
Illustration 47 : Ecart moyens entre les niveaux observés et modélisés sur les piézomètres du Turonien Coniacien (période 2000-2005).....	71
Illustration 48 : Ecart moyens entre niveaux observés et modélisés sur les piézomètres du Cénomaniens (période 2000 -2005).....	72
Illustration 49 : Ecart moyens entre niveaux observés et modélisés en hautes eaux - aquifère du Turonien Coniacien	73

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques du maillage du modèle	15
--	----

Tableau 2 : Superficie des affleurements des différentes couches	17
Tableau 3 : Inventaire des données pluviométriques existantes au niveau des stations d'intérêt.....	21
Tableau 4 : Classes d'IDPR retenues en fonction de la valeur de l'IDPR et répartition de la pluie efficace entre infiltration et ruissellement.	25
Tableau 5 : Prise en compte des débits des rivières à l'entrée du domaine d'étude à partir des stations hydrométriques.....	28
Tableau 6 : Stations hydrométriques considérées.....	57
Tableau 7 : Champ captant du Pont de l'Epaud	64
Tableau 8 : valeurs de prélèvements considérées au niveau des trois points de pompage pour le scénario du champ captant au Pont de l'Epaud.	65
Tableau 9 : Statistiques sur les chroniques observées et modélisées	70

Liste des annexes

Annexe 1 Cartographie de la géométrie du modèle	81
Annexe 2 Cartes de localisation des piézomètres et des stations hydrométriques étudiées dans le cadre de cette étude	101
Annexe 3 Cartes piézométriques : observations et résultats de la modélisation	107
Annexe 4 Cartes des champs de perméabilités et d'emmagasinements obtenus	117
Annexe 5 Cartes des débordements et des flux d'échanges entre couches.....	127
Annexe 6 Précisions sur l'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR)	137
Annexe 7 Tables des points d'observation des nappes du Turonien-Coniacien et du Cénomaniens ayant servis au calage en régime permanent	147
Annexe 8 Précision sur les données de prélèvements prises en compte dans le modèle.....	153
Annexe 9 Table des points issus d'essais de pompages	161
Annexe 10 Arrêté préfectoral relatif au prélèvement d'eaux des forages du champ captant du Pont de l'Epaud	165

1. Introduction

La modélisation des aquifères du Crétacé supérieur sur un vaste domaine qui va de la côte atlantique à l'ouest jusqu'à la Lizonne (limite départementale) à l'Est, a été réalisée dans le cadre du CPER 2000-2006 afin de disposer d'un outil de gestion de ces nappes au niveau de la région. Cette opération est sous maîtrise d'ouvrage du Conseil Régional et le financement est assuré par le Conseil Régional, l'Agence de l'Eau Adour Garonne, le Conseil Général de Charente et le Brgm.

Les 2 premières phases ont été consacrées aux travaux suivants :

- Phase 1 (2000-2002) :
 - Volet 1 : suivi de la qualité : campagne de prélèvements en Sud-Charente ;
 - Volet 2 : réalisation d'une synthèse interdépartementale Charente / Charente-Maritime / Dordogne ;
 - Volet 3 : Recueil de données en vue d'une modélisation ;
- Phase 2 (2003 – 2004) : Poursuite de la collecte des données (hydrogéologiques, météorologiques, hydrologiques...) et construction du modèle géologique.

Le présent rapport expose le travail mené au cours de la phase 3 du Programme, qui a permis :

- de poursuivre le recueil et la bancarisation de données pour la mise en place du régime permanent puis transitoire permettant un renforcement du SIG élaboré au cours de la phase 2,
- de vérifier la cohérence de la géométrie du modèle,
- d'introduire les données dans le modèle (principalement les prélèvements),
- de préciser le couplage avec le réseau hydrographique (incorporé dans le modèle hydrodynamique global),
- de préciser la recharge,
- de réaliser le calage du modèle hydrodynamique au pas de temps mensuel sur 6 années ,de 2000 à 2005.

2. Description du modèle

2.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Les contextes géologiques et hydrogéologiques ont été décrits en détail dans les rapports des deux premières phases du projet et ne seront pas repris ici. Le lecteur pourra se référer aux rapports BRGM/RP-50826-FR (Lacouture *et al.*, 2001), RP-51591-FR (Baudry *et al.*, 2002) et RP-52861-FR (Thinon-Larminach *et al.*, 2004) ainsi qu'à la synthèse hydrogéologique par bassins versants de la région (Bichot *et al.*, 2005).

La géométrie du modèle est décrite en détail dans le rapport de la phase 2 du projet (rapport BRGM/RP-52861-FR, 2004). Les principales caractéristiques sont rappelées ci-dessous.

2.1.1. Délimitation

Le modèle hydrodynamique construit simule les écoulements au sein de 8 couches, dont cinq sont aquifères : le Quaternaire associé au Tertiaire, le Campanien supérieur (4-5), le Coniacien, le Turonien et le Cénomaniens inférieur-moyen. De la formation la plus récente à la plus ancienne, les niveaux pris en compte sont :

- Les formations superficielles (Aquifère à semi-perméable)
(Quaternaire et le Tertiaire)
- Le Campanien supérieur (Aquifère)
(Campanien 4-5, calcaires bioclastiques)
- Le Campanien inférieur et Santonien (semi-perméable)
(Campanien 1-2-3 et Santonien, calcaires marneux)
- Le Coniacien (Aquifère)
(calcaires et sables)
- Le Turonien (Aquifère)
(calcaires karstifiés)
- Le Turonien inférieur et Cénomaniens supérieur (imperméable)
(marnes)
- Le Cénomaniens inférieur à moyen (Aquifère)
(Calcaires et sables)
- Le Cénomaniens basal et Jurassique supérieur (imperméable)
(argiles et calcaires argileux).

Précision que le logiciel de modélisation permet d'introduire localement une éponte imperméable notamment entre le Turonien et le Coniacien.

Cette construction relève d'une approche hydrogéologique et non purement stratigraphique. Toutefois, le nom de chaque couche correspond à un étage par souci de simplification.

La géométrie du modèle a été construite à l'aide du logiciel GDM du BRGM puis "exportée" vers le logiciel de modélisation hydrodynamique WinMARTHE. La zone modélisée s'étend sur une superficie d'environ 6 000 km² ; elle est limitée par :

- les affleurements du Jurassique supérieur au Nord,
- le littoral à l'Ouest et l'estuaire de la Gironde au Sud-ouest,
- le cours de la Dronne et de la Lizonne à l'Est,
- au Sud, une limite arbitraire Est-Ouest à flux sortants dirigés vers le cœur du Bassin Aquitain.

Les conditions imposées sur ces limites sont précisées au §2.3.

2.1.2. Représentation numérique

Le modèle est construit selon un schéma aux différences finies. Chacune des couches est représentée en plan par un maillage constitué de mailles carrées de 1 km de côté.

Le modèle est de type multicouche : chaque couche est discrétisée en mailles parallélépipédiques dont la face supérieure correspond au toit de la formation considérée et la face inférieure au mur de cette formation (Illustration 1).

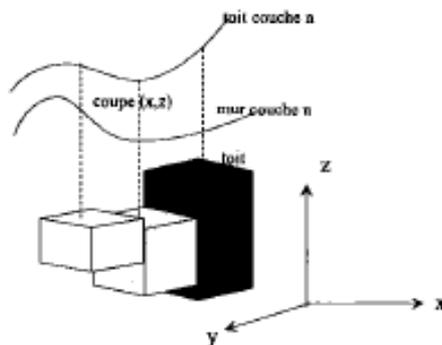


Illustration 1 : Schéma de la discrétisation d'une couche du modèle

Le recouvrement (formations superficielles) et les couches semi ou imperméables figurent explicitement en tant que couches de calcul, ce qui permet d'y calculer des charges hydrauliques et de leur attribuer des coefficients d'emmagasinement.

Le nombre de mailles de chacune des couches du modèle est précisé dans le tableau ci-dessous:

Formation	Nombre de mailles	Superficie de la couche (km ²)
Formations superficielles	3439	3439
Campanien 4,5	2524	2524
Campanien 1,2,3 et Santonien	5210	5210
Coniacien	5747	5747
Turonien	6270	6270
Turonien inf. et Cénomaniens Sup.	6741	6741
Cénomaniens moyen et inf.	7186	7186
Cénomaniens basal et Jurassique sup.	7942	7942

Tableau 1 : Caractéristiques du maillage du modèle

La cartographie de l'extension de chaque couche est présentée en Annexe 1.

2.1.3. Logiciels utilisés

a) WinMarthe

Le modèle est supporté par le logiciel WinMARTHE développé au BRGM. Il s'agit d'un logiciel complet de modélisation hydrodynamique pouvant traiter toutes les configurations d'écoulements souterrains en milieux poreux ou "poreux équivalents" : en 2D (plan ou coupe verticale), en 3D ou en multicouche, en zone saturée et/ou non saturée, en régime permanent et/ou transitoire. Pour prendre en compte une possible karstification, un réseau de conduits souterrains peut être introduit.

WinMarthe permet en outre de prendre en compte les échanges entre un réseau hydrographique (introduit avec ses caractéristiques propres) et les nappes sous jacentes.

Des problèmes thermiques et densitaires peuvent également être traités, couplés à l'hydrodynamique.

b) ArcView

Les données ont été mises en forme, analysées et stockées à l'aide du logiciel ArcView (Système d'Information Géographique). Le SIG final est également disponible au format Mapinfo.

2.2. GEOMETRIE DU MODELE

La géométrie du modèle a été construite à partir de l'exploitation d'environ 400 ouvrages, auxquels sont venus s'ajouter des points fictifs correspondant à des affleurements ou pris sur des coupes géologiques ou des profils sismiques.

L'ensemble des informations concernant la géométrie du modèle (couche topographique, épaisseur et altitude du substratum des différentes formations, formations affleurantes...) est reporté en Annexe 1 sous forme de cartes.

2.2.1. Modèle numérique de terrain (MNT)

La couche topographique considérée dans le modèle a été calculée en moyennant le modèle numérique de terrain au pas de 50 mètres sur les mailles de 1 km de côté.

Au niveau des mailles traversées par le réseau hydrographique simplifié introduit dans ce modèle, l'altitude minimum calculée à partir du MNT de 50 mètres sur le tronçon de rivière correspondant à cette maille est considérée comme valeur topographique de la maille (rabaissement de la topographie au niveau des rivières), et ce pour mieux prendre en compte les échanges possibles entre nappes et rivières.

2.2.2. Toits et murs des formations

La géométrie du modèle a été construite dans la phase 2 du CPER 2000-2006. La méthode utilisée est détaillée dans le rapport BRGM/RP-52861-FR.

Pour chacune des couches, une carte de l'altitude du substratum est présentée en Annexe 1.

2.2.3. Affleurements

La carte harmonisée de la géologie régionale numérique a été utilisée pour définir au mieux les mailles de recharge des différentes formations. Le tableau ci-dessus récapitule la superficie à l'affleurement de chaque formation considérée dans le modèle. Une carte des mailles affleurantes est présentée en Annexe 1.

Formation	Superficie de l'affleurement (km ²)	Superficie en % du domaine maillé
Formations superficielles	3439	43.3 %
Campanien 4,5	521	6.6 %
Campanien 1,2,3 et Santonien	2132	26.8 %
Coniacien	382	4.8 %
Turonien	385	4.8 %
Turonien Inf. et Cénomaniens Sup.	298	3.7 %
Cénomaniens moyen et Inf.	345	4.3 %
Cénomaniens basal et Jurassique Sup.	440	5.5 %

Tableau 2 : Superficie des affleurements des différentes couches

2.2.4. Failles

Le logiciel de modélisation WinMarthe permet d'ajouter des limites étanches verticales sur une même couche dans les zones de failles. Inversement, de fortes perméabilités peuvent être introduites pour modéliser les failles conductrices mettant en contact un aquifère avec l'autre.

2.3. CONDITIONS IMPOSEES

2.3.1. Conditions aux limites

Deux types de limites sont représentés : des limites d'affleurements et des limites à potentiel imposé. Les limites des zones d'affleurement correspondant à un contact unité aquifère/unité imperméable ce sont des limites à flux nul. Aucune entrée, ni sortie d'eau ne se font latéralement. Ce type de limite a été considéré sur l'ensemble des bordures des formations imperméables.

Les limites du modèle au niveau de la cote Atlantique et de l'estuaire de la Gironde ont été repoussées à environ dix kilomètres du littoral et ont été considérées à potentiel imposé à zéro. Cet éloignement permet d'atténuer l'impact sur la zone côtière de ces niveaux imposés, non connus.

La solution retenue pour la bordure Sud du modèle a été de recourir aux niveaux d'eau statiques (et asynchrones) fournis lors de la création des points d'eau bancarisés en BSS¹ (Illustration 2 et Illustration 3). Une moyenne spatiale de type "pondération par l'inverse de la distance" permet d'obtenir une valeur moyenne de la hauteur d'eau au niveau des mailles de la bordure du modèle. Ces valeurs de charges imposées sont appliquées aux couches aquifères du modèle.

2.3.2. Conditions internes

Il s'agit :

- des flux (exprimés en hauteur d'eau) correspondant à la recharge des nappes par infiltration et imposés dans les mailles occupées par les affleurements (cf. § 2.4 ci-dessous).
- de cotes de débordement dans les mailles où les couches affleurent. L'ensemble des affleurements du modèle a été considéré comme zones de débordement potentiel.

¹ BSS : Banque de données du Sous-Sol

Remarque : Les niveaux d'eau statiques bancarisés sous BSS sont asynchrones et ne correspondent pas forcément à la même formation aquifère. La moyenne mesurée est par ailleurs affectée à l'ensemble des 5 couches. Cette méthode est donc assez simple mais répond à la nécessité d'introduire des conditions vraisemblables en bordure du modèle. La faible incidence des valeurs de charges retenues (d'autant plus que les flux sont "sortant" le long de cette limite Sud du modèle) sur ces limites sur l'hydrodynamique des secteurs clés du modèle autorise l'utilisation de cette méthode.

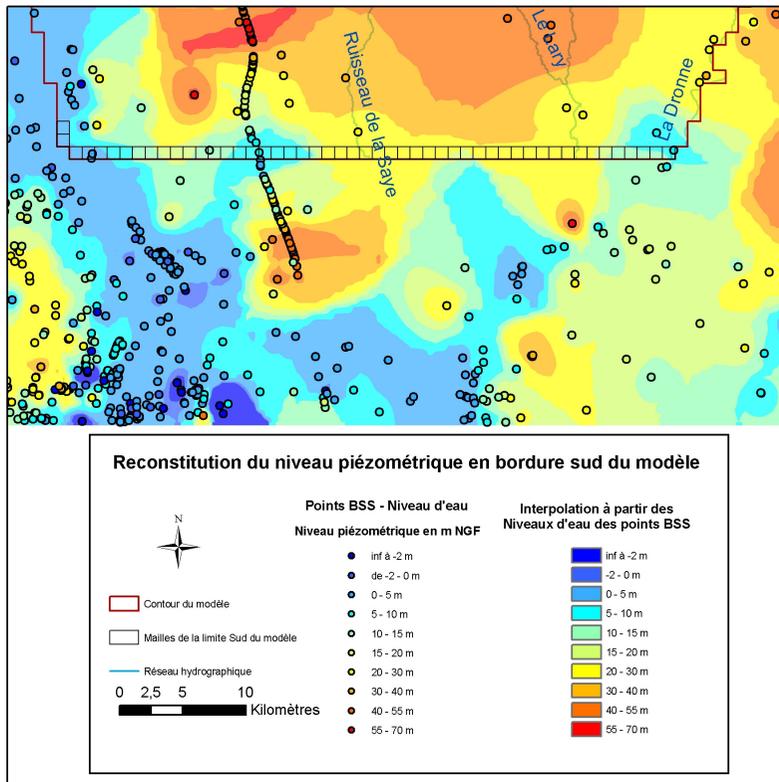


Illustration 2 : Calcul des charges imposées aux limites à partir de l'extrapolation des niveaux d'eau statiques bancarisés en BSS.

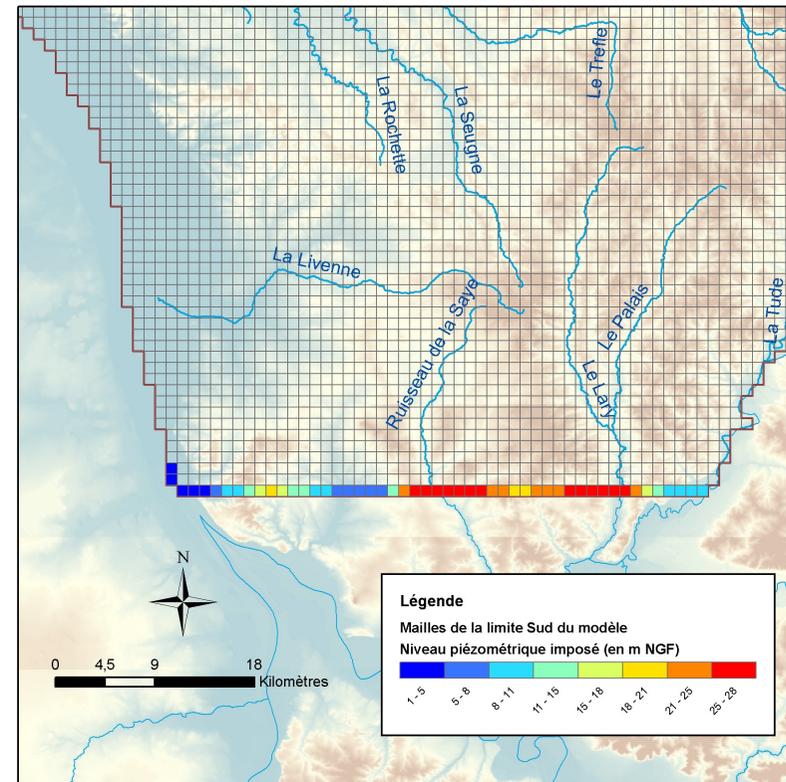


Illustration 3 : attribution d'une valeur de charge imposée sur les mailles aux limites à partir de l'extrapolation réalisée précédemment.

2.4. RECHARGE DES NAPPES

La recharge des nappes est estimée par zones au pas mensuel à l'aide d'un bilan classique fournissant la pluie efficace qui correspond à la lame d'eau disponible pour le ruissellement et l'infiltration. L'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR, cf §2.4.3), développé par le BRGM dans le cadre d'études de vulnérabilité des nappes, est utilisé ici pour évaluer la partition de cette pluie efficace entre ruissellement et infiltration.

2.4.1. Mailles de recharge

Toutes les mailles affleurantes du modèle sont considérées comme mailles de recharge.

2.4.2. Calcul de la pluie efficace

a. Principe du calcul

L'estimation de la pluie efficace est réalisée au pas décadaire puis ramenée au mois à partir du bilan classique :

$$P^{eff} = P - ETP - [\Delta S]$$

Avec - P^{eff} : Pluie efficace ; $P^{eff} =$ Ruissellement + Infiltration en profondeur
- P : Précipitations
- ETP : Evapotranspiration potentielle
- $[\Delta S]$: Variation du stock d'eau dans le sol durant le pas de temps qui dépend elle-même de la RU : la « réserve utile » ou capacité maximale en eau du sol.

Pour réaliser ce bilan, on assimile le sol à un réservoir d'une capacité maximale en eau donnée (classiquement appelée "réserve utile").

b. Stations météorologiques utilisées

Parmi les 34 stations météorologiques présentes sur la région Poitou-Charentes, 10 ont été sélectionnées suivant 2 critères :

- la localisation : afin de disposer d'une répartition homogène des stations sur le domaine modélisé.
- les données disponibles sur la période 2000-2005 pour les précipitations et l'évapotranspiration potentielle.

Les données météo ont été collectées au pas décadaire pour les 10 stations réparties sur l'ensemble du modèle. Il existe malheureusement des lacunes dans les données acquises. Le Tableau 3 ci-après récapitule les données disponibles.

STATIONS	Données pluviométriques au pas décadaire	Données ETP au pas décadaire
Royan	2000 - 2005	2000 - 2005
Saint Agnan	2000 - 2005	2000 - 2005
Saint Germain de Lusignan	2000 - 2005	2000 - 2001
Montlieu la Garde	2000 - 2005	-
Rioux Martin	2000 - 2005	2000 - 2005
La Couronne	2000 - 2005	2000 - 2005
Chateaubernard (Cognac)	2000 - 2005	2000 - 2005
Saintes	2000 - 2005	2000 - 2005
Salles de Barbezieux	2000 - 2005	2000 - 2005
Saint Martial Viveyrol	2000 - 2003	2000 - 2003

Tableau 3 : Inventaire des données pluviométriques existantes au niveau des stations d'intérêt.

c. Découpage spatial retenu pour la pluie efficace

Un découpage spatial du modèle est entrepris pour avoir en chaque maille la meilleure approximation possible de la pluie efficace locale compte tenu des données existantes.

Il repose sur :

- un zonage correspondant aux 10 stations météorologiques retenues où les précipitations et l'évapotranspiration potentielle ont été collectées au pas décadaire. Les zones d'influence des stations météorologiques ont été définies à l'aide de la méthode de polygonaion de Thiessen.
- un zonage simplifié issu la carte régionale de la Réserve Utile des sols

réalisée par l'IGCS². Elle donne une répartition simplifiée de la capacité maximale en eau du sol par zone.

L'intersection de ces deux découpages conduit à 66 zones possédant chacune une valeur de RU, de Pluie et d'ETP. L'estimation de la pluie efficace est calculée sur chacune de ces zones (cf. Illustrations 4 à 6) et à chaque pas de temps.

² IGCS - Inventaire, Gestion et Conservation des Sols - GISSOL – INRA. Le programme d'inventaire multi-échelle "IGCS" vise à constituer des bases de données sur les sols et leur répartition géographique, gérées au sein d'une base à structure unique "Doneso!" permettant le transfert des données des échelles les plus détaillées vers les échelles couvrant des espaces plus vastes.

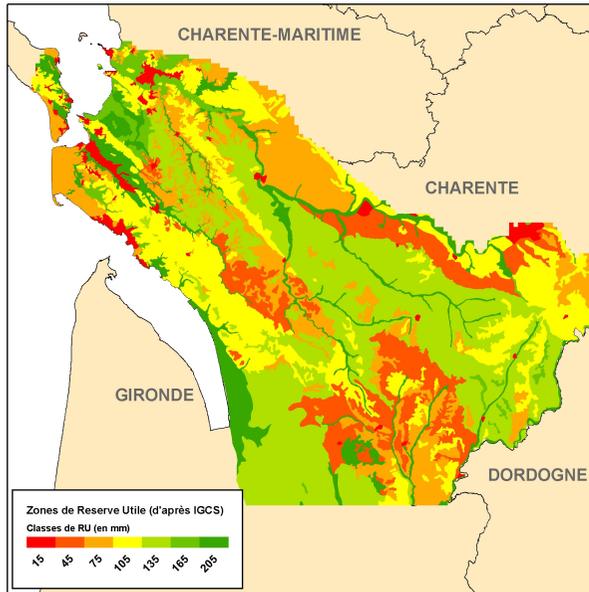


Illustration 4 : découpage du modèle en zones de réserve utile. (Source : D'après la carte de RU de l'IGCS dégradée pour les besoins de l'étude).

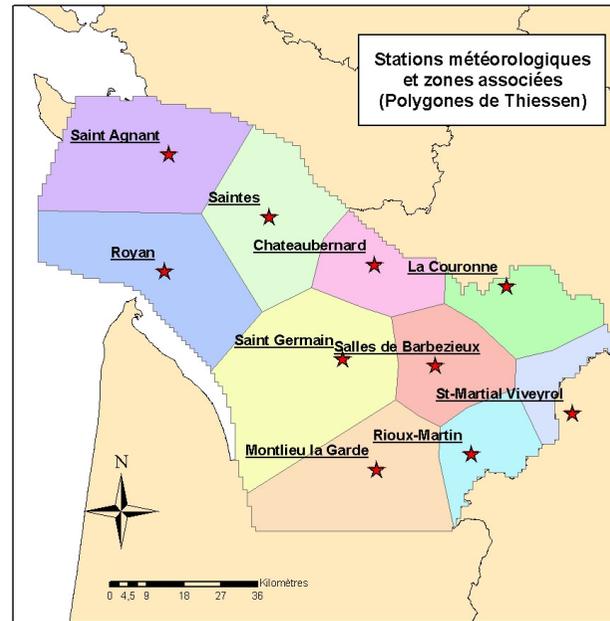


Illustration 5 : découpage du modèle en 10 zones météorologique (méthode de Thiessen)

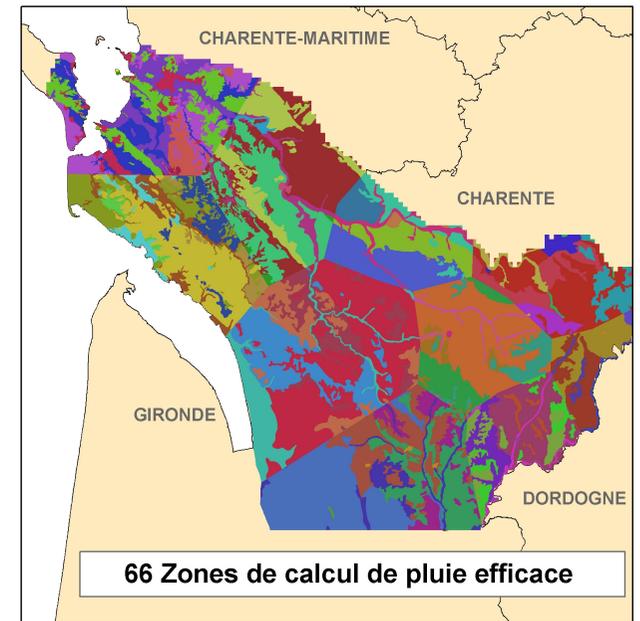


Illustration 6 : découpage du modèle en 66 zones de pluie efficace

2.4.3. Calcul de la recharge

a. L'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR)

Cet indice a été mis au point par le BRGM pour la réalisation de cartes de vulnérabilité simplifiées des eaux souterraines à l'échelle régionale (voir par exemple Mardhel, 2006).

L'IDPR permet de prendre en compte indirectement la capacité intrinsèque du sol à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de surface. Cette capacité d'infiltration dépend en particulier de la perméabilité de la zone non saturée mais aussi d'autres paramètres comme la végétation ou la déclivité.

Le concept de l'IDPR est basé sur la comparaison entre le réseau hydrographique existant et un réseau hydrographique fictif déduit de la topographie (MNT) et qui considère la présence d'une rivière dans chaque fond de vallée (réseau de talwegs). Cela permet de faire ressortir les zones à faible réseau hydrographique (zones d'infiltration forte) et celles où le ruissellement est important (fort réseau hydrographique).

On trouvera en Annexe 6 des informations détaillées sur cet indice, sa méthode de calcul et des exemples de résultats qu'il permet d'obtenir.

Dans le cadre de ce travail, la carte de l'IDPR de la région Poitou-Charentes a été utilisée. Il s'agit d'une grille de données brutes du calcul de l'indice IDPR constituée d'un maillage de cellules de 100 m de côté pour chacune desquelles est attribuée une "note" allant de 0 à 2000 (0 correspondant aux zones d'infiltration majoritaire ; 2000 aux zones de ruissellement majoritaire).

b. Principe du calcul de la recharge

L'indice IDPR, initialement calculé au pas de 100 mètres est moyenné sur chaque maille affleurante du modèle. En fonction de la valeur obtenue, la maille est rangée dans l'une des 4 classes de répartition des valeurs de l'IDPR qui ont été définies (cf. Tableau 4).

Les valeurs retenues pour cette répartition de la pluie efficace entre infiltration et ruissellement ne sont pas figées et peuvent être prises comme paramètre de calage. Néanmoins les simulations des débits dans les cours d'eau intégrés dans le modèle (cf § 3.5) ont montré que cette partition initiale a donné d'emblée de bons résultats : en particulier, les débits de crue, générés en grande partie par le ruissellement, ont été bien reconstitués sur la plupart des stations de jaugeage.

Remarque: le calage du modèle a été réalisé uniquement à l'aide des chroniques piézométriques. La comparaison entre débits de cours d'eau observés et modélisés ne s'est faite que dans un second temps, à titre de validation des flux d'eau alimentant les cours d'eau (ruissellement issu de l'analyse IDPR, débordement et drainage des nappes, cf §3.5.).

N° de Classe	Valeur de l'IDPR	Signification	Proportion de la pluie efficace prise en compte pour l'estimation de la recharge	Proportion de la pluie efficace prise en compte pour l'estimation du ruissellement
1	0 – 500	Infiltration très majoritaire	80%	20%
2	500 – 1000	Infiltration majoritaire	65%	35%
3	1000 – 1500	Ruissellement important	50%	50%
4	1500 – 2000	Ruissellement majoritaire	35%	65%

Tableau 4 : Classes d'IDPR retenues en fonction de la valeur de l'IDPR et répartition de la pluie efficace entre infiltration et ruissellement.

c. Découpage retenu pour la recharge

La pluie efficace est calculée sur les 66 zones précédemment définies. Le croisement de ces zones avec les 4 classes d'IDPR définies ci-dessus conduit en définitive à 99 zones de calcul de recharge/ruissellement.

Ce découpage en 99 zones de recharge est introduit dans le modèle hydrodynamique. Chaque maille affleurante possède un numéro de zone de recharge. A chaque pas de temps, une valeur de recharge et une valeur de ruissellement sont affectées à chaque numéro de zone et donc à l'ensemble des mailles affleurantes qui correspondent à cette zone.

Remarque :

- *Au niveau des affleurements de faible superficie, une surévaluation de la recharge peut se produire. En effet, la surface affleurante réelle de la formation aquifère peut être inférieure à celle d'une maille alors que la recharge par infiltration, mesurée en hauteur d'eau par pas de temps, est affectée à l'ensemble de la maille. Le flux d'eau entrant dans l'aquifère au niveau de cette maille est de ce fait surévalué.*

- *L'intérêt du calcul du ruissellement à chaque pas de temps et sur chacune des mailles du modèle réside dans le fait que MARTHE prend en compte le ruissellement dans le calcul des débits des rivières. Les directions d'écoulement étant prises en compte, les ruissellements calculés sur chacune des mailles et les éventuels débordements sont réaffectés à chaque pas de temps aux volumes de la rivière dans laquelle ils s'écoulent et sont donc pris en compte dans le calcul des débits.*

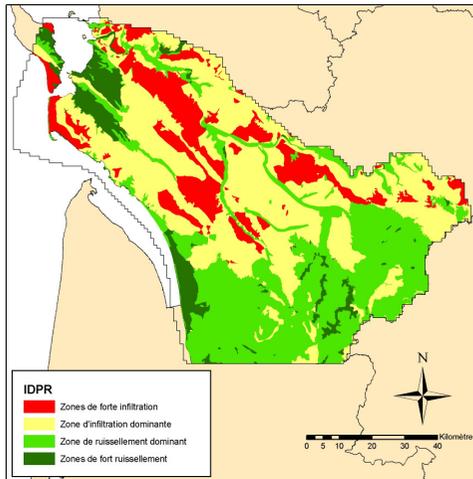


Illustration 7 : Cartographie de l'IDPR du domaine d'étude

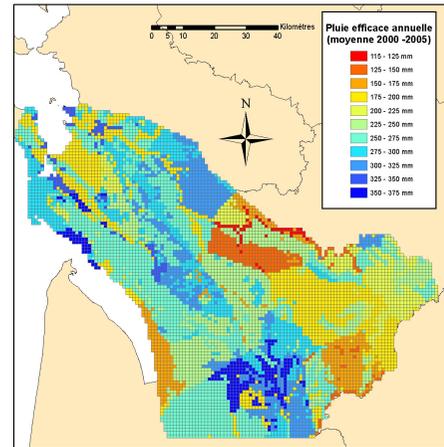


Illustration 8 : Calcul de la pluie efficace sur les 66 zones de pluie efficace

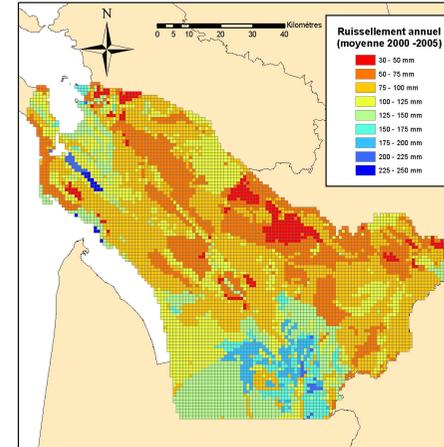


Illustration 9 : Calcul du ruissellement sur les 99 zones (zones de pluie efficace redécoupées par zones IDPR)

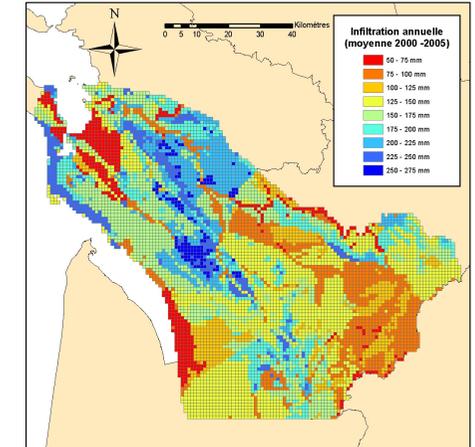


Illustration 10 : Calcul de l'infiltration sur les 99 zones (zones de pluie efficace redécoupées par zones IDPR)

Rq : Les 66 zones de calcul de pluie efficace définies précédemment sont « sous-découpées » en zones IDPR donnant au final 99 zones de calcul de ruissellement et d'infiltration.

Rq : La répartition de la pluie efficace entre infiltration et ruissellement se fait en fonction de la classe IDPR des zones, selon les pourcentages présentés dans le Tableau 4.

2.5. ECHANGES NAPPES - RIVIERES

Les échanges nappes/rivières jouent un rôle important dans l'hydrodynamique régionale : les nappes sont en effet souvent en étroite relation avec les rivières, avec en particulier un rôle de soutien des débits d'étiage des cours d'eau.

Le module "échanges nappes/rivières" du logiciel WinMarthe qui permet un couplage direct entre nappes et cours d'eau a donc été utilisé.

Le réseau de rivières simplifié pris en compte est présenté par l'illustration 11. Il comporte les principaux cours d'eau de la région et leurs affluents.

Outre l'introduction dans le modèle de la structure du réseau (arbre des affluents et sens d'écoulement), il faut attribuer à chaque maille traversée par un cours d'eau une valeur pour les paramètres suivants :

- La longueur de la rivière au droit de la maille
- La largeur de la rivière : la difficulté d'évaluation de ce paramètre sur l'ensemble des rivières du domaine nous a conduit à utiliser les données de la BD-Carthage :

Champ LARGEUR de la BD-Carthage :	Commentaire associé	Largeur prise en compte dans le modèle
1	De 0 à 15 mètres	10 mètres
2	Entre 15 et 50 mètres	25 mètres
3	Plus de 50 mètres	50 mètres

- L'altitude moyenne de la rivière sur cette maille : calculée en considérant le minimum du MNT au pas de 50 mètres sur le tronçon de rivière correspondant à la maille.
- La pente et le coefficient de Manning (coefficient utilisé pour représenter la rugosité d'un cours d'eau) : considérés comme paramètres de calage, ils ont été finalement évalués respectivement à 0.005 (5 mètres de dénivelé pour une distance horizontale de 1000 mètres) et 0.02.
- L'épaisseur (évaluée à 0.1 mètres) et la perméabilité de colmatage du lit de la rivière dont les valeurs fluctuent entre 10^{-5} et 0.1 m/s.
- Les débits amont des rivières du domaine dont la source est en dehors des limites du modèle (cf. Tableau 5). Ces débits ont été calculés à chaque pas de temps à partir de la station hydrométrique la plus proche de la limite du modèle. Lorsque la station considérée est trop éloignée pour refléter les débits

réels à l'entrée du modèle on multiplie ces débits par un coefficient correctif évalué à partir des surfaces des bassins versants.

Nom de la rivière	Station hydrométrique utilisée
La Charente	Vindelle (Lacunes complétées par corrélation avec la station de Luxe) et débits de la Touvre à Foulpougne
Apports latéraux rive droite de la Charente entre Angoulême et Cognac	Evalués selon la formule suivante : Apports rive droite Charente = $1/2 \times (Q_{\text{jarnac}} - (Q_{\text{vindelle}} + Q_{\text{foulpougne}}))$
La Boutonne	Cabariot (Lacunes complétées par corrélation avec la station de St Jean d'Angely)
La Lizonne	La Lizonne à Saint Severin
La Dronne	La Dronne à Villeteureix

Tableau 5 : Prise en compte des débits des rivières à l'entrée du domaine d'étude à partir des stations hydrométriques.

3. Calage du modèle en régime transitoire

Le calage du modèle en régime transitoire a pour point de départ les différents champs de valeurs obtenus lors de la phase d'ajustement en régime permanent. Cette première phase de modélisation permet en effet de partir d'une première appréciation du champ de perméabilités des aquifères et des éponges. Le régime permanent permet en outre de restituer un état piézométrique moyen dans chacune des couches, utilisé ensuite comme état initial du régime transitoire.

Le calage a été réalisé sur la période de 2000 à 2005 à un pas de temps mensuel (72 pas au total).

3.1. CALAGE DU MODELE EN REGIME PERMANENT ET INITIALISATION DU RÉGIME TRANSITOIRE

3.1.1. Objectifs

Cette phase de calage menée en régime permanent n'est qu'une étape dans le processus de calage du modèle. Elle permet d'obtenir un premier champ de perméabilité, une estimation de la recharge et la restitution d'une piézométrie permettant l'initialisation du régime transitoire.

Les données issues de ce premier calage sont ensuite reprises et affinées en régime transitoire. Des allers-retours entre les deux types de régimes sont nécessaires pour arriver à une stabilisation des différents champs de paramètres.

3.1.2. Données utilisées pour ce premier calage

Le régime permanent permet de sérier les difficultés (moins de paramètres inconnus) et un *état moyen* de la piézométrie dans chacune des couches. Toutes les données temporelles utilisées en entrée du modèle permanent sont des **moyennes annuelles** (recharge, ruissellement, prélèvements...).

Les niveaux simulés sont donc à comparer avec un état moyen des niveaux mesurés (moyenne des mesures effectuées en période de hautes eaux et de basses eaux).

Seul l'aquifère du Turonien-Coniacien a fait l'objet de campagnes piézométriques synchrones sur l'ensemble du domaine. Les campagnes piézométriques ayant servi de base au calage de l'aquifère du Turonien – Coniacien ont été réalisées en 2001 :

- Campagne piézométrique de hautes eaux du 4 avril au 15 mai 2001 sur 415 points ;

- Campagne piézométrique de basses eaux du 10 au 24 octobre 2001 sur 437 points.

L'aquifère du Campanien sur le bassin du Né a fait l'objet d'une piézométrie en 1996 dans le cadre d'un diplôme de l'Université de Poitiers, 180 points ont été mesurés en juin et août 1996. La relative ancienneté et la dimension locale de cette étude en réduisent l'intérêt pour le calage.

Enfin, l'aquifère du Cénomaniens a fait l'objet de deux campagnes : basses eaux en 1998 (38 points de mesures) et hautes eaux en 1999 (24 points). Une très nette majorité des points d'eau utilisés lors de la première campagne n'a pas été repris lors de la seconde ce qui rend difficile l'appréciation d'un état moyen de la piézométrie (et donc le calage en régime permanent).

Les **cartes piézométriques** tracées à partir de ces mesures sont présentées en Annexe 3 (où elles sont comparées aux niveaux issus de la modélisation en transitoire cf. § 3.3).

3.1.3. Résultats

a. Diagrammes de dispersions

Pour l'aquifère du Turonien Coniacien un diagramme de dispersion représentant la charge calculée par rapport à la moyenne des valeurs observées en basses et hautes eaux a été construit afin de visualiser les écarts de calage (Illustration 12 et 13).

Ce diagramme de dispersion repose sur 270 points pour lesquels à la fois une valeur de hautes eaux et de basses eaux existaient.

Pour l'aquifère du Cénomaniens, les points de mesure de la campagne basses eaux de 1998/99 diffèrent de ceux de la campagne hautes eaux et il est donc impossible d'utiliser cette méthode. Le calage en régime permanent a été réalisé afin d'obtenir un état moyen entre les piézométries observées lors de ces campagnes.

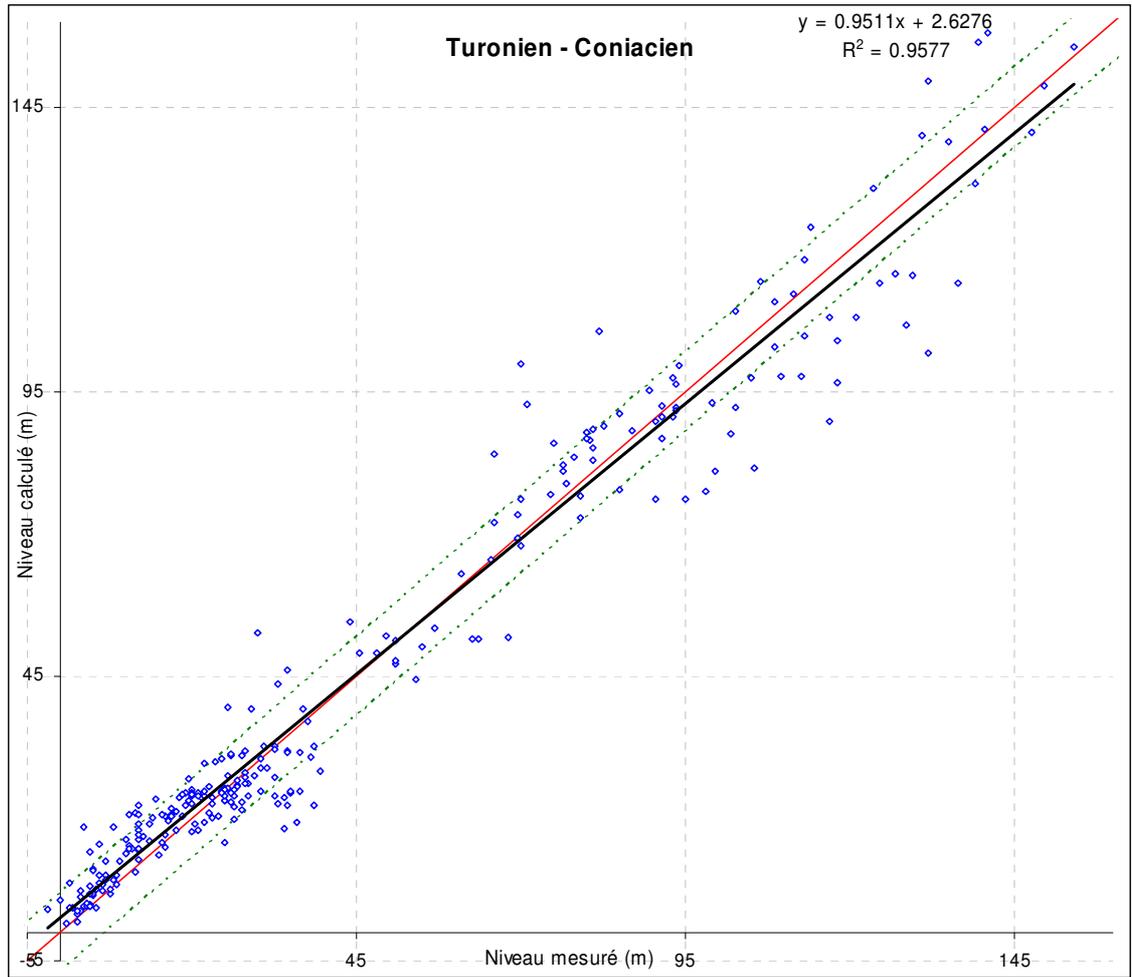


Illustration 12 : diagramme de dispersion du Turonien-Coniacien – Régime permanent

Points avec un écart inférieur à 5 mètres	60%
Points avec un écart inférieur à 10 mètres	80%
Points avec un écart inférieur à 15 mètres	91%

Illustration 13 : diagramme de dispersion du Turonien-Coniacien - Régime permanent

b. Initialisation du régime transitoire

Le régime permanent fournit des champs de perméabilités et des hauteurs d'eau moyennes qui servent de point de départ pour le calage en régime transitoire.

Remarque: les niveaux calculés du régime permanent constituent l'état initial du régime transitoire.

Pour éliminer l'influence d'une imprécision de cet état initial sur les pas de temps qui suivent (imprécision dont l'atténuation au cours des pas de temps est fonction de l'inertie du système), la date de début des simulations a été fixée à 5 pas de temps avant 2000, c'est-à-dire à août 1999.

3.2. DONNÉES UTILISÉES POUR LE RÉGIME TRANSITOIRE

3.2.1. Prélèvements

a. Prélèvements pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP)

La collecte des données de prélèvements organisée depuis la phase 2 de l'opération a permis de recueillir et d'intégrer dans la Banque de Données des Eaux Souterraines des chroniques mensuelles ou des valeurs annuelles des volumes prélevés entre 1988 (pour la plus ancienne) et 2005. Ces données ont été recherchées auprès des Agences de l'Eau et des Syndicats AEP.

La valeur moyenne annuelle obtenue sur les années 2000 à 2005 pour chacun des points de captage a été retenue pour le régime permanent.

Pour le régime transitoire, les chroniques mensuelles sont utilisées lorsqu'elles existent. Sinon, lorsque seuls les volumes annuels sont connus, chacun d'eux est réparti sur chaque mois de manière homogène (division par 12). Lorsque les données de prélèvements sont incomplètes en un point, la valeur moyenne des données existantes sur ce point sert à compléter la (ou les années) manquante(s).

Des précisions sur les données utilisées pour les prélèvements AEP sont données en Annexe 8.

b. Prélèvements Agricoles

Les fichiers DDAF relatifs aux forages agricoles des deux départements ont été utilisés. Un travail de rapprochement et de mise en cohérence avec la BSS a été nécessaire pour répartir les volumes par nappe captée.

Des précisions sur les données utilisées pour les prélèvements agricoles sont données en Annexe 8.

c. Prélèvements Industriels

Très peu de données sont disponibles. Les pompages pour cet usage sont peu importants et peuvent être, dans une première approche, négligés.

3.2.2. Paramètres hydrodynamiques

Une quinzaine de points issus de pompages d'essais donnent des indications locales sur la transmissivité et l'emmagasinement de l'aquifère du Turonien. Il est cependant difficile d'utiliser ces valeurs pour la phase de calage du modèle car elles ne sont représentatives que d'un comportement très local.

La table récapitulative des points est présentée en Annexe 9.

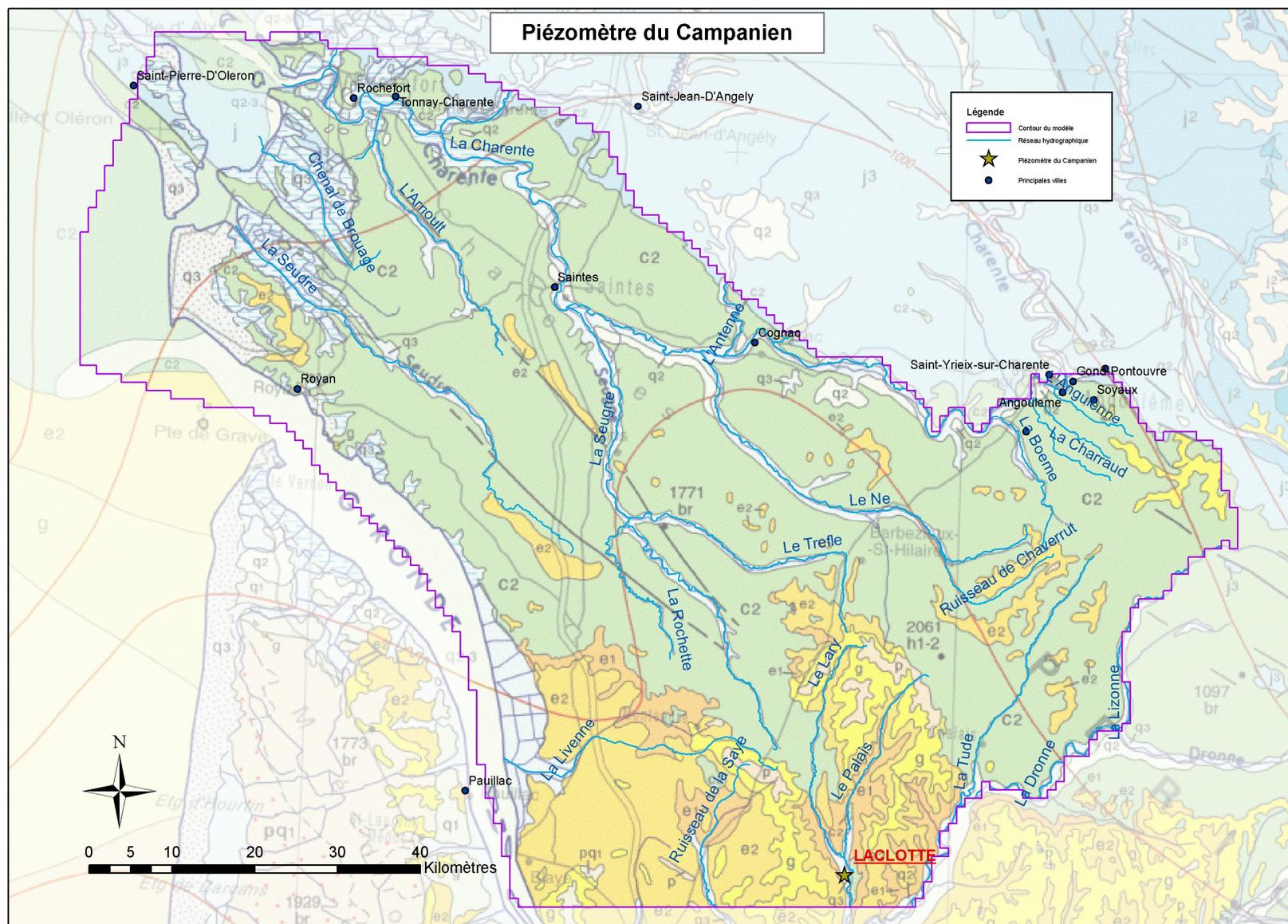


Illustration 14 : Piézomètre du Campanien retenu dans le cadre du calage du modèle

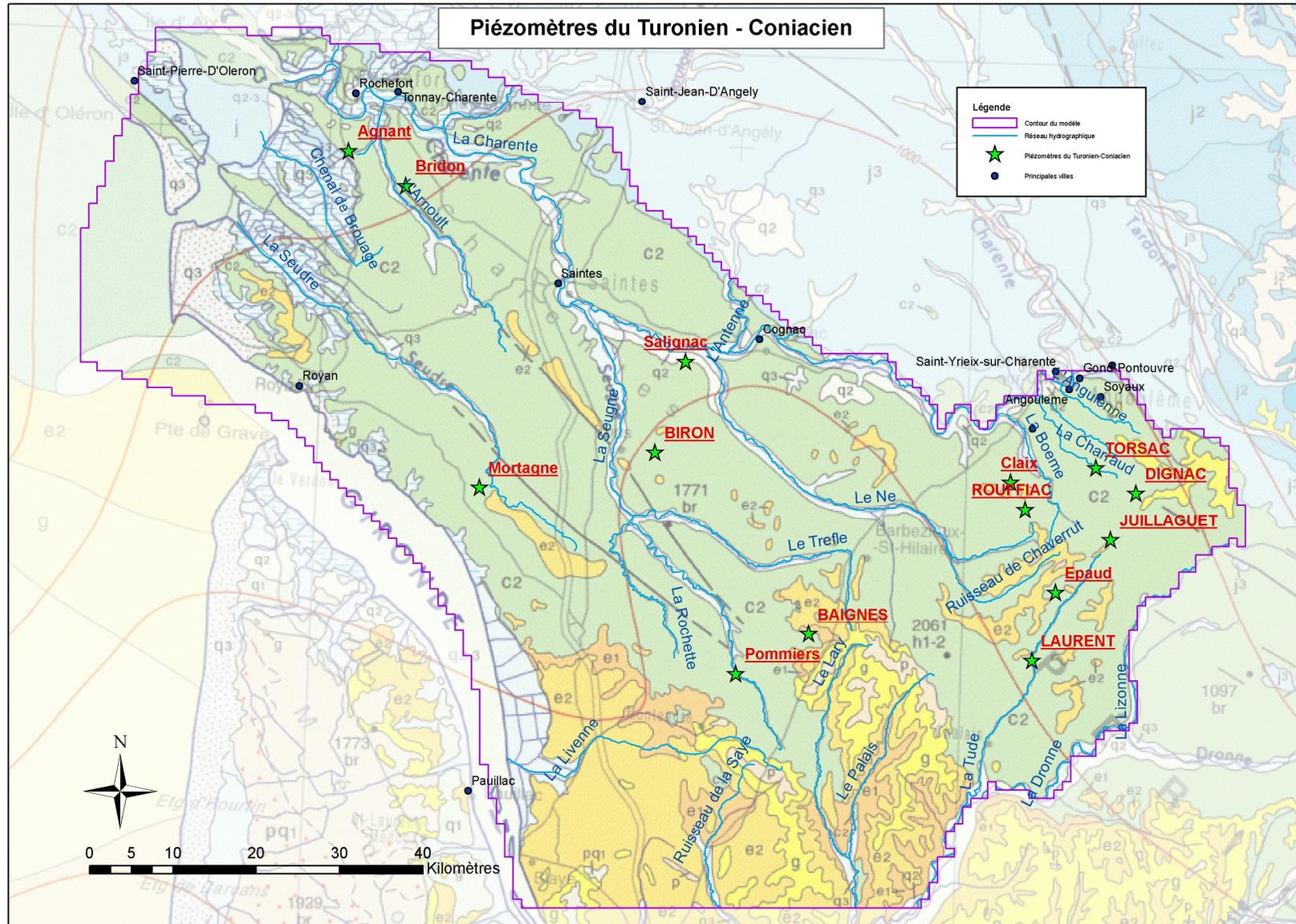


Illustration 15 : Piézomètres du Turonien-Coniacien retenus dans le cadre du calage du modèle

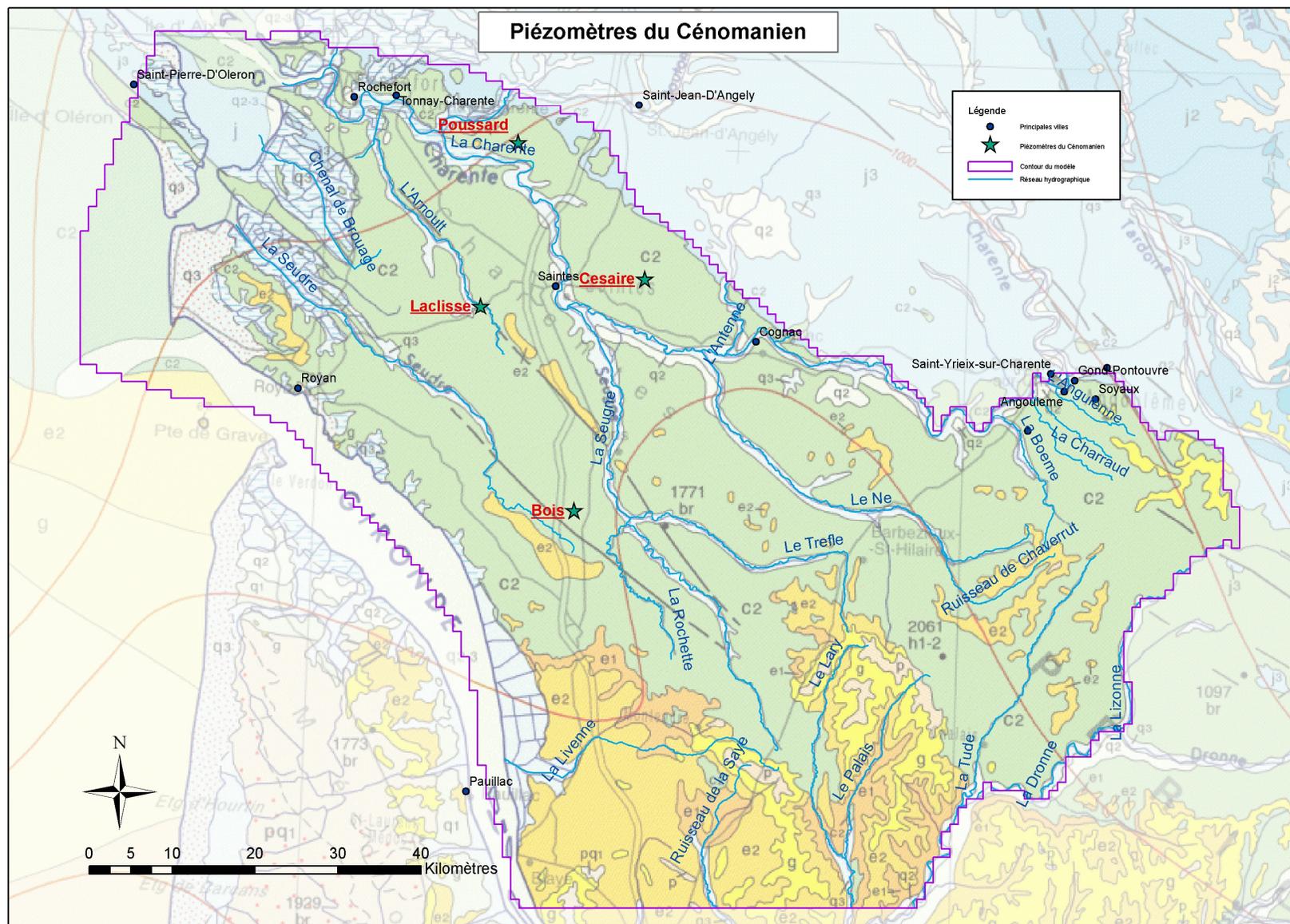


Illustration 16 : Piézomètres du Cénomanién retenus dans le cadre du calage du modèle

3.3. CHRONIQUES PIÉZOMETRIQUES SIMULÉES

La présentation des résultats est réalisée par bassin versant. Des cartes comportant l'ensemble des piézomètres retenus pour chacun des aquifères sont présentées en Illustrations 14 et 15 et 16.

Les précisions apportées sur le contexte hydrogéologique des bassins proviennent pour l'essentiel de la synthèse hydrogéologique par bassin versant de la région Poitou-Charentes (Bichot *et al.*, 2005).

Par bassin versant et par nappe, globalement de l'amont vers l'aval, les résultats du calage en transitoire sont donnés en comparant pour chaque piézomètre la courbe réelle de mesures (journalières) avec la courbe restituée par le modèle (lissée sur le mois).

3.3.1. Bassin versant des rivières du sud-Angoumois et de la Charente

a. Contexte hydrogéologique

En rive gauche de la Charente, les reliefs sont constitués par les formations du Crétacé supérieur, qui constituent le flanc nord du synclinal de Saintes. Les nombreux cours d'eau latéraux, à petits bassins versants et à pentes fortes, drainent ces formations crétacées : les Eaux Claires, la Charraud, la Boême, le Claix, la Vélude...

Les sables et les calcaires du Cénomaniens forment un réservoir assez productif, qui se prolonge en profondeur. Le Turonien et le Coniacien calcaire correspondent à l'aquifère le plus important de ce secteur. Cet aquifère karstique donne naissance à d'importantes sources, aux débits pérennes, qui viennent alimenter les rivières. Sur le Turonien-Coniacien la densité du réseau hydrographique est assez faible. Il devient plus dense à l'amont sur les formations du Santonien-Campanien.

L'aquifère du Turonien-Coniacien est exploité dans ses parties libres comme dans son domaine captif principalement situé au Sud de ce territoire. Cette nappe s'écoule globalement vers la Charente à partir d'une crête piézométrique correspondant à peu près à la limite avec le bassin versant du Né. La nappe est non seulement alimentée par les eaux qui tombent sur l'impluvium correspondant aux affleurements de Turonien-Coniacien, mais aussi par percolation des eaux à travers la couverture calcaréomarneuse (Santonien-Campanien) de l'aquifère. Cette percolation est facilitée par la fracturation.

b. Analyse des chroniques piézométriques modélisées

Aquifère du Turonien-Coniacien

○ Piézomètre de Dignac

Ce piézomètre est situé en tête du bassin versant de la Charreau, dans le secteur où la nappe du Turonien est libre à semi-captive. Avec 120 m de profondeur, il capte l'aquifère du Turonien dont la piézométrie montre un drainage par la Charreau.

La chronique modélisée est fidèle aux fluctuations du niveau piézométrique observées entre 2000 et 2005.

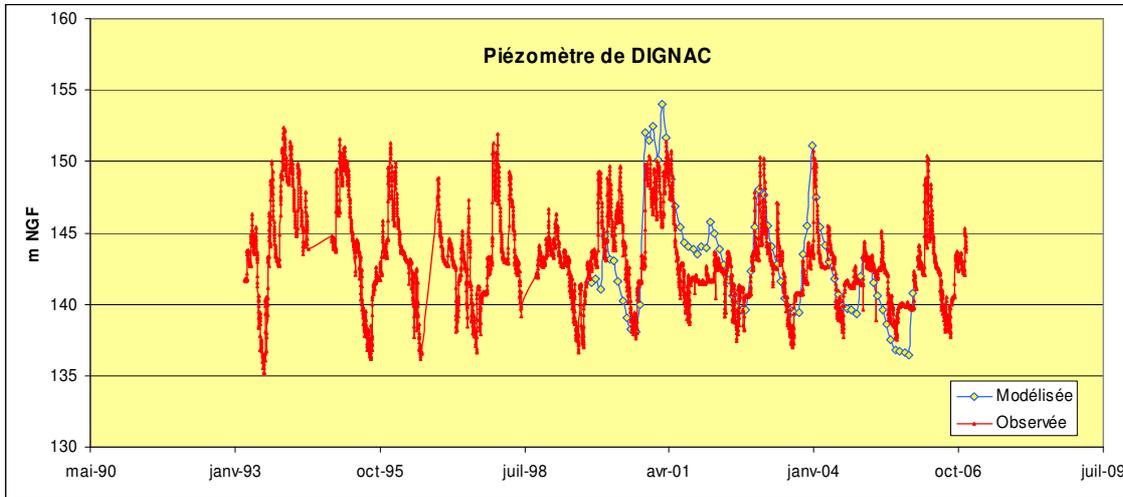


Illustration 17 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Dignac – Turonien

○ Piézomètre de Torsac

Le piézomètre de Torsac est situé dans la vallée de La Charreau à l'aval du piézomètre précédent de Dignac, dans une zone où la nappe du Turonien est libre. Il fait 49 m de profondeur.

Les piézométries indiquent un fort drainage de cette nappe du Turonien par La Charreau. En très hautes eaux, le système aquifère semble stocker provisoirement de l'eau, ce qui permet de soutenir la nappe dans la période de vidange suivant la période humide. L'impact des pompages reste modéré. La piézométrie enregistre l'effet des prélèvements sur le bassin versant à l'amont de la station piézométrique. En dehors des très hautes eaux, le battement de la nappe reste faible, de l'ordre du mètre.

La modélisation de ce piézomètre donne un résultat satisfaisant avec en particulier une bonne reproduction des décroissances suivant les épisodes de crues.

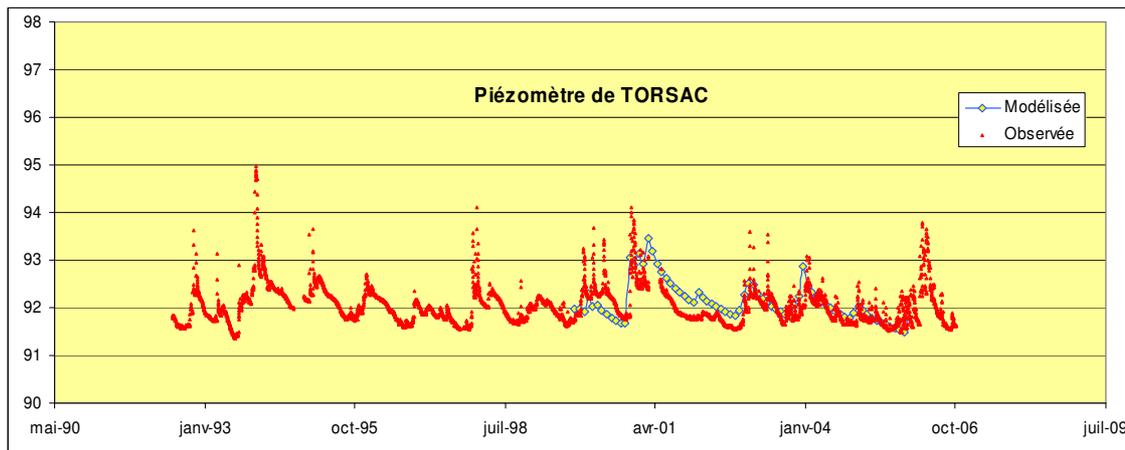


Illustration 18 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Torsac – Turonien

○ **Piézomètre de Rouffiac**

Le piézomètre de Rouffiac est situé sur la crête piézométrique entre le bassin versant du Né et celui du Claix/Boême. Avec 107 m de profondeur, il capte la nappe du Turonien captive sous les marnes du Santonien.

Contrairement aux piézomètres de Juillaguet, dans le même contexte mais plus à l'Est, de Dignac et de Torsac situés dans des zones où le Turonien est libre, le piézomètre de Rouffiac est peu impacté par les pompages. La nappe relativement profonde du Turonien se recharge plus difficilement et possède une certaine inertie.

Malgré un niveau de base acceptable, le modèle peine à reproduire les fluctuations annuelles et le comportement de la nappe dans ce secteur.

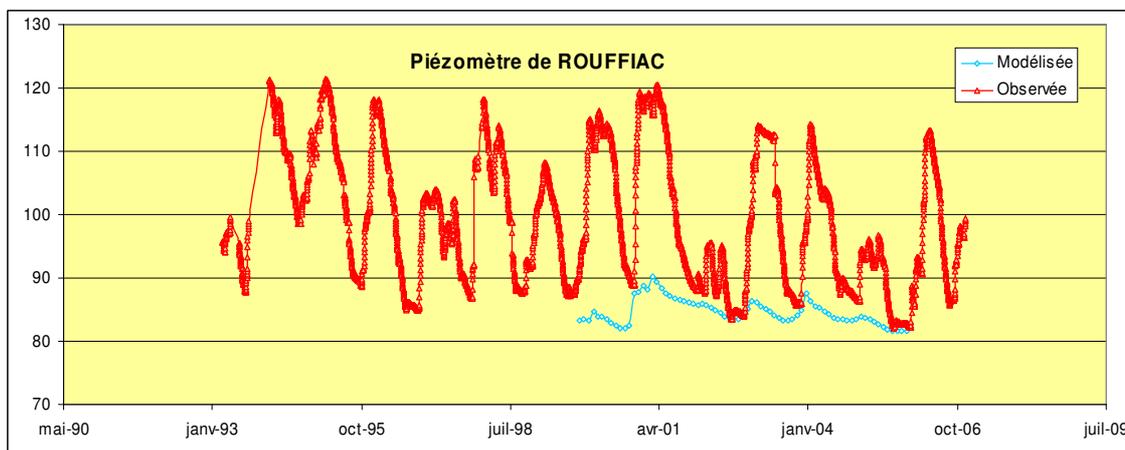


Illustration 19 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Rouffiac – Turonien

○ **Piézomètre de Claix**

Le piézomètre de Claix est situé dans la partie libre du Turonien, d'une profondeur de 50 m, il ne capte que le Turonien.

Le piézomètre de Claix est peu utilisé pour caractériser l'état de la nappe. La très faible variation de hauteur piézométrique, peu habituelle dans le secteur est imparfaitement retracée par le modèle.

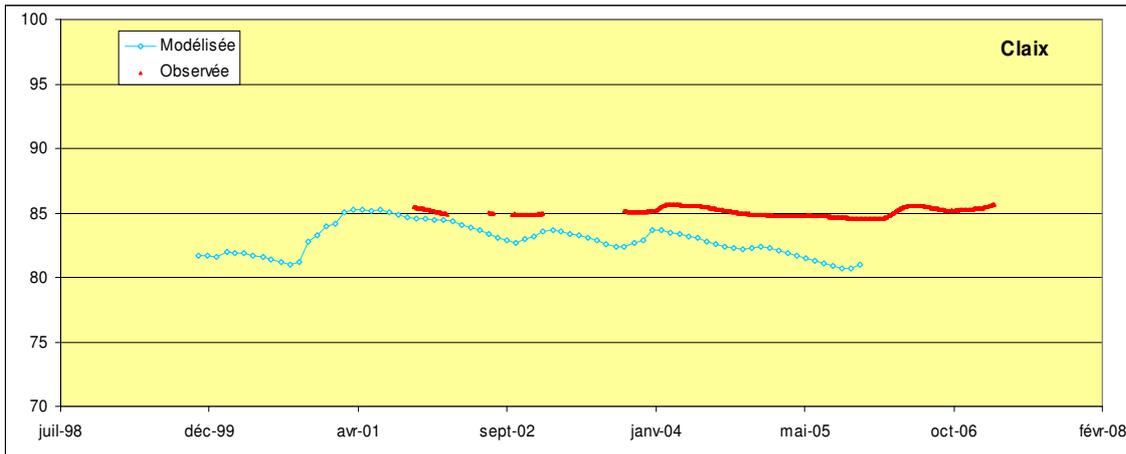


Illustration 20 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Claix – Turonien

3.3.2. Bassin versant du Né et de la Charente moyenne rive droite

a. Contexte hydrogéologique

Le bassin versant du Né s'écoule principalement sur un substratum calcaréo-marneux d'âge Santonien à Campanien. Il est situé au cœur du synclinal de Saintes, d'axe Nord-Ouest/Sud-Est incliné dans cette dernière direction. La limite septentrionale de ce synclinal s'étend depuis Angoulême jusqu'à Rochefort, avec à l'affleurement la partie inférieure du Crétacé supérieur (Cénomaniens à Coniaciens) qui vient en discordance sur le Jurassique supérieur.

Il existe une nappe superficielle dans ces formations marneuses, altérées et fissurées en surface, peu productive et en relation avec les rivières. En profondeur la nappe du Turonien-Coniacien est reconnue et exploitée par plusieurs ouvrages. La contribution de cette nappe au débit des cours d'eau par remontée des eaux profondes à la faveur des failles est soupçonnée.

b. Analyse des chroniques piézométriques modélisées

Aquifère du Turonien-Coniacien

o Piézomètre de Salignac

Ce piézomètre est situé à l'aval dans le bassin du Né. Avec 140 m de profondeur, il capte la nappe du Turonien captive. Les pompages y ont un impact modéré.

Les fluctuations sont assez fidèlement reproduites même si le niveau piézométrique moyen est sur-estimé de 3 mètres.

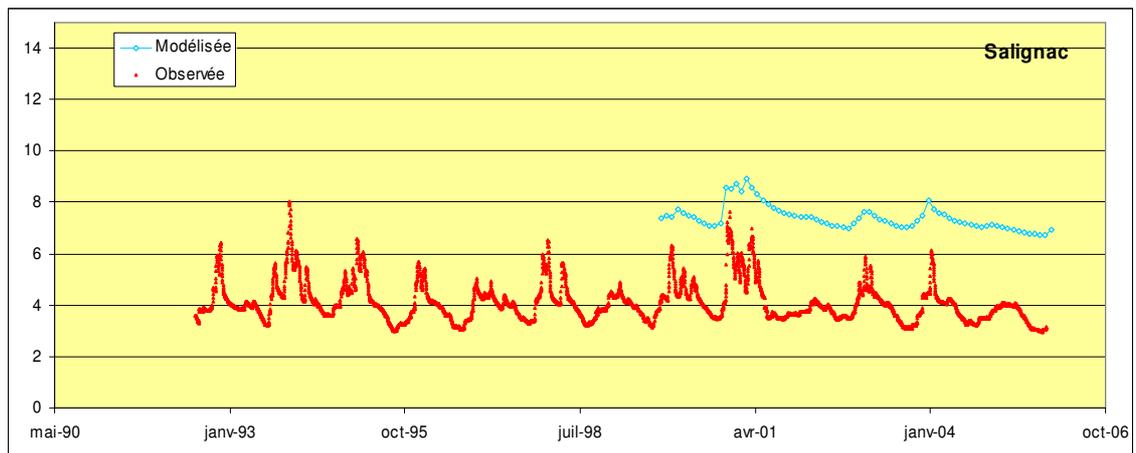


Illustration 21 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Salignac – Turonien

Aquifère du Cénomanién

○ Piézomètre de St-Césaire

Ce piézomètre est localisé dans le bassin versant du Coran, affluent en rive droite de la Charente. Ce bassin versant, où affleurent les formations du Coniacien et du Santonien, est court avec des pentes relativement importantes. Avec 99 m de profondeur, le forage capte la nappe du Cénomanién captive sous plusieurs niveaux marneux.

Le piézomètre est très impacté par les pompages. Ces pompages constituent une grosse partie du battement annuel.

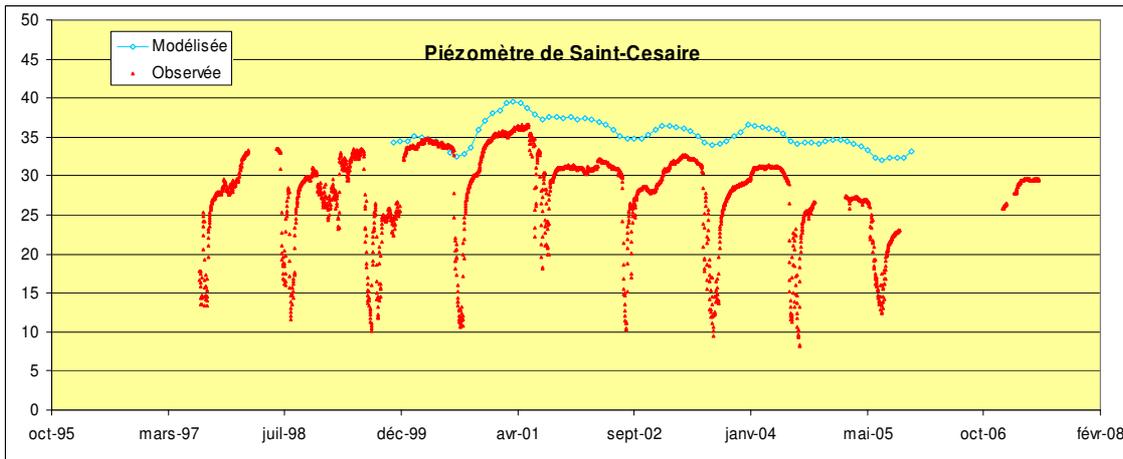


Illustration 22 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Césaire – Cénomanién

Ces pompages ne sont vraisemblablement pas tous recensés et font donc défaut à la modélisation. Aussi ce dernier reproduit relativement bien le niveau haut de la chronique mais pas l'impact des pompages en basses eaux.

3.3.3. Bassin versant de la Seugne

a. Contexte hydrogéologique

A l'amont, la Seugne et ses affluents circulent sur les formations marneuses du Santonien-Campanien, puis de Jonzac jusqu'à Pons, à la traversée de l'anticlinal, sur les formations karstiques du Turonien-Coniacien. Cette zone correspond à une partie plate, encadrée par 2 grandes failles et fermée à l'aval (à Pons) par une barrière constituée par les marnes santoniennes et dans laquelle la rivière s'est créé un passage. A l'amont de Pons plusieurs sources émergent du Turonien soulignant que cette nappe vient significativement contribuer au débit des cours d'eau. Ensuite, jusqu'à sa confluence avec la Charente, la Seugne s'écoule de nouveau sur un substratum marneux pauvre en ressources souterraines, du moins superficielles.

b. Analyse des chroniques piézométriques modélisées

Aquifère du Turonien - Coniacien

○ Piézomètre de Pommiers

Ce piézomètre est situé dans la partie amont du bassin versant de la Seugne. Avec une profondeur de 228 m, il capte également la nappe captive du Turonien.

Certaines années, la chronique enregistre un impact important de pompage soit dans l'ouvrage soit à proximité. Il existe un seuil haut très net autour de 51 m NGF qui correspond à la cote de la Seugne à proximité (à environ 180 m de l'ouvrage). Malgré sa profondeur, le niveau piézométrique de ce piézomètre semble en grande partie contrôlé par les eaux de surface. Le battement relativement faible, de quelques mètres, vient corroborer cette hypothèse.

Le modèle reproduit relativement bien le niveau moyen de la nappe (deux mètres environ d'écart avec la chronique). Par contre les pompages proches, qui impactent très significativement le piézomètre certaines années (1996, 2003, 2005), n'étant pas connus, ne sont pas introduits dans le modèle, ce qui explique les écarts.

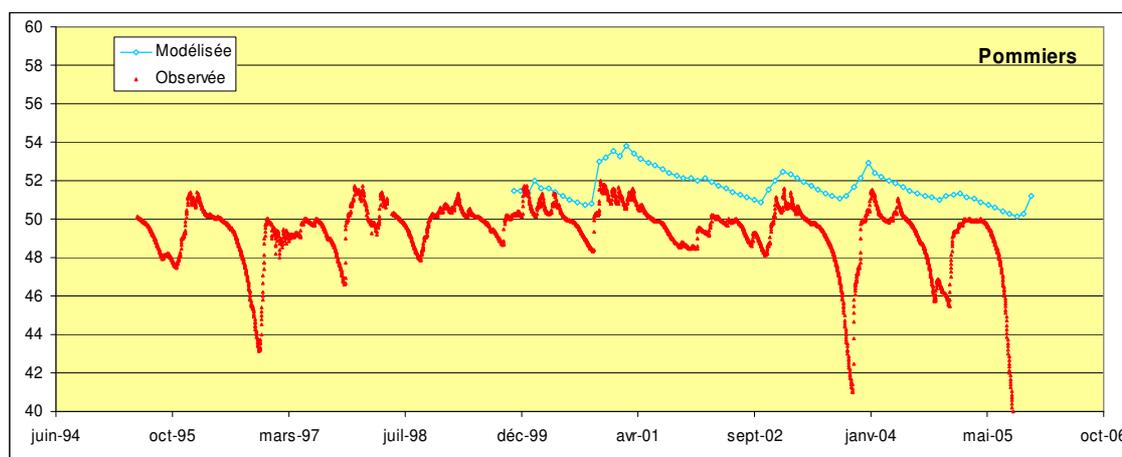


Illustration 23 : Chroniques observées et modélisées - piézomètre de Pommiers – Turonien