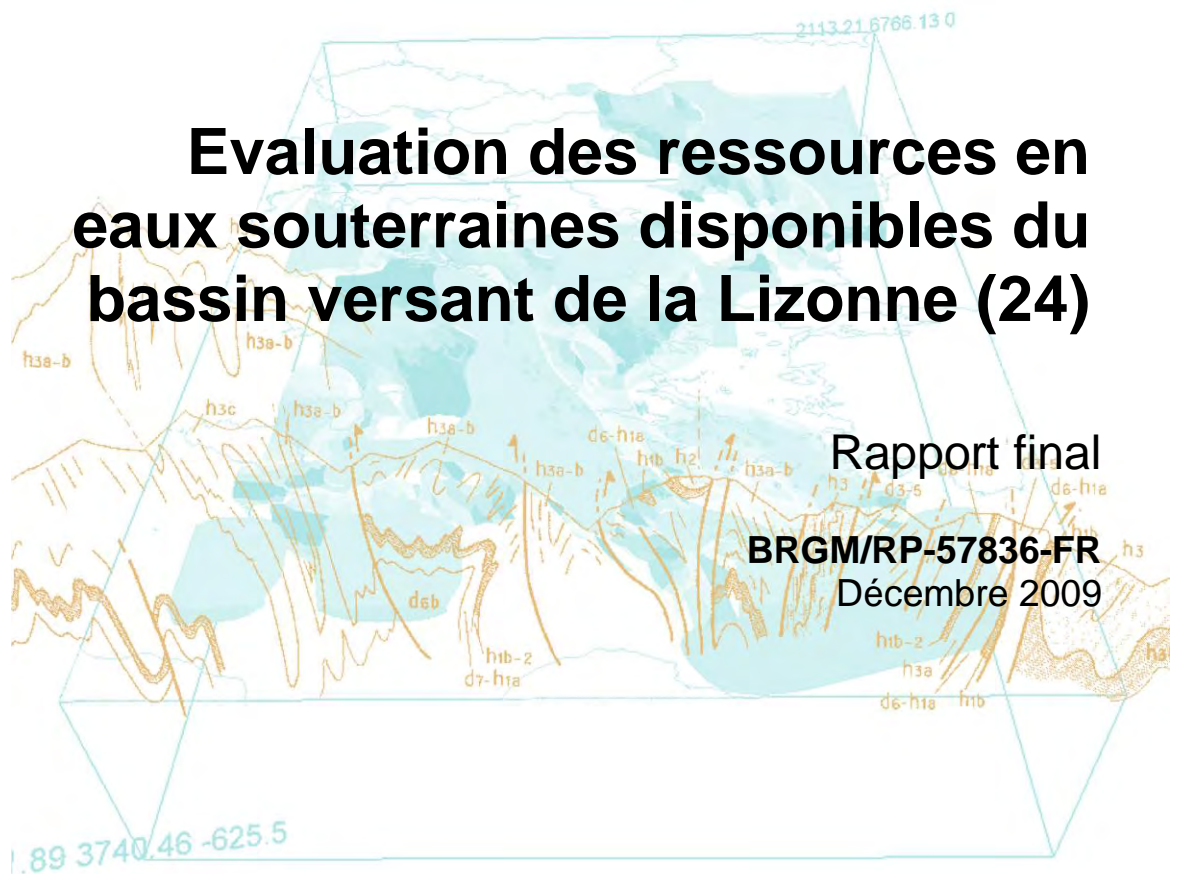


Document public



# Evaluation des ressources en eaux souterraines disponibles du bassin versant de la Lizonne (24)



Rapport final

BRGM/RP-57836-FR

Décembre 2009



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Direction départementale de l'agriculture  
et de la forêt de la Dordogne



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



# Evaluation des ressources en eaux souterraines disponibles du bassin versant de la Lizonne (24)

Rapport final

**BRGM/RP-57836-FR**  
décembre 2009

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 09EAU102

**M. Saltel, A. Wuilleumier**  
avec la collaboration de  
**N. Pedron et J.P. Platel**

Vérificateur :

**B. Mauroux**

Approbateur :

**Ph. Dutartre**

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.**



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Direction départementale de l'agriculture et de la forêt  
de la Dordogne



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

Mots clés : Bassin versant, Lizonne, analyse de chroniques, débit de rivière, modèle global, TEMPO.

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

**M. Saltel, A. Wuilleumier**, avec la collaboration de **N. Pedron et J.P. Platel** (2009) - Evaluation des ressources en eaux souterraines disponibles du bassin versant de la Lizonne (24), BRGM/RP-57836-FR 69 p., 47 figures, 18 tableaux, 3 annexes

© BRGM, 2009, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

Depuis plusieurs années la gestion des étiages des cours d'eau du département de la Dordogne s'est souvent apparentée à une gestion de crise en raison de la faiblesse de leur régime hydrologique. Lorsque les débits objectifs d'étiage (DOE) ne sont plus assurés, des arrêtés préfectoraux de restriction et d'interdiction sont pris.

L'un des secteurs les plus touchés par ces restrictions est le bassin de la Dronne dont la Lizonne est un des affluents en rive droite. Le bassin versant de la Lizonne, d'une superficie de 628 km<sup>2</sup>, intègre les sous-bassins de la Lizonne elle-même et de ses affluents en rive gauche : la Sauvanie, la Pude et la Belle. Il est à cheval sur les départements de la Dordogne (24) et de la Charente (16).

Dans ce contexte, la DDAF de Dordogne, en tant que service de l'Etat en charge d'instaurer le **Plan de Gestion de la Rareté de l'Eau (PGRE)** de la Lizonne, a sollicité l'appui technique du BRGM pour caractériser le fonctionnement hydrologique du bassin versant et faire une première évaluation de la ressource en eaux souterraines disponible sur celui-ci.

L'étude présentée ici est consacrée à une approche globale des écoulements dans le bassin versant de la Lizonne en exploitant essentiellement les données hydro-climatologiques disponibles. La caractérisation du fonctionnement de l'hydrosystème considéré a été réalisée en se basant sur la description du contexte géologique et hydrogéologique du bassin versant de la Lizonne suivie de l'élaboration du modèle global réalisé avec le logiciel **TEMPO** développé par le BRGM. L'objectif est d'élaborer des indicateurs pour la gestion de la ressource en eau en période d'étiage.

Au sein de la zone d'étude, la nappe du Turonien-Coniacien constitue la principale ressource en eaux souterraines, largement drainée par le cours d'eau de la Lizonne. Ce réservoir karstique est caractérisé par une très forte réactivité vis-à-vis des évènements pluvieux.

Le pic de réactivité des débits après une pluie est de l'ordre de 5 jours contre 8 à 15 jours pour les observations faites dans les piézomètres. Cette réactivité nuit à la mise en place d'une gestion de la ressource à plus long terme. En effet, les impacts d'un épisode pluvieux étant relativement rapides, les précipitations peuvent permettre d'obtenir des débits supérieurs aux seuils d'alerte dans des délais relativement courts. De ce fait, malgré les bons résultats obtenus par le biais de la modélisation globale et les bonnes corrélations niveaux-débits obtenues, le caractère très réactif du système (y compris pendant l'été durant lequel le cours d'eau réagit aux pluies d'orage) pose problème car il ne permet pas une prédiction d'un débit à 7 ou 15 jours avec un seuil de confiance suffisamment élevé.

Il ressort donc de cette étude que le mode de gestion actuel de la ressource (avec 4 seuils d'alerte) ne peut pas être amélioré en utilisant un modèle global en raison de la très forte réactivité du système.

A noter qu'au sein du bassin versant de la Lizonne, les affluents de la Pude et de la Sauvanie posent particulièrement problème. Ces cours d'eau situés à l'aval du bassin versant sont localisés dans un contexte majoritairement ruisselant du fait qu'ils s'écoulent sur les formations globalement plus marneuses du Campanien alors qu'ils prennent leur source dans les formations calcaires du Coniacien et du Santonien inférieur. Dans cette configuration, il est donc probable qu'en dehors de ces zones de sources, les apports provenant des réservoirs souterrains soient relativement limités. Des stations de mesures de niveaux existent sur ces cours d'eau mais l'acquisition n'y est réalisée que temporairement durant les périodes d'étiages. Par ailleurs, seuls les niveaux de la rivière sont disponibles sans correspondances avec des valeurs de débits. Un suivi en continu (stations de Nanteuil et de l'étang des Faures pour la Pude et à Durbet pour la Sauvanie) ainsi que l'établissement d'une loi hauteur débit permettraient de recueillir des données précieuses qui pourraient être utilisées pour mieux caractériser le comportement de ces rivières vis-à-vis des précipitations et des prélèvements en rivière.

# Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Synthèse géologique et hydrogéologique du bassin versant de la Lizonne</b> .....	<b>13</b>
2.1. CONTEXTE GLOBAL.....	14
2.1.1. Géologie .....	14
2.1.2. Hydrogéologie.....	15
2.2. CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT .....	23
2.2.1. Altitudes .....	23
2.2.2. Pentes .....	24
2.2.3. Indice de Développement et de Persistance des Réseaux.....	26
2.3. CLIMATOLOGIE .....	28
2.3.1. Précipitations .....	29
2.3.2. Pluies efficaces.....	30
2.4. HYDROLOGIE .....	31
2.4.1. La Lizonne .....	32
2.4.2. Affluents de la Lizonne.....	35
<b>3. Analyse de l'hydrogramme et simulations</b> .....	<b>39</b>
3.1. PRINCIPE GENERAL DE TEMPO .....	39
3.2. DONNEES UTILISEES DANS LES MODELES.....	41
3.3. ANALYSE DES DONNEES .....	42

3.4. MODELISATIONS .....	43
3.4.1. Modélisation des niveaux piézométriques .....	43
3.4.2. Modélisation du débit de la Lizonne à Saint-Séverin .....	50
3.5. SIMULATION PREVISIONNELLE .....	54
3.5.1. Résultats .....	54
3.5.2. Comparaison entre les quantiles simulés et les quantiles obtenus à partir des données observées .....	57
<b>4. Proposition de valeurs de référence .....</b>	<b>63</b>
<b>5. Conclusions .....</b>	<b>65</b>
<b>6. Bibliographie .....</b>	<b>69</b>

## Liste des illustrations

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude .....	13
Figure 2 : Contexte géologique global .....	14
Figure 3 : Log synthétique des formations rencontrées au sein du bassin versant de la Lizonne.....	16
Figure 4 : Coupe géologique schématique suivant l'axe de la Lizonne.....	17
Figure 5 : Piézométrie de la nappe du Turonien-Coniacien - 1996 [Bichot et al., 2001]. .....	18
Figure 6 : Points de suivi de la piézométrie des nappes du Crétacé supérieur.....	19
Figure 7 : Exemples de chronique piézométrique .....	20
Figure 8 : Localisation des prélèvements sur le secteur d'étude.....	21
Figure 9 : Répartition des prélèvements par usage (année 2007) .....	22
Figure 10 : Évolution des prélèvements sur le Bassin de la Lizonne de 1972 à 2007 .....	22
Figure 11 : Carte des altitudes (d'après le MNT au pas de 50 m) .....	23
Figure 12 : Carte des pentes (calculée d'après le MNT au pas de 50 m) .....	24
Figure 13 : Distribution cumulée des fréquences des pentes calculées à partir du MNT (statistiques par maille de 50 m) .....	25
Figure 14 : Profil en long sur l'axe de la Lizonne.....	26
Figure 15 : Carte des Indices de Persistance et de Développement des Réseaux (IDPR). .....	27
Figure 16 : Distribution des précipitations moyenne interannuelle – période 1971-2001 (Méthode AURHELY).....	28
Figure 17 : Précipitations mensuelles aux stations de Ronsenac et de St-Martial.....	29
Figure 18 : ETP et pluies efficaces calculées avec une "réserve utile" des sols de 150 mm à la station de Saint-Martial .....	31
Figure 19 : Localisation des stations hydrométriques.....	32
Figure 20 : Débits moyens mensuels de la Lizonne à la station de St-Séverin (calculés sur la période 1985-2009).....	33
Figure 21 : Débits journaliers de la Lizonne aux stations de Saint-Séverin et des Graulges.....	35
Figure 22 : Débits moyens mensuels de la Belle (calculés sur la période 1972-2009) et du Voultron (calculés sur la période 1972-1983).....	36
Figure 23 : Débits journaliers à la station de Mareuil sur la Belle.....	37
Figure 24 : Débits journaliers à la station de Blanzaguet-St-Cybard sur le Voultron.....	37
Figure 25 : Exemple d'hydrosystème modélisable par TEMPO .....	39
Figure 26 : Les modèles construits avec TEMPO sont du type « boîte noire ».....	40
Figure 27 : Simulation du niveau piézométrique au piézomètre de Dignac .....	44

Figure 28 : Corrélation entre niveaux annuels simulés et observés au piézomètre de Dignac.....	45
Figure 29 : Simulation du niveau piézométrique au piézomètre de Juillaguet.....	46
Figure 30 : Corrélation entre niveaux annuels simulés et observés au piézomètre de Juillaguet.....	47
Figure 31 : Simulation du niveau piézométrique au piézomètre de La Chapelle Montabourlet (pas de temps décadaire).....	48
Figure 32 : Corrélation entre niveaux annuels simulés et observés au piézomètre de La Chapelle Montabourlet.....	49
Figure 33 : Corrélation entre niveaux mensuels simulés et observés au piézomètre de La Chapelle Montabourlet.....	49
Figure 34 : Simulation du débit de la Lizonne à Saint-Séverin (avec prise en compte du piézomètre de Dignac dans la simulation).....	50
Figure 35 : Corrélation entre débits moyens annuels simulés et observés – débit de la Lizonne à Saint-Séverin (en haut, années 1993 à 2009 ; en bas sans l'année 2001).....	52
Figure 36 : Décomposition du signal du débit simulé de la Lizonne à Saint-Séverin .....	53
Figure 37 : Quantiles simulés au piézomètre de Dignac (07097X0067).....	55
Figure 38 : Quantiles simulés du débit de la Lizonne à Saint-Séverin et QMNA5 fourni par la banque HYDRO.....	55
Figure 39 : Quantiles simulés du débit de la Lizonne à Saint-Séverin entre juin et décembre et QMNA5 fourni par la banque HYDRO.....	57
Figure 40 : Quantiles simulés (S) et observés (O) du niveau piézométrique à Dignac (au pas de temps mensuel, les quantiles sont établis à partir des données 1993-2009) .....	58
Figure 41 : Comparaison des quantiles simulés (S) et observés (O) du niveau piézométrique à Dignac (pas de temps mensuel, les quantiles sont établis à partir des données 1993-2009).....	58
Figure 42 : Quantiles simulés (S) et observés (O) du débit de la Lizonne à Saint-Séverin (au pas de temps mensuel, les quantiles sont établis à partir des données 1993-2009) .....	59
Figure 43 : Comparaison des quantiles simulés (S) et observés (O) du débit de la Lizonne à Saint-Séverin (pas de temps mensuel, quantiles établis à partir des données 1993-2009) .....	59
Figure 44 : Quantiles simulés (S) et observés (O) du niveau piézométrique à Dignac (pas de temps mensuel, les quantiles sont établis à partir des données 1999-2009) .....	60
Figure 45 : Comparaison des quantiles simulés (S) et observés (O) du niveau piézométrique à Dignac (pas de temps mensuel, les quantiles sont établis à partir des données 1999-2009).....	61
Figure 46 : Comparaison des quantiles simulés (S) et observés (O) du débit de la Lizonne à Saint-Séverin (pas de temps mensuel, avec prise en compte de l'ensemble des données de débit observées) .....	61
Figure 47 : Comportement de la Lizonne en période d'étiage .....	67

## Liste des Tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des station météorologiques .....	29
Tableau 2 : Précipitations annuelles aux stations de Ronsenac et de St Martial .....	30
Tableau 3 : Valeurs annuelles pour la pluie, l'ETP et la pluie efficace de 2000 à 2008 .....	30
Tableau 4 : Caractéristiques des stations hydrométriques utilisée pour l'étude .....	31
Tableau 5 : Valeurs caractéristiques des affluents de la Lizonne.....	36
Tableau 6 : Comparaison entre les niveaux journaliers simulés et observés au piézomètre de Dignac .....	44
Tableau 7 : Comparaison entre les niveaux mensuels simulés et observés au piézomètre de Dignac .....	44
Tableau 8 : Comparaison entre les niveaux mensuels simulés et observés au piézomètre de Dignac durant la période 2000-2009.....	45
Tableau 9 : Comparaison entre les niveaux journaliers simulés et observés au piézomètre de Juillaguet .....	46
Tableau 10 : Comparaison entre les niveaux mensuels simulés et observés au piézomètre de Juillaguet .....	46
Tableau 11 : Comparaison entre les niveaux journaliers simulés et observés au piézomètre de La Chapelle Montabourlet .....	48
Tableau 12 : Comparaison entre les niveaux mensuels simulés et observés au piézomètre de La Chapelle Montabourlet .....	48
Tableau 13 : Comparaison entre les débits journaliers simulés et observés de la Lizonne à la station de Saint-Séverin .....	51
Tableau 14 : Comparaison entre les débits mensuels simulés et observés de la Lizonne à la station de Saint-Séverin .....	51
Tableau 15 : Comparaison entre les QMNA simulés et observés de la Lizonne à la station de Saint-Séverin .....	51
Tableau 16 : Décalage dans le temps des maxima de corrélation et de réponse impulsionnelle entre la pluie et les signaux de débit et piézométriques .....	53
Tableau 17 : Niveaux piézométriques moyens observés respectivement 7j, 15j, 30j et 45 j avant la mesure d'un débit inférieur ou égal au QMNA5 dans le cours d'eau .....	63
Tableau 18 : Relation niveaux-débits.....	64

## Liste des annexes

Annexe 1 Corrélogrammes et recherche de corrélations .....	71
Annexe 2 Corrélation entre les débits et les niveaux de nappe.....	79
Annexe 3 Recherche de tendances .....	87



# 1. Introduction

Le département de la Dordogne dispose sur une grande partie de son territoire de formations aquifères superficielles. Ces réservoirs contiennent des nappes libres qui constituent des ressources en eau facilement mobilisables pour l'irrigation (en période estivale), l'alimentation en eau potable et l'industrie (toute l'année). Depuis plusieurs années, la gestion des étiages des cours d'eau du département s'est souvent apparentée à une gestion de crise en raison de la faiblesse de leur régime hydrologique. Lorsque les débits objectifs d'étiage (DOE) ne sont plus assurés, des arrêtés préfectoraux de restriction et d'interdiction sont pris.

L'un des secteurs les plus touchés par ces restrictions est le bassin de la Dronne dont la Lizonne est un des affluents en rive droite. Le bassin versant de la Lizonne, d'une superficie de 628 km<sup>2</sup>, intègre les sous-bassins de la Lizonne elle-même et de ses affluents en rive gauche : la Sauvanie, la Pude et la Belle. Il est à cheval sur les départements de la Dordogne (24) et de la Charente (16). C'est pourquoi, dans le cadre d'arrêtés-cadre interdépartementaux visant à organiser la solidarité interdépartementale de bassin versant, il fait actuellement l'objet de la mise en place à titre expérimental d'un Plan de Gestion de la Rareté de l'Eau (PGRE). Le but est d'une part, d'assurer une unicité de gestion des bassins les plus exposés aux déficits et de mettre en place une politique cohérente interdépartementale de gestion des prélèvements, et d'autre part, d'identifier et créer des initiatives innovantes visant à retrouver l'équilibre quantitatif sur le bassin versant. Ces actions sont également en adéquation avec les objectifs de la directive cadre européenne sur l'eau visant à restaurer le bon état quantitatif des eaux à l'horizon 2015.

La mise en place d'un tel plan de gestion ne peut se faire sans une évaluation préalable de la ressource en eaux souterraines disponible pour satisfaire les usages et préserver un débit d'étiage satisfaisant du cours d'eau. La DDAF de Dordogne, en tant que service de l'Etat en charge d'instaurer le PGRE de la Lizonne, a sollicité l'appui technique du BRGM pour caractériser le fonctionnement hydrologique du bassin versant et faire une première évaluation de la ressource en eaux souterraines disponible sur celui-ci.

L'élaboration d'indicateurs piézométriques (ou seuils) s'accompagnera de la mise au point de modèles prévisionnels de l'évolution de la piézométrie en fonction de la pluviométrie.

Dans un premier temps, ce rapport présentera le contexte géologique et hydrogéologique du bassin versant de la Lizonne. Cette synthèse sera suivie de l'élaboration du modèle global réalisé avec TEMPO construit dans l'objectif d'élaborer des indicateurs pour la gestion de la ressource en eau en période d'étiage.



## 2. Synthèse géologique et hydrogéologique du bassin versant de la Lizonne

L'étude présentée ici est consacrée à une approche globale des écoulements dans le bassin versant de la Lizonne en exploitant essentiellement les données hydro-climatologiques disponibles.

La Lizonne prend sa source dans le département de la Dordogne à 200 mètres d'altitude à proximité du lieu-dit « Morelière » sur la commune de Sceau-Saint-Angel. Elle rejoint la Dronne en rive droite à 48 m NGF au droit de la commune d'Allemans aux abords du moulin du Pontet. La longueur totale de la rivière est d'environ 60 km et la superficie de son bassin versant est de 628 km<sup>2</sup>. Sur la partie aval du cours d'eau, à hauteur du village de Moulin-Neuf, le lit principal de la rivière correspond à la limite entre les départements de la Charente et de la Dordogne. Par ailleurs, depuis Champagne et Gurat et jusqu'à sa confluence avec la Dronne, la Lizonne se subdivise en de nombreux bras (Figure 1).

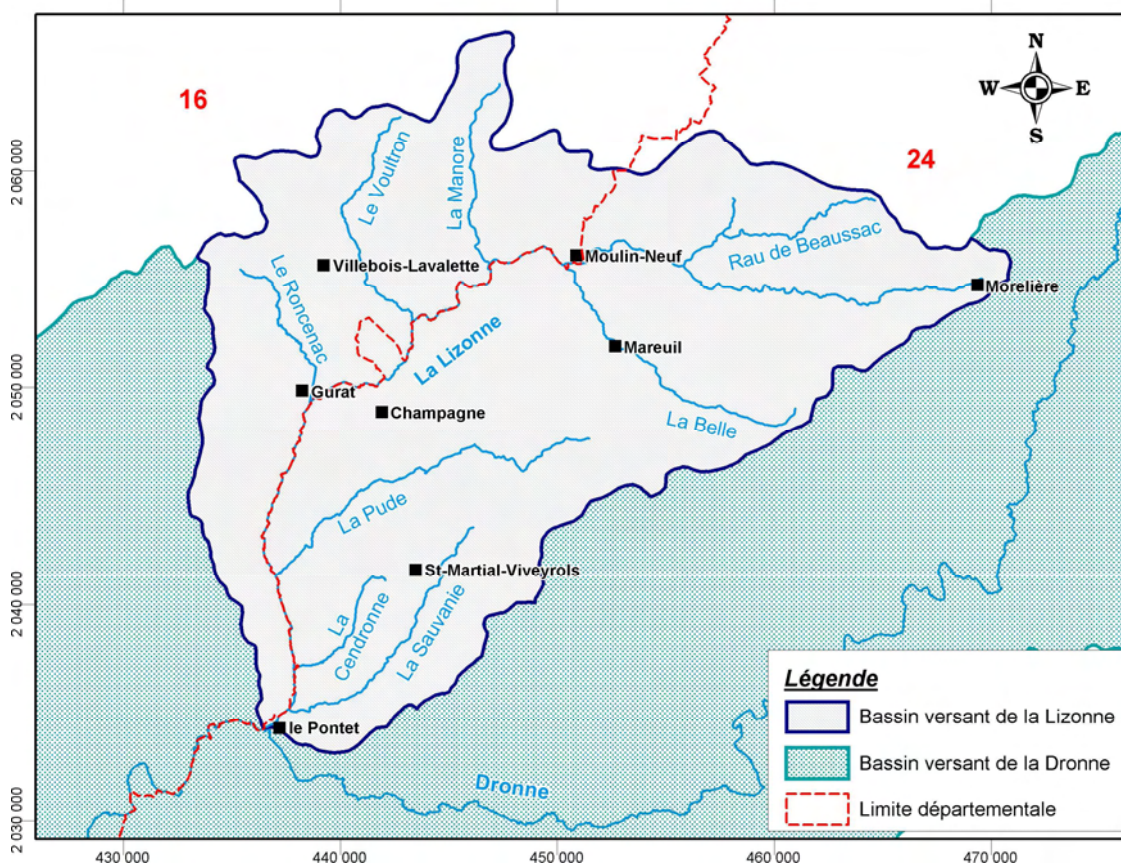


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

## 2.1. CONTEXTE GLOBAL

### 2.1.1. Géologie

D'un point de vue géologique, la zone d'étude est située dans la bordure nord-orientale du Bassin-aquitain à la limite occidentale du Massif Central.

Ainsi, au sein du bassin versant de la Lizonne (Figure 2), les formations recoupées par le réseau hydrographique traversent la série des terrains mésozoïques allant du Jurassique au Crétacé supérieur.

En ce qui concerne l'aspect structural, l'anticlinal de Mareuil à cœur jurassique, se marque selon un axe NW-SE.

Par ailleurs, un réseau de failles, orientées principalement dans la direction NW-SE est observé sur le secteur étudié.

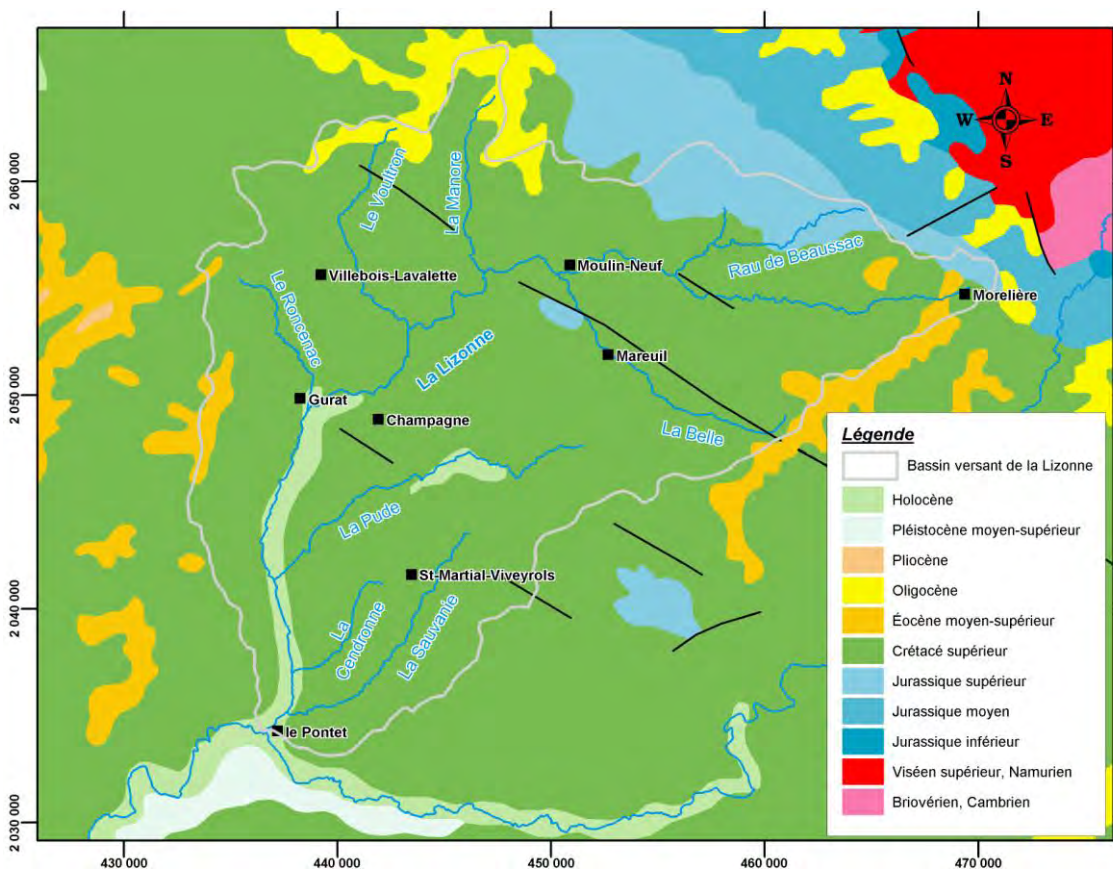


Figure 2 : Contexte géologique global

## 2.1.2. Hydrogéologie

### *Caractérisation des réservoirs*

D'un point de vue hydrogéologique, plusieurs réservoirs sont reconnus dans ce secteur (Figure 3), du plus ancien au plus récent :

- l'aquifère du Jurassique supérieur correspond à un multicouche limité à sa base par les séries marneuses du Toarcien. Dans la zone d'étude, le réservoir est constitué par les calcaires oolithiques du Kimméridgien et de l'Oxfordien,
- la nappe des sables et calcaires gréseux du Cénomaniens (base du Crétacé supérieur). De faible épaisseur, elle est captive sur la quasi-totalité du secteur étudié hormis aux abords de l'anticlinal de Mareuil et dans la partie amont du lit de certaines rivières (Ruisseaux de Bretanges et de Beaussac, affluent de rive droite de la Lizonne),
- les nappes des calcaires du Turonien au Santonien, qui correspondent aux systèmes aquifères 118c1, 119c1 et 215 de la BD RHF version 1 (codes attribués en fonction du secteur géographique et de la nature libre ou captive des nappes considérées). Cet ensemble correspond à un multicouche karstique où s'individualisent les réservoirs du Turonien et celui du Coniacien. Dans les limites du bassin versant de la Lizonne, le mur du réservoir inférieur correspond aux calcaires marneux de la base du Turonien. Les formations grés-marneuse de la base du Coniacien séparent le réservoir des calcaires crayeux du Turonien des formations aquifères du Coniacien. L'éponte supérieure est constituée par les assises marneuses du Santonien.

La coupe géologique schématisée présentée en Figure 4 suit l'axe principal du cours de la Lizonne. Elle permet de mettre en évidence l'importance de l'anticlinal de Mareuil dans l'agencement des différents réservoirs. En effet, cette structure à cœur jurassique induit localement l'affleurement de l'aquifère du Cénomaniens.

A l'amont de la Lizonne, à l'est de l'anticlinal de Mareuil, s'individualise le synclinal de Combiers – St-Crépin-de-Richemont au sein duquel sont reconnus plusieurs réservoirs dans les formations du Crétacé supérieur :

- l'aquifère grés-sableux du Cénomaniens,
- l'aquifère des calcaires crayeux du Turonien
- l'aquifère des calcaires gréseux du Coniacien
- l'aquifère détritique du Santonien

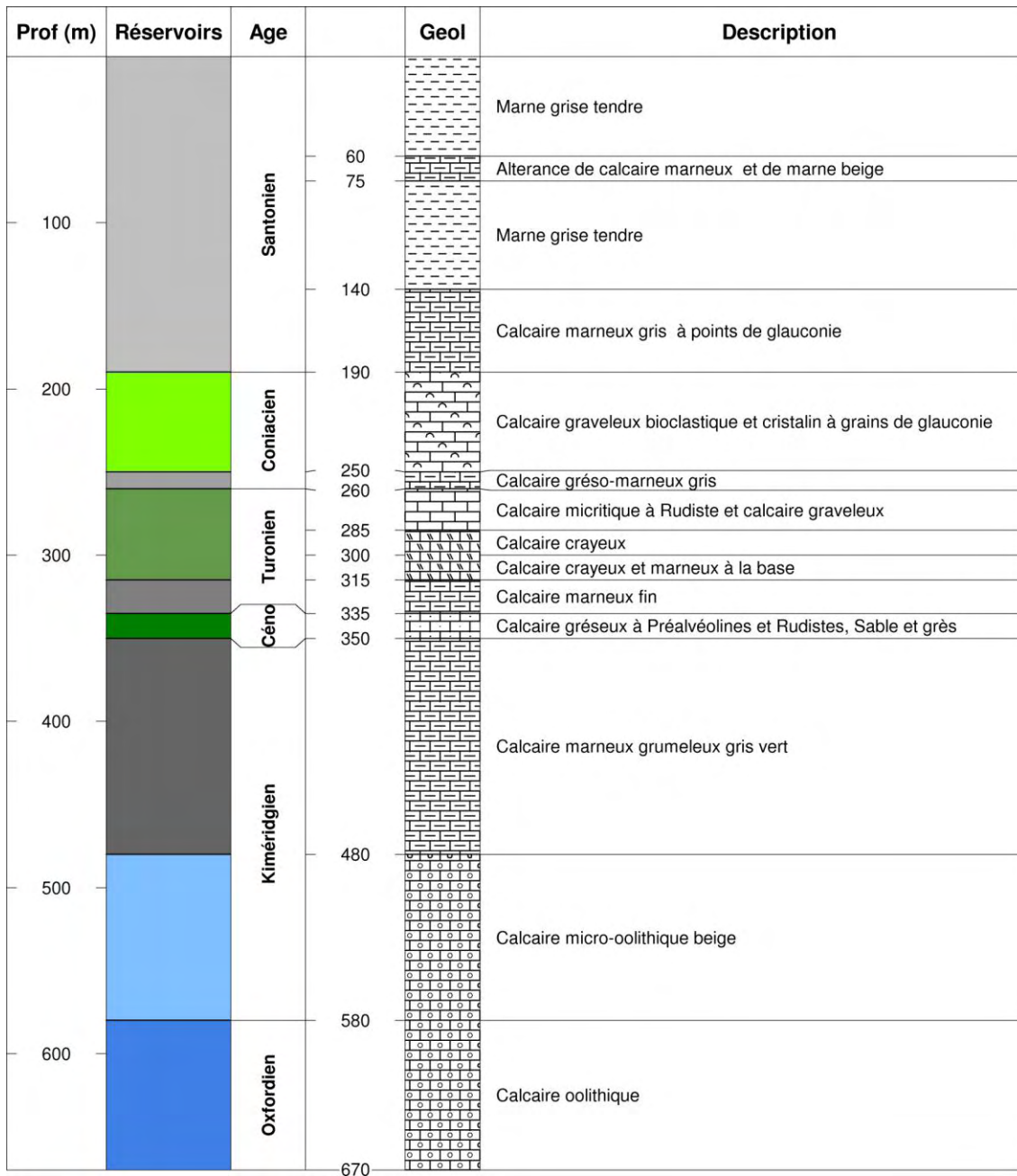


Figure 3 : Log synthétique des formations rencontrées au sein du bassin versant de la Lizonne

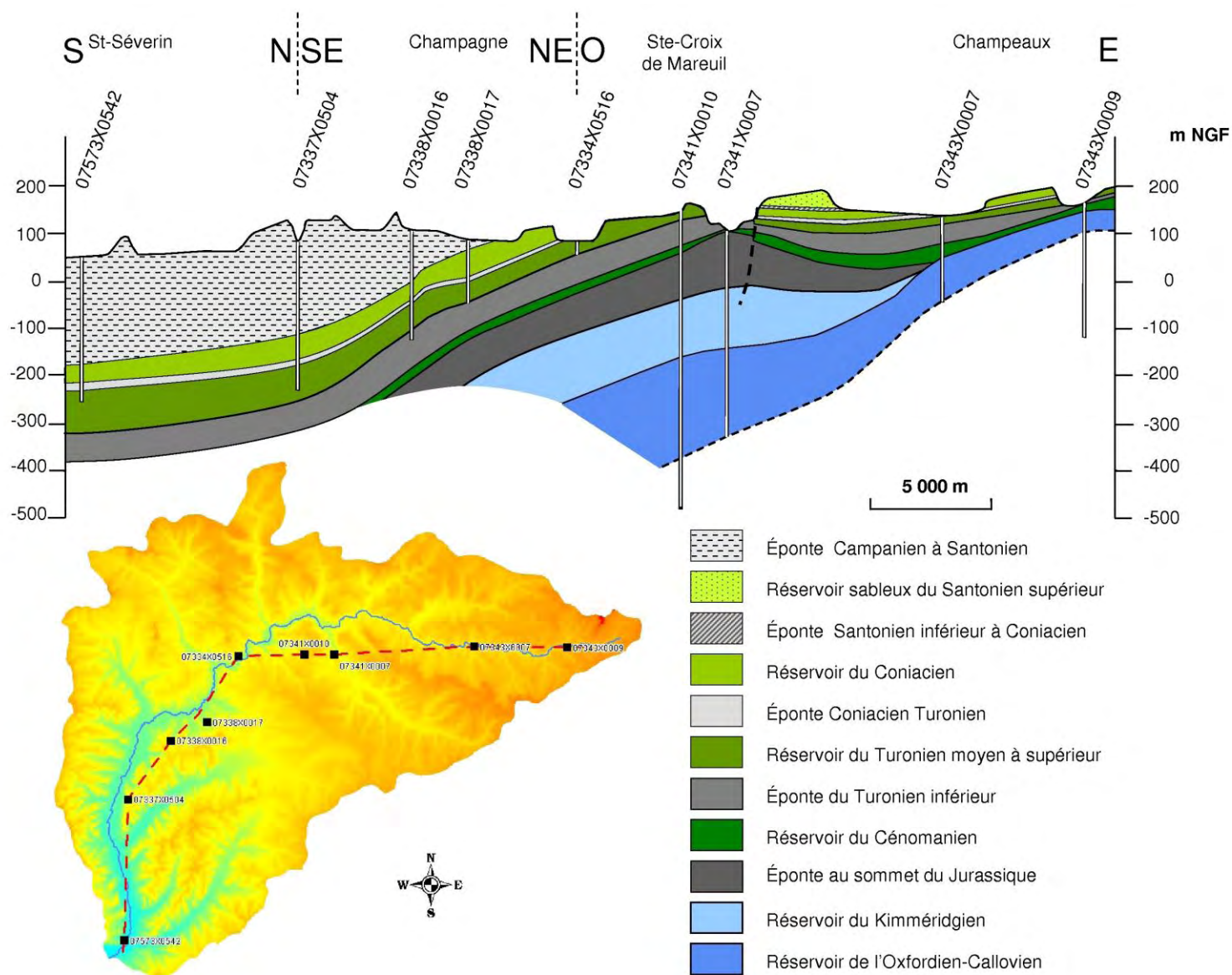


Figure 4 : Coupe géologique schématique suivant l'axe de la Lizonne

En effet, à l'est de Mareuil, s'est sédimentée une assise de sables d'abord fins et glauconieux, puis nettement quartzeux à grains émoussés, luisants et plus grossiers. La mise en place de ce corps sableux littoral, épais d'environ 10 m, a été conditionnée par les rejeux positifs de la structure de Mareuil à l'époque santonienne [Platel, 1978]. Toujours à l'est de l'anticlinal, les formations aquifères du Kimméridgien se biseautent peu à peu vers l'est.

A l'ouest de la structure, les formations jurassiques et crétacées plongent progressivement vers le cœur du Bassin aquitain. Les formations aquifères du Turonien et du Coniacien deviennent captives sous l'épaisse couverture de calcaires argileux du Santonien-Campanien [Floc'h. et al., 1979].

### Piézométrie

Les réservoirs du Turonien et du Coniacien occupent une place prépondérante dans le bassin versant de la Lizonne. Ces aquifères sont bien développés car ces terrains sont fissurés et très souvent karstifiés. La nappe du Turonien-Coniacien est largement drainée par le cours d'eau de la Lizonne. (cf. Figure 5). La distribution des isopièzes indique un drainage plus marqué à l'amont du cours d'eau. A l'aval, l'aquifère du Turonien-Coniacien devient captif sous les formations imperméables du Santonien-Campanien (Figure 4) limitant les échanges avec le réseau hydrographique superficiel.

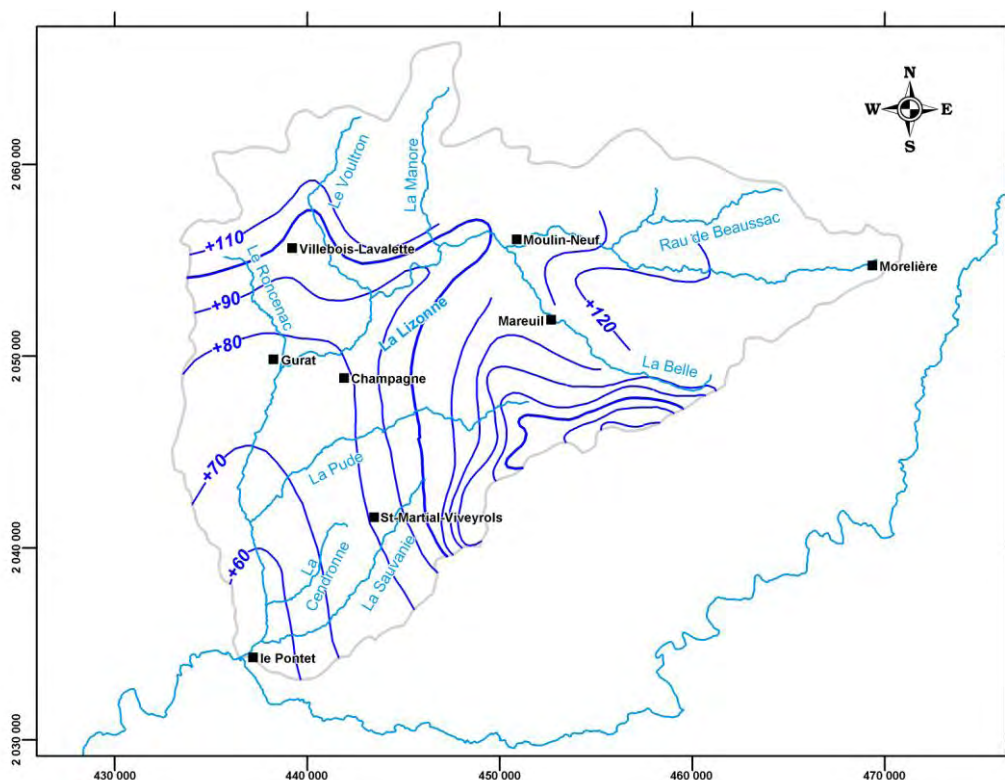


Figure 5 : Piézométrie de la nappe du Turonien-Coniacien - 1996 [Bichot et al., 2001].

A noter que la piézométrie et la chimie de la nappe du Turonien – Coniacien ont fait l'objet d'études récentes dans le département de la Dordogne ([Mauroux et al., 2003] ; [Mauroux et al., 2004]).

Les jaugeages effectués sur le Voultron, dont le bassin versant est presque entièrement compris dans les calcaires coniaciens, donnent des indications sur le comportement de la ressource. Alors que son débit moyen annuel est de 0,22 m<sup>3</sup>/s, le débit d'étiage, relativement fort, dépasse 0,10 m<sup>3</sup>/s ce qui montre bien que cette nappe alimente la rivière en été [Platel, 1981].

Les données piézométriques sont bancarisées dans les bases de données **BDES** (**B**ase de **D**onnées des **E**aux **S**outerraines) et **ADES** (**A**ccès aux **D**onnées sur les **E**aux **S**outerraines) toutes deux gérées par le BRGM. Un recensement des piézomètres assurant le suivi des nappes du Crétacé supérieur (Cénomaniens, Turonien, Coniacien) a été réalisé. Les piézomètres en Figure 6 correspondent aux ouvrages présentant les chroniques les plus complètes. La plupart captent la nappe du Turonien, les points d'observation de la nappe du Cénomaniens et du Coniacien sont minoritaires. Les piézomètres présentant les chroniques de mesures les plus longues sont suivis dans le cadre des réseaux de surveillance du département de la Dordogne dont la maîtrise d'ouvrage est assurée par le Conseil Général. A noter que certains ouvrages peuvent capter plusieurs nappes.

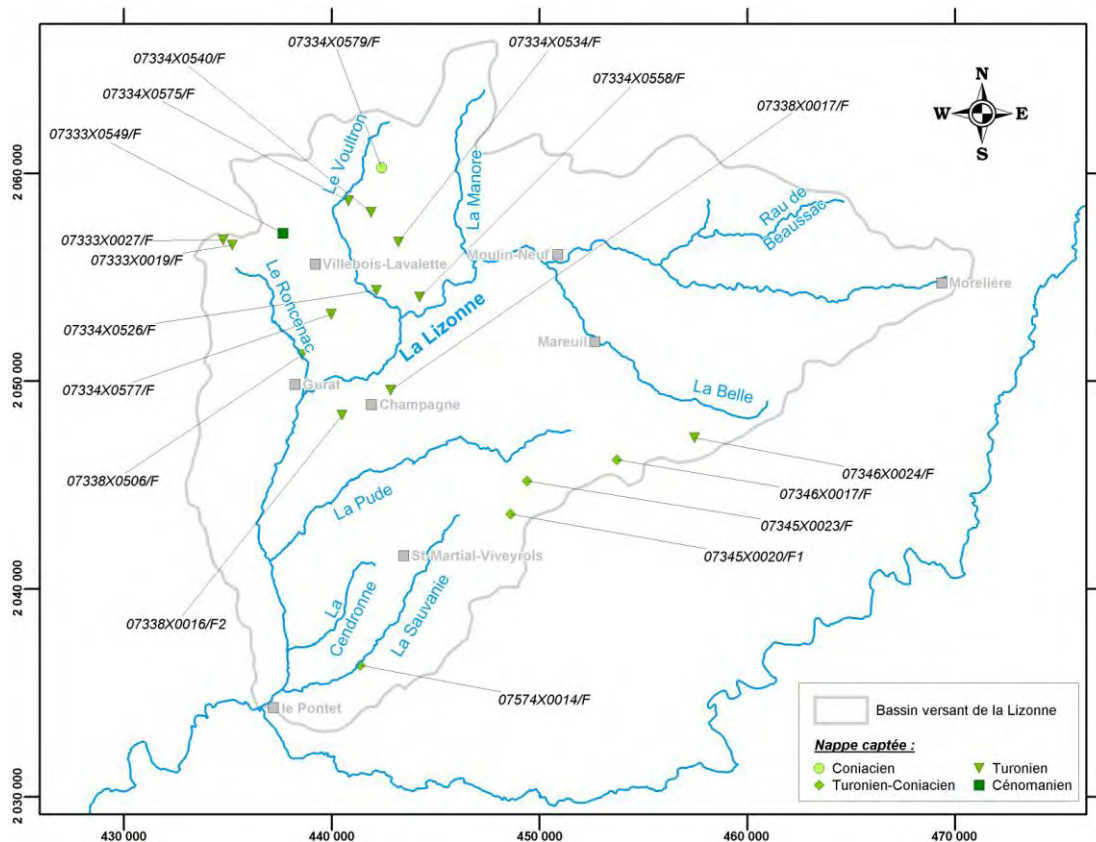


Figure 6 : Points de suivi de la piézométrie des nappes du Crétacé supérieur.

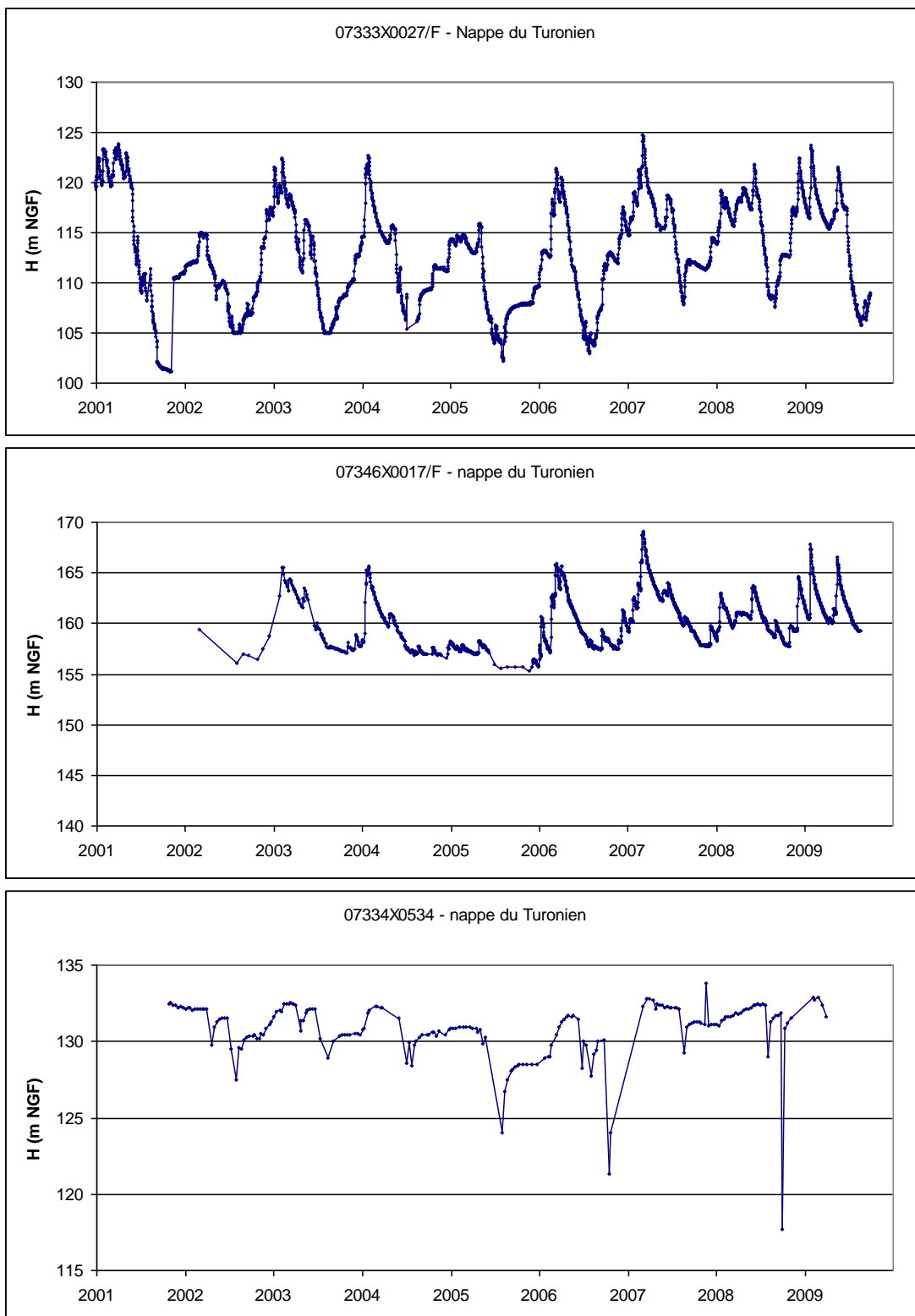


Figure 7 : Exemples de chronique piézométrique

Les chroniques des points **07333X0027/F** (Juillaguet) et **07346X0017/F** (La Chapelle-Montabourlet) (Figure 7) sont caractérisées par des périodes de hautes eaux et de basses eaux au sein desquelles apparaissent une succession de phases de crue et de décrue du niveau piézométrique. Ceci traduit l'existence d'une relation étroite entre les évènements pluvieux et la charge observée dans ces piézomètres. Les mesures réalisées au point **07334X0534/F** (Edon) traduisent également l'existence d'une saisonnalité, avec des périodes de hautes et basses eaux plus homogènes que précédemment. Par ailleurs, cette chronique semble influencée par des prélèvements, probablement effectués pour l'irrigation, qui induisent des diminutions importantes de la charge.

### Prélèvements

L'inventaire des points de prélèvement (Figure 8) réalisé au sein du bassin versant de la Lizonne s'appuie sur la base du **MODèle Nord Aquitain (MONA)** pour laquelle l'affectation et la validation hydrogéologique des prélèvements a fait l'objet de plusieurs études intégrant les données collectées auprès de différents organismes (Agence de l'eau Adour-Garonne, Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt, Chambre d'Agriculture). Néanmoins, il est possible, du fait de l'accessibilité de la ressource, que certains forages peu profonds utilisés pour des usages agricoles ou individuels ne soient pas recensés dans cette base.

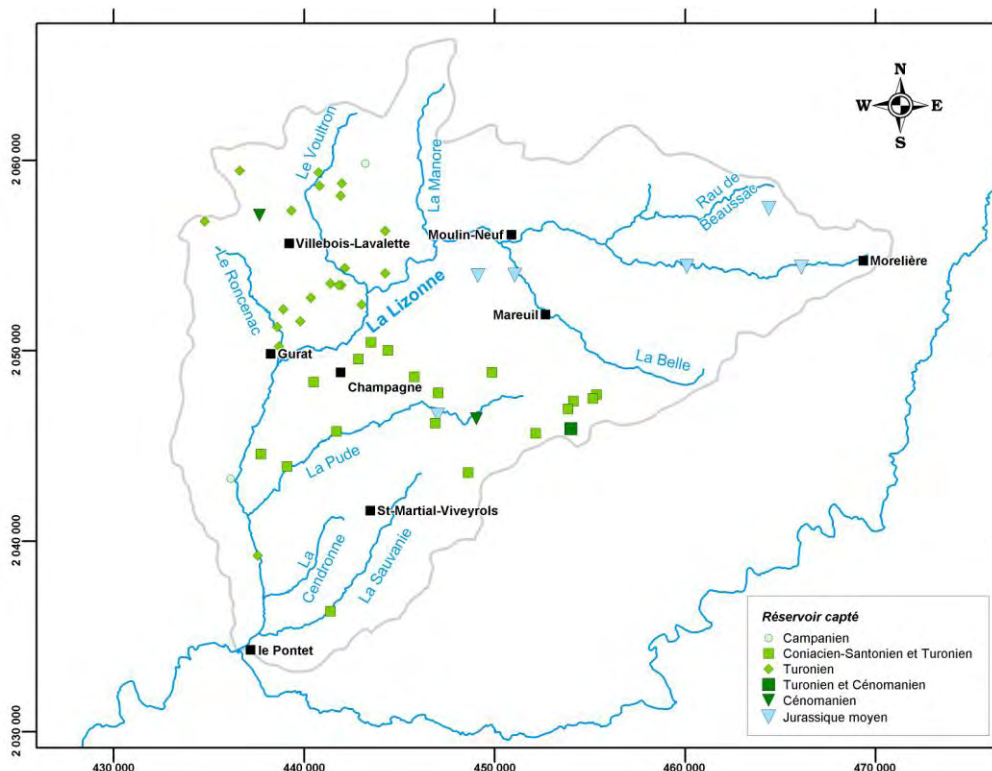


Figure 8 : Localisation des prélèvements sur le secteur d'étude

Les nappes du Crétacé supérieur sont les plus sollicitées sur le bassin versant de la Lizonne. En effet, seuls 6 ouvrages captent la nappe du Jurassique moyen pour un total de 49 forages recensés sur la zone. Dans ce secteur, il n'est pas rare que certains ouvrages captent plusieurs nappes (39 % des forages). L'alimentation en eau potable (AEP) et l'exploitation pour l'agriculture sont les principaux usages dans le bassin avec respectivement 42 % (2,4 millions de m<sup>3</sup>) et 57 % (3,25 millions de m<sup>3</sup>) des volumes prélevés en 2007 (Figure 9). Les autres usages (eau collective et industrielle) sont très nettement minoritaires puisqu'ils représentent moins de 1% des volumes prélevés.

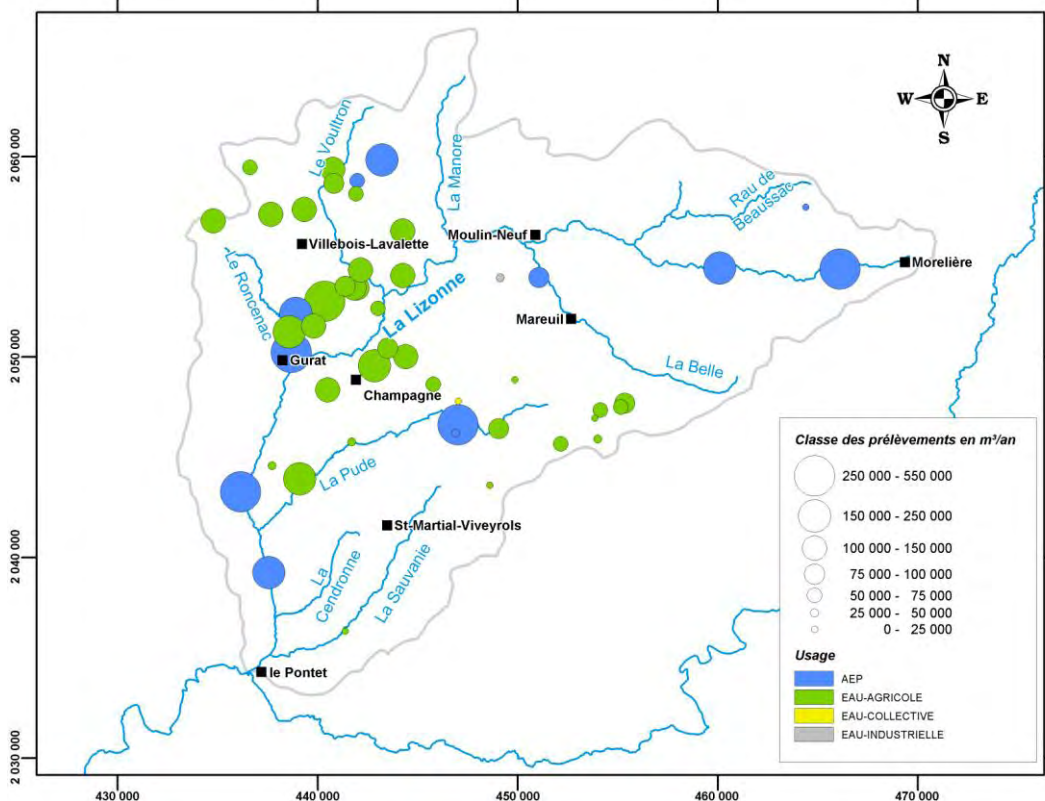


Figure 9 : Répartition des prélèvements par usage (année 2007)

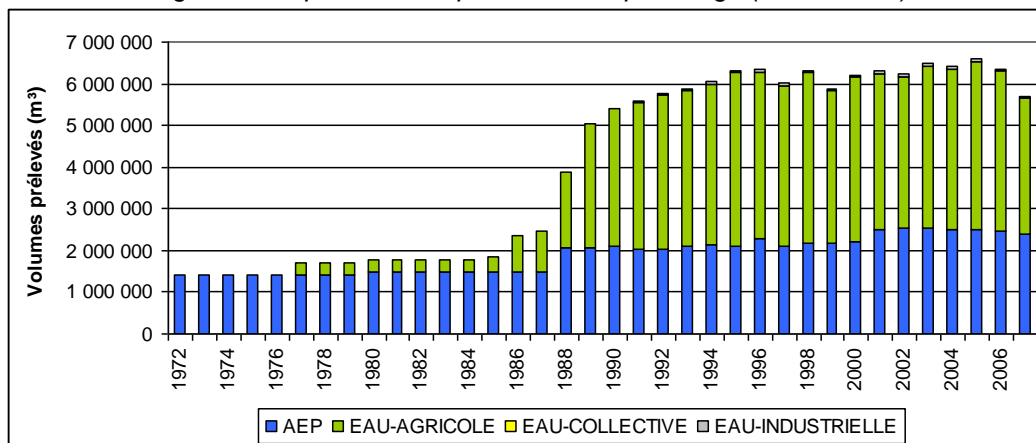


Figure 10 : Évolution des prélèvements sur le Bassin de la Lizonne de 1972 à 2007

Alors que les prélèvements pour l'alimentation en eau potable restent relativement homogènes dans le temps malgré des augmentations plus nettes en 1988 et en 2001, l'exploitation des nappes pour l'agriculture a fortement progressé à partir de 1986 (Figure 10).

Les prélèvements agricoles, minoritaires jusqu'à la moitié des années 80, ont augmenté de manière importante pour dépasser les volumes prélevés pour l'AEP dès 1989. Ils se stabilisent à partir de 1992 pour rester dans une gamme comprise entre 3,6 et 4,2 millions de m<sup>3</sup>/an. Cependant, une tendance à la baisse est notée depuis 2005.

## 2.2. CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT

### 2.2.1. Altitudes

Dans la zone d'étude, les altitudes sont comprises entre 47 m et 262 m, la moyenne étant proche de 141 m (d'après le MNT au pas de 50 m). Le relief est entaillé par les nombreux cours d'eau présents sur le secteur (cf. Figure 11).

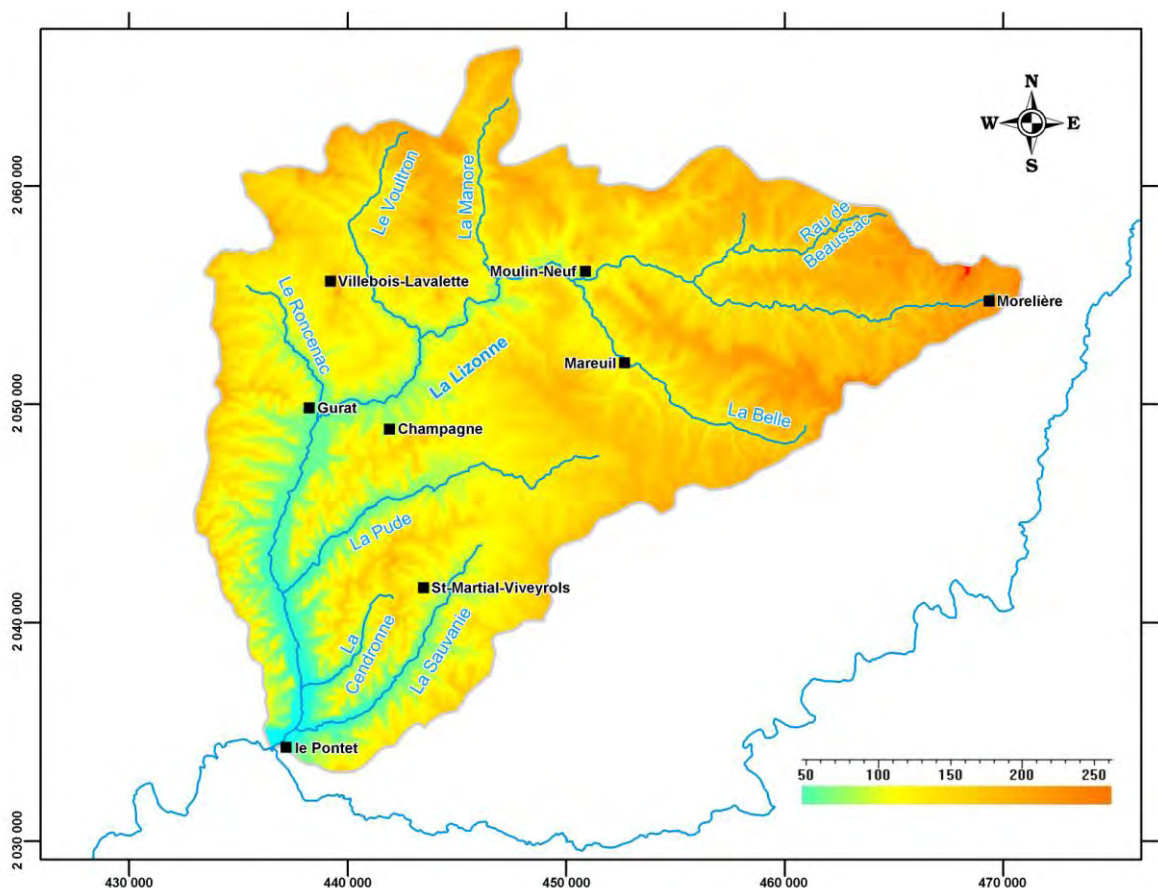


Figure 11 : Carte des altitudes (d'après le MNT au pas de 50 m)

## 2.2.2. Pentes

Les pentes du bassin versant de la Lizonne calculées d'après le MNT au pas de 50 m, sont présentées en Figure 12.

Cette carte montre que les valeurs de pente les plus fortes sont observées dans la partie aval du bassin versant aux abords des différents affluents de la Lizonne. Ce secteur coïncide avec les zones d'affleurements des formations crayo-marneuses du Campanien.

A l'amont du bassin versant, les pentes sont globalement plus modérées, bien que les valeurs puissent localement dépasser les 20 %.

Dans la partie médiane du secteur étudié, au sud-ouest de Mareuil, s'individualise une région, où les pentes sont plus faibles, qui se développe au droit des affleurements du Santonien inférieur et du Coniacien.

Le lit principal de la Lizonne est caractérisé par des pentes faibles, notamment à l'aval du cours d'eau où la rivière se subdivise en de nombreux bras.

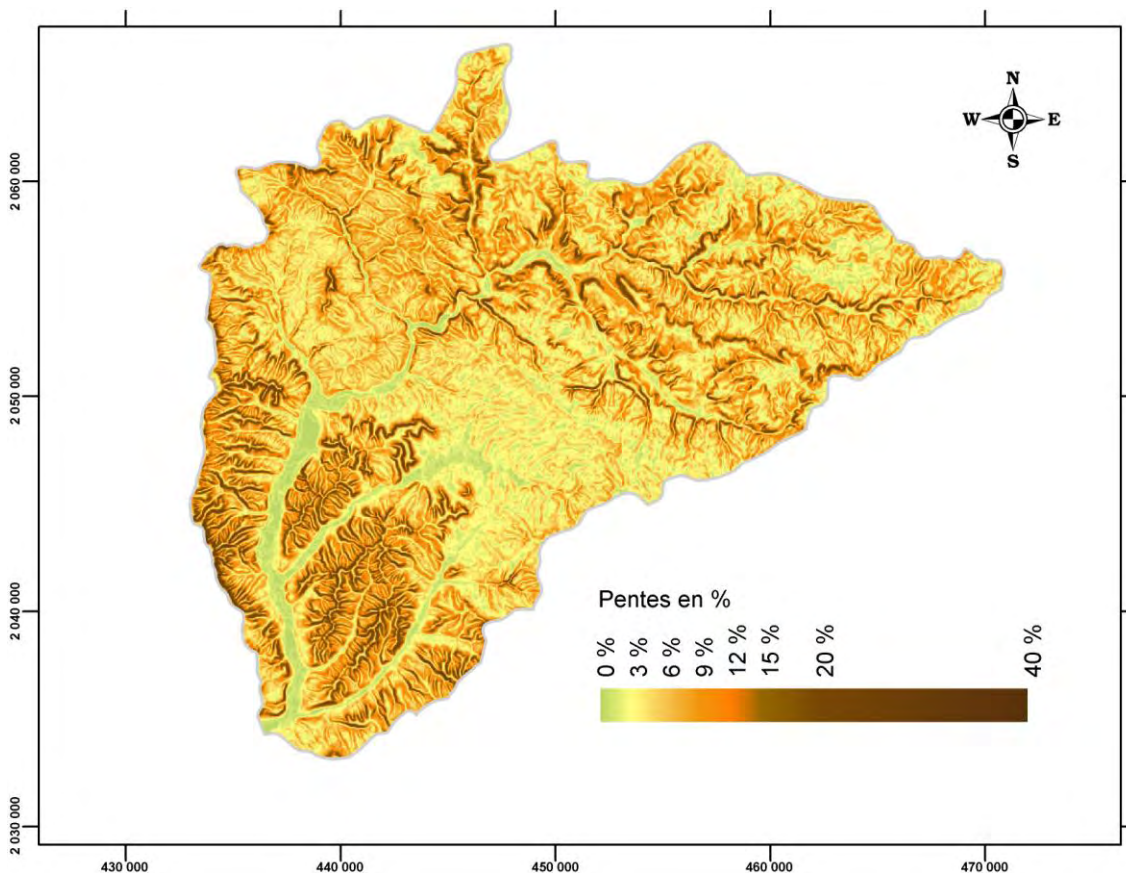


Figure 12 : Carte des pentes (calculée d'après le MNT au pas de 50 m)

Sur le bassin de la Lizonne, les valeurs des pentes varient de 0 à 39 % (statistiques par maille de 50 m). Près de 98% des pentes sont inférieures à 20 %, elles sont supérieures à 10 % pour 22 % des mailles du MNT. La valeur moyenne est de 7 % tandis que la valeur médiane pour une fréquence de 50 % est de 6 %.

La distribution cumulée des fréquences est précisée en Figure 13.

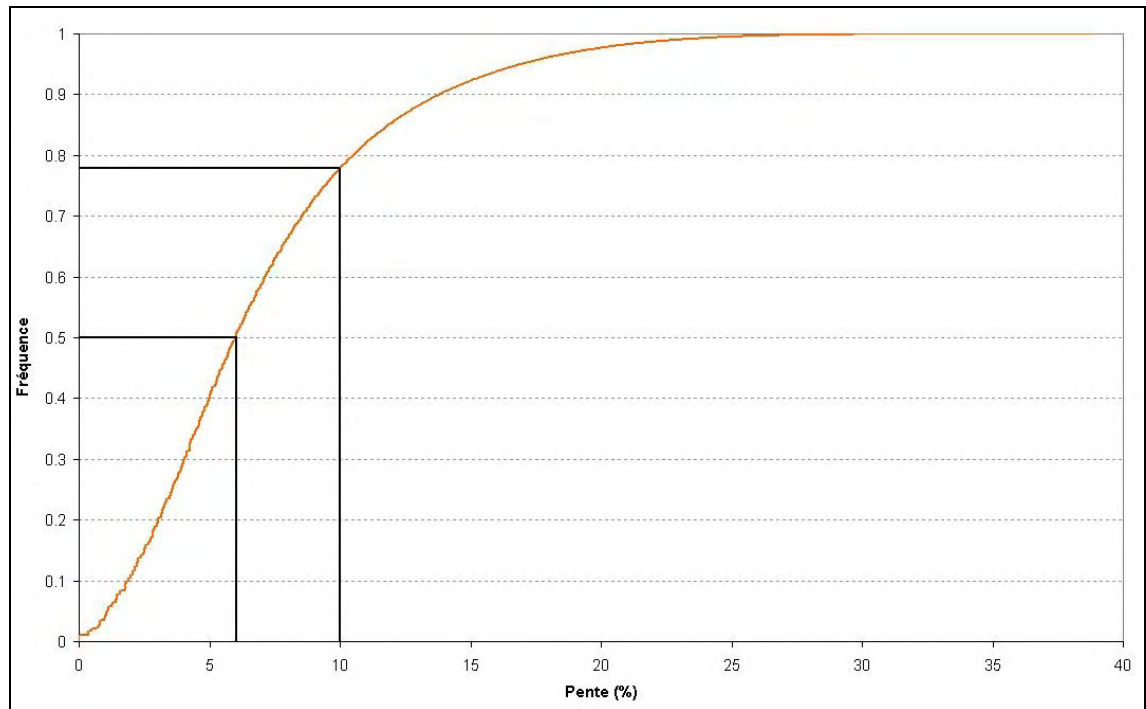


Figure 13 : Distribution cumulée des fréquences des pentes calculées à partir du MNT (statistiques par maille de 50 m)

Le profil en long réalisé sur l'axe d'écoulement principal de la Lizonne montre plusieurs ruptures de pente (Figure 14). Les pentes les plus fortes sont rencontrées à l'amont du cours d'eau. Elles s'atténuent progressivement vers l'aval, pour augmenter de nouveau dans la portion la plus à l'aval.

La première rupture de pente intervient à l'amont du bassin versant à une altitude de 150 m. Elle s'opère dans les formations basales du Turonien.

Le deuxième point de rupture est quant à lui localisé dans le prolongement de la structure de Mareuil, secteur au sein duquel l'orientation du cours d'eau évolue pour se diriger vers le sud-ouest.

La dernière variation de pente s'opère au droit de la jonction entre les formations du Santonien et du Campanien. Les pentes augmentent légèrement à l'aval de ce point.

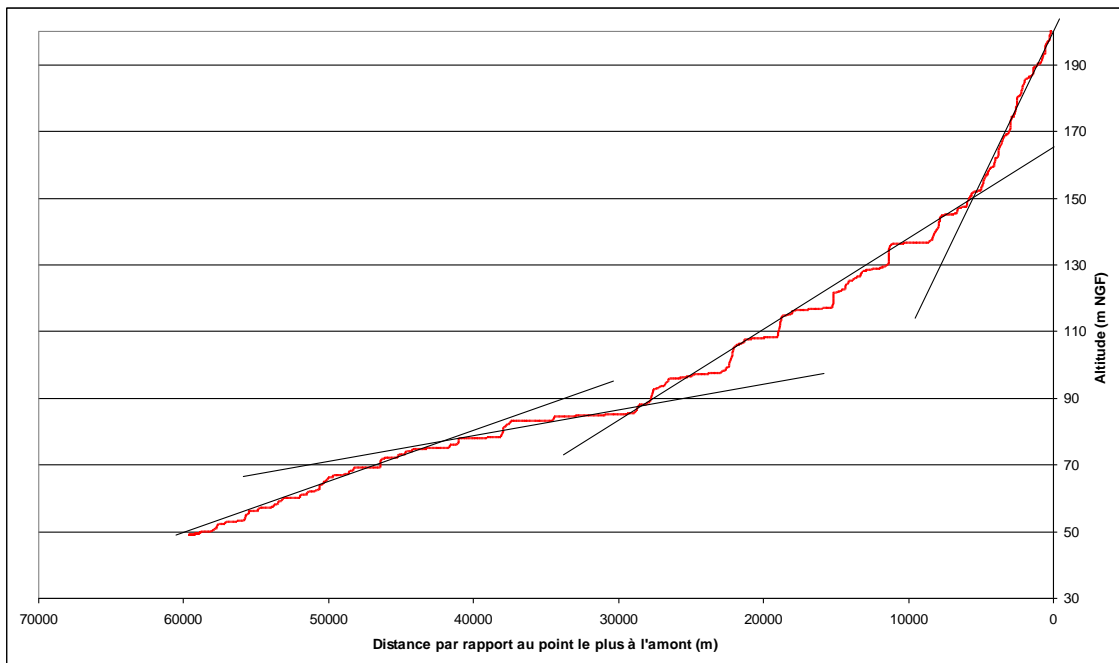


Figure 14 : Profil en long sur l'axe de la Lizonne

### 2.2.3. Indice de Développement et de Persistance des Réseaux

L'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (**IDPR**) traduit l'aptitude des formations du sous-sol à laisser ruisseler ou s'infiltrer les eaux de surface. Il se fonde sur l'analyse des réseaux hydrologiques et du MNT [Mardhel et al., 2006].

L'IDPR compare un réseau théorique établi selon l'hypothèse d'un milieu parfaitement homogène (indice de développement **ID**), au réseau naturel mis en place sous le contrôle d'un contexte géologique hétérogène (de persistance des réseaux **PR**).

Il présente une métrologie de l'écart constaté entre les deux réseaux et rend compte du rôle du milieu souterrain dans l'établissement du réseau hydrologique et va alors être exploité pour approcher de manière indirecte, la capacité intrinsèque des terrains à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de surface.

La carte de répartition des valeurs d'IDPR (Figure 15), indique que les pôles infiltrant sont localisés principalement aux limites du bassin versant et dans les secteurs où les altitudes sont plus élevées et les pentes sont faibles.

La partie aval du bassin de la Lizonne est majoritairement plus ruisselante. Ceci peut s'expliquer par les fortes pentes observées dans cette zone où les formations globalement plus marneuses du Campanien occupent une place prépondérante.



Figure 15 : Carte des Indices de Persistance et de Développement des Réseaux (IDPR).

## 2.3. CLIMATOLOGIE

La méthode **AURELHY** (**A**nalyse **U**tisant le **REL**ief pour l'**HY**drométéorologie) permet comme son nom l'indique de prendre en compte le relief dans l'extrapolation spatiale des précipitations.

Le principe général de la méthode AURELHY [Benichou et Le Breton, 1987] consiste à utiliser la méthode du cokrigage. L'évaluation de la pluie **P** en un point **M** se faisant par une combinaison linéaire des pluies observées et des paramètres de relief connus en un certain nombre de points.

La répartition spatiale des pluies moyennes interannuelles (1971-2001) obtenue par cette méthode indique que les précipitations s'échelonnent, dans le secteur d'étude, entre 800 et 1 000 mm/an (Figure 16). Les moyennes les plus faibles étant localisées au sud-ouest, à l'aval du bassin versant.

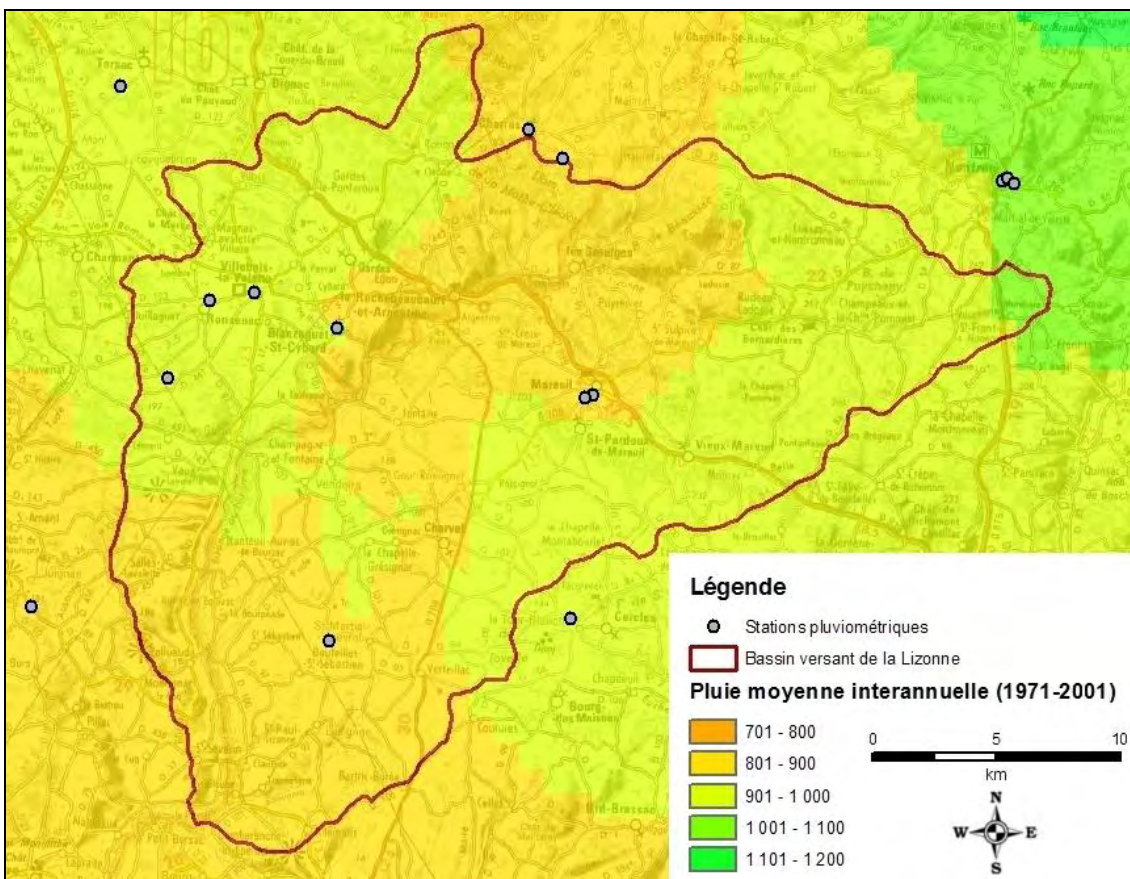


Figure 16 : Distribution des précipitations moyenne interannuelle – période 1971-2001 (Méthode AURELHY)

Les données de pluie et d'ETP (Évapotranspiration Potentielle) proviennent de 3 stations météorologiques (Tableau 1) dont les caractéristiques sont les suivantes :

Nom	Code	X Lambert II (m)	Y Lambert II (m)	Altitude (m NGF)	Période d'acquisition
Ronsenac	16283002	437100	2055300	90	1991-2009
St Martial	24452001	441900	2041700	166	1992-2009
La Couronne	16113001	425500	2072200	58	1976-2009

Tableau 1 : Caractéristiques des station météorologiques

Ces trois stations sont de « type 2 » ce qui signifie qu'elles correspondent à des stations automatiques à transmission quotidienne des données. Les données ont été extraites depuis le site internet de la Climathèque (Météo France) au pas de temps décadaire sur la période allant de 1992 à fin 2009. Les mesures de précipitation sont issues des stations de Ronsenac (16) et de St-Martial (24) localisées dans les limites du bassin versant de la Lizonne. Les données d'ETP, calculées avec la méthode de Penman, proviennent de la station de La Couronne (16) située à près de 15 km au nord-ouest de la zone d'étude.

### 2.3.1. Précipitations

Les précipitations observées aux stations de Ronsenac et de St-Martial sont relativement comparables malgré la différence d'altitude entre les deux stations (Figure 17).

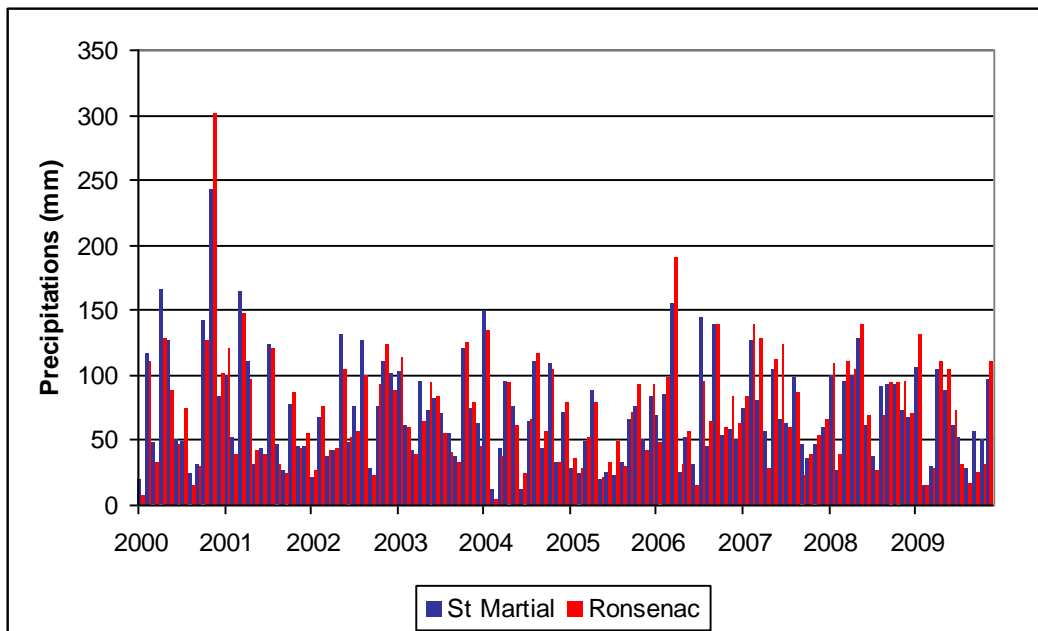


Figure 17 : Précipitations mensuelles aux stations de Ronsenac et de St-Martial

Sur la période considérée le cumul des précipitations annuelles varie de 565 mm/an pour l'année la plus sèche (2005) à 1202 mm /an pour l'année la plus humide (Tableau 2).

	Précipitations annuelles (mm)	
	Ronsenac	St Martial
1992	916	809.4
1993	957	1003.6
1994	1157.5	1202
1995	866.5	991.8
1996	882.5	854.5
1997	822	854.2
1998	857	823.8
1999	907.5	900
2000	1061.5	1099.5
2001	844.5	863.6
2002	827.5	865.8
2003	828.5	875.4
2004	809	817.6
2005	626	565.6
2006	946.5	907.8
2007	941.5	857.6
2008	1016.5	964.1

Tableau 2 : Précipitations annuelles aux stations de Ronsenac et de St Martial

### 2.3.2. Pluies efficaces

Les pluies efficaces (lame d'eau disponible pour le ruissellement et l'infiltration après action de l'évapotranspiration et comblement de la "réserve en eau" du sol) ont été calculées à partir des valeurs journalières de pluie et d'ETP pour une valeur de "réserve en eau" des sols de 150 mm (Tableau 3).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>P</b>	1099.5	863.6	865.8	875.4	817.6	565.6	907.8	857.6	964.1
<b>ETP</b>	840.5	850.8	821.6	912.4	860.5	883.0	879.7	801.1	784.9
<b>P<sub>eff</sub> St Martial</b>	511.9	264.6	143.3	240.3	191.6	73.9	309.8	195.7	268.5
<b>P<sub>eff</sub> Ronsenac</b>	483.0	244.4	188.9	238.3	172.8	104.0	383.8	261.8	358.6

Tableau 3 : Valeurs annuelles pour la pluie, l'ETP et la pluie efficace de 2000 à 2008

Les pluies efficaces indiquent que la recharge des nappes superficielles a été comparativement plus importante pour l'année 2000. Les années les moins favorables pour le renouvellement des nappes de surface correspondent à 2002 et 2005.

Sauf année exceptionnelle, les pluies génèrent un écoulement sur une période de 5 mois, de novembre à fin mars (Figure 18).

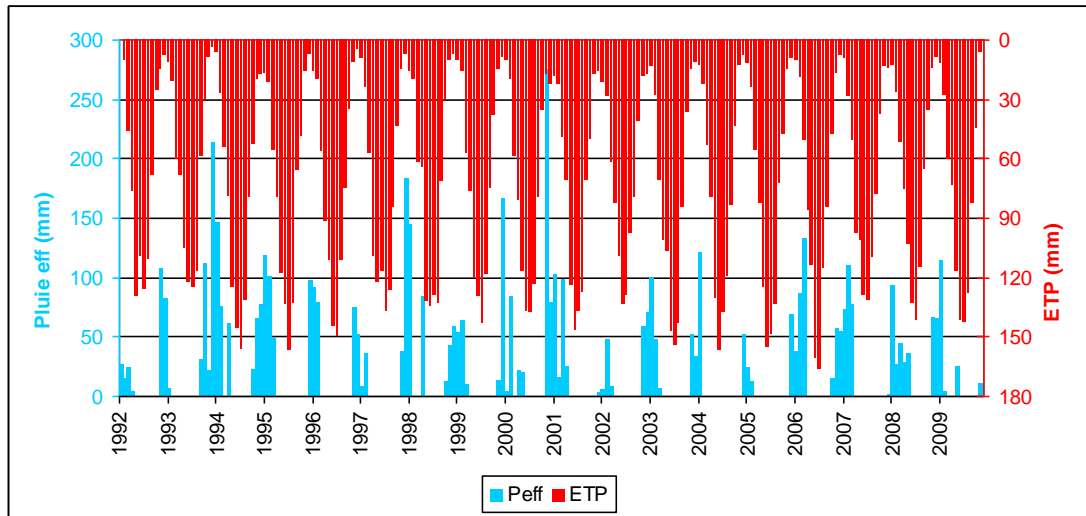


Figure 18 : ETP et pluies efficaces calculées avec une "réserve utile" des sols de 150 mm à la station de Saint-Martial

## 2.4. HYDROLOGIE

Deux stations hydrométriques contrôlent les écoulements à l'intérieur de ce bassin (Figure 19) : la station de Saint-Séverin à l'aval et la station de Mareuil sur la Belle (affluent de rive gauche de la Lizonne). Par ailleurs, deux stations de jaugeages ont été abandonnées. L'une était située sur la Lizonne, plus à l'amont, à Graulges et l'autre à l'aval du Voultron (affluent de rive droite de la Lizonne). Les caractéristiques<sup>1</sup> de chaque station sont les suivantes (Tableau 4) :

Station	Département	Code de la station	X	Y	Altitude (m)	Superficie du bassin versant	Période de mesure	Producteur
Lizonne (St-Séverin)	Charente (16)	P8284010	437370	2034998	48	640 km <sup>2</sup>	1985-2009	DIREN Aquitaine
Lizonne (Graulges)	Dordogne (24)	P8204010	452365	2056304	108	119 km <sup>2</sup>	1972-1981	DIREN Aquitaine
La Belle (Mareuil)	Dordogne (24)	P8215010	453699	2051458	110	40 km <sup>2</sup>	1972-2009	SPC Dordogne
Voultron (Blanzaguet-St-Cybard)	Charente (16)	P8235010	442677	2053725	96	49.5 km <sup>2</sup>	1972-1983	DIREN Poitou-Charentes

Tableau 4 : Caractéristiques des stations hydrométriques utilisée pour l'étude

<sup>1</sup> Les données utilisées pour l'étude proviennent de la Banque de données nationale pour l'hydrométrie et l'hydrologie ([www.hydro.eaufrance.fr](http://www.hydro.eaufrance.fr)).

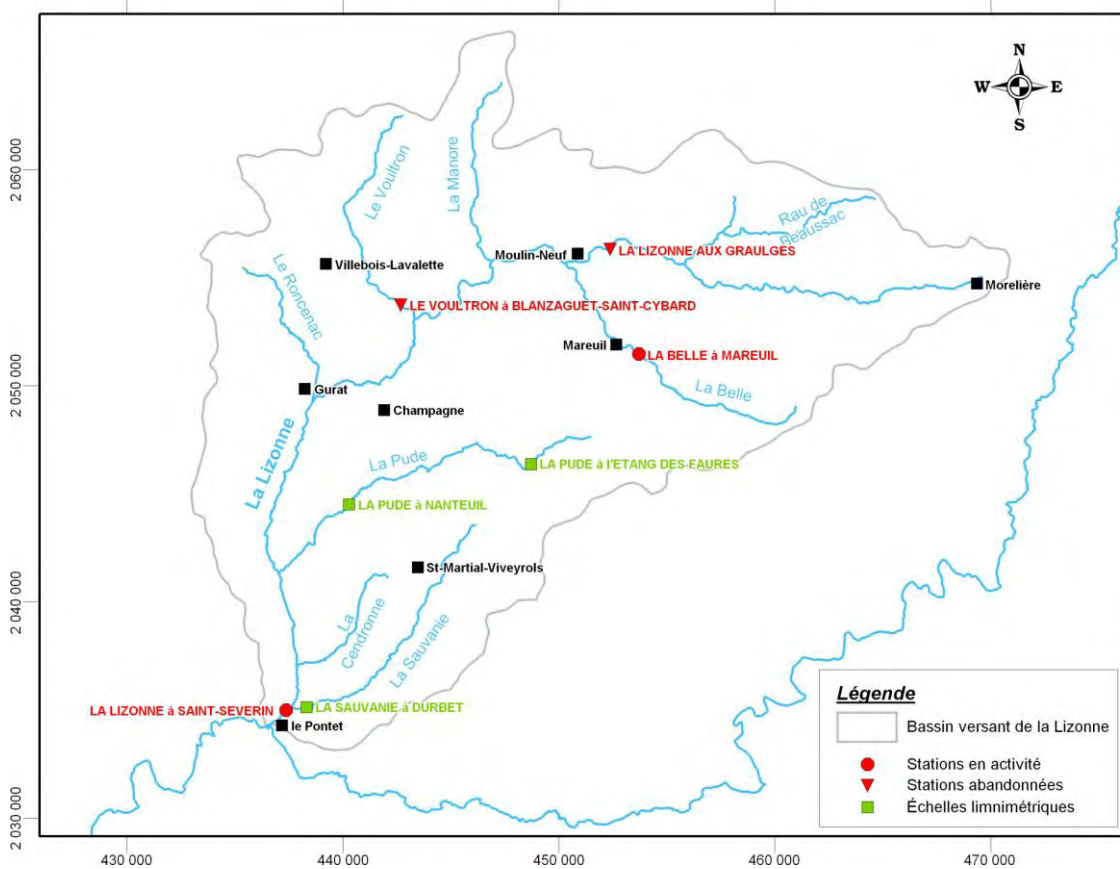


Figure 19 : Localisation des stations hydrométriques

A noter qu'il existe des échelles limnimétriques sur les cours d'eau de la Pude (à Nanteuil et à l'étang des Faures) et de la Sauvannie (à Durbet). Ces stations de mesures sont suivies à un pas de temps variable, allant de 15 jours à 3 jours (exceptionnellement), durant une période comprise entre le 18 avril et le 16 septembre. Les acquisitions de données se sont faites au cours de l'année 2002, puis de 2005 à 2009. De 2007 à 2009, les premières mesures ont été effectuées au plus tôt le 25 juin. L'information est uniquement disponible sous la forme de niveaux d'eau.

### 2.4.1. La Lizonne

Des chroniques de débit de la Lizonne sont disponibles en deux points de la rivière.

A l'aval du bassin versant de la Lizonne, la station de Saint-Séverin contrôle le débit de la rivière depuis 1985. Plus à l'amont, à proximité du lieu dit des Graulges, les valeurs du débit ont été enregistrées de 1972 à 1980.

A Saint Séverin, les statistiques (issues de la "Banque Hydro") faites sur les valeurs moyennes annuelles des 25 années de mesures établissent à :

- 5,3 m<sup>3</sup>/s le débit moyen annuel,
- 3,6 m<sup>3</sup>/s le débit d'une année quinquennale sèche (période de retour 5 ans),
- 6,7 m<sup>3</sup>/s le débit d'une année quinquennale humide.

A l'amont, le débit moyen enregistré sur la période 1972 à 1980 à la station des Graulges n'est que de 0,66 m<sup>3</sup>/s.

Les débits moyens mensuels de la Lizonne calculés à Saint-Séverin sur une période de 25 ans sont représentés par le graphique ci-dessous (Figure 20) :

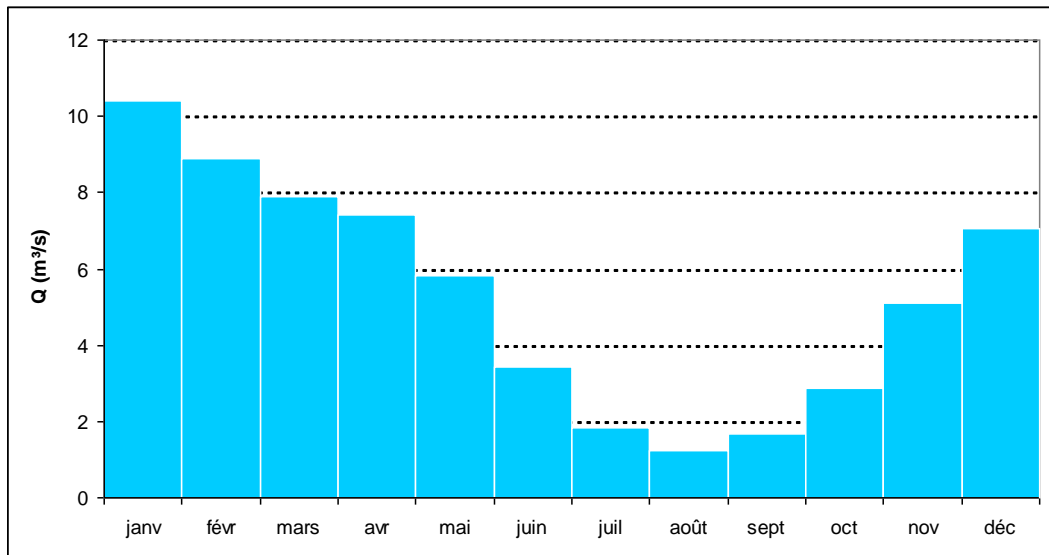


Figure 20 : Débits moyens mensuels de la Lizonne à la station de St-Séverin (calculés sur la période 1985-2009)

En moyenne, le débit de la Lizonne varie entre 1,2 et 10,5 m<sup>3</sup>/s selon les périodes de hautes eaux et de basses eaux.

### **Valeurs caractéristiques (Station de Saint-Séverin)**

Le QMNA est le débit mensuel minimal de chaque année civile. Le QMNA quinquennal (QMNA5) est la valeur du QMNA qui a une période de retour de 5 ans, soit 20 fois par siècle (probabilité 20%). Ce débit donne une information sur la sévérité de l'étiage.

Le VCN10 est la plus faible des moyennes sur 10 débits moyens journaliers consécutifs. Le VCN10 quinquennal est le plus faible débit moyen de 10 jours consécutifs dont la probabilité d'apparition est de 20 fois par siècle (période de retour 5 ans).

Ce débit caractérise aussi l'étiage et donne une information sur le degré de tarissement du cours d'eau.

- le débit correspondant au QMNA quinquennal est de 0,58 m<sup>3</sup>/s
- le débit correspondant au VCN10 quinquennal est de 0,39 m<sup>3</sup>/s

### **Débits journaliers**

Les débits journaliers mesurés sur la Lizonne sont présentés en Figure 21. Les années sèches de 2002 et 2005 sont bien marquées sur la chronique de la station de Saint-Séverin. Le débit maximum observé à l'aval atteint 62,3 m<sup>3</sup>/s. Il a été mesuré en 2001, année relativement pluvieuse.

Les débits observés à l'amont sont plus modérés mais il reste difficile de comparer les deux chroniques, ces dernières étant asynchrones.

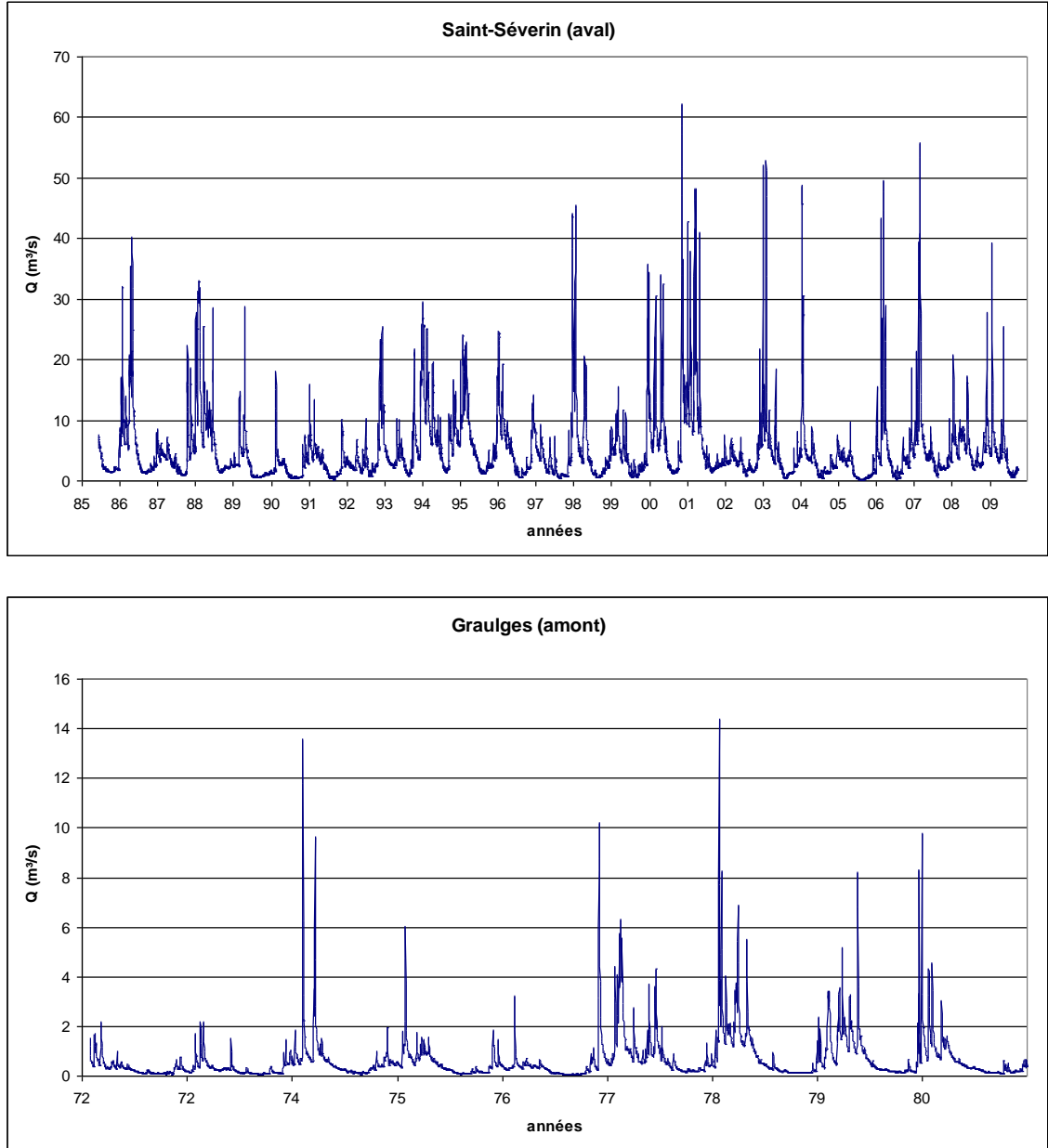


Figure 21 : Débits journaliers de la Lizonne aux stations de Saint-Séverin et des Graulges

#### 2.4.2. Affluents de la Lizonne

Les chroniques du débit sont disponibles pour deux des affluents de la Lizonne : la Belle à Mareuil (période de mesure : 1972 à 2009) et le Voultron à Blanzaguet-St-Cybard (période de mesure : 1972 à 1983).

Les débits observés des deux affluents de la Lizonne semblent être du même ordre de grandeur, les valeurs mesurées pour le Voultron étant globalement un peu plus importantes (Figure 22). Ainsi, pour le Voultron les débits varient en moyenne entre 0,2 et 0,7 m<sup>3</sup>/s contre 0,07 et 0,6 m<sup>3</sup>/s pour la Belle. A noter que la période d'observation est plus importante pour la Belle (38 ans) que pour le Voultron (12 ans).

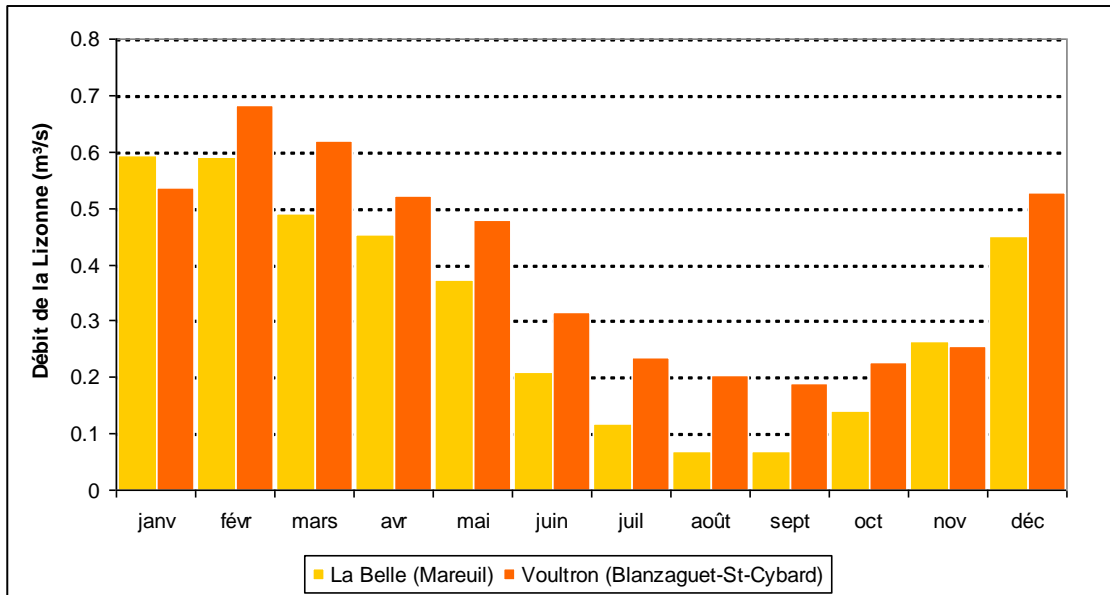


Figure 22 : Débits moyens mensuels de la Belle (calculés sur la période 1972-2009) et du Voultron (calculés sur la période 1972-1983)

Les statistiques réalisées sur les données de ces stations permettent de calculer les valeurs suivantes (Tableau 5) :

	Q moyen (m <sup>3</sup> /s)	QMNA <sub>5</sub> (m <sup>3</sup> /s)	VCN10 (m <sup>3</sup> /s)
<b>Voultron</b>	0.398	0.120	-
<b>Belle</b>	0.317	0.024	0.013

Tableau 5 : Valeurs caractéristiques des affluents de la Lizonne

Alors que les débits moyens des deux cours d'eau sont comparables, il semble que les étiages soient beaucoup plus sévères sur la Belle que sur le Voultron, d'après les valeurs de QMNA<sub>5</sub> calculées.

### Débits journaliers

Le débit maximum mesuré sur la Belle sur la période 1972-2009 atteint près de 6 m<sup>3</sup>/s. Les étiages les plus sévères ont été observés en 1976, 1989 et 2005 périodes durant lesquelles les débits les plus faibles sont inférieurs à 0,005 m<sup>3</sup>/s (Figure 23).

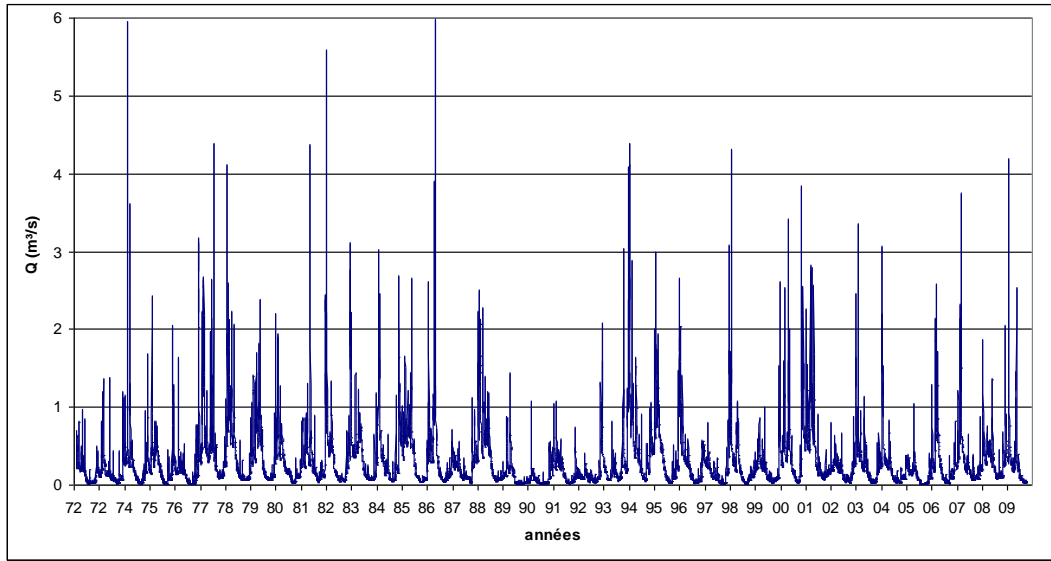


Figure 23 : Débits journaliers à la station de Mareuil sur la Belle

La période d'observation du débit du Voultron reste limitée (moins de 12 ans). A noter que les débits mesurés jusqu'en 1976 sont moins importants en comparaison des valeurs observées les années suivantes (Figure 24). Ce décalage ne semble pas s'expliquer par une différence de pluviométrie entre ces deux périodes. Les données de débit des premières années n'ayant pas été validées, il se peut que les différences soient dues à une erreur dans le calcul des débits.

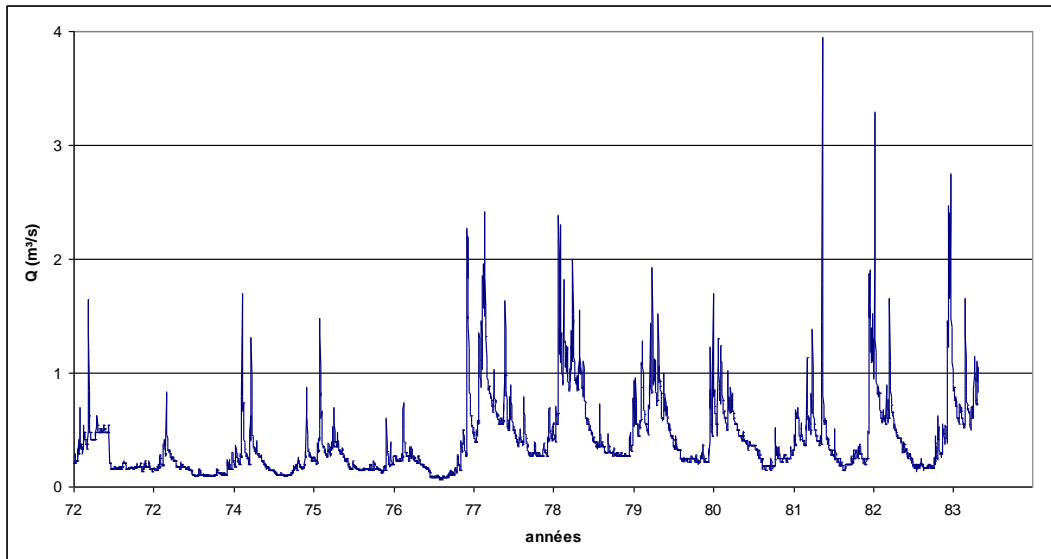


Figure 24 : Débits journaliers à la station de Blanzaguet-St-Cybard sur le Voultron



### 3. Analyse de l'hydrogramme et simulations

#### 3.1. PRINCIPE GENERAL DE TEMPO

L'analyse de l'hydrogramme a été faite à l'aide du logiciel TEMPO. Ce logiciel, développé par le BRGM, est utilisé depuis plusieurs années dans le domaine de l'hydrologie et de l'hydrogéologie pour modéliser et prévoir des niveaux de nappes ou des débits à l'exutoire d'un bassin versant. Il permet de modéliser le fonctionnement d'un hydrosystème (Figure 25).

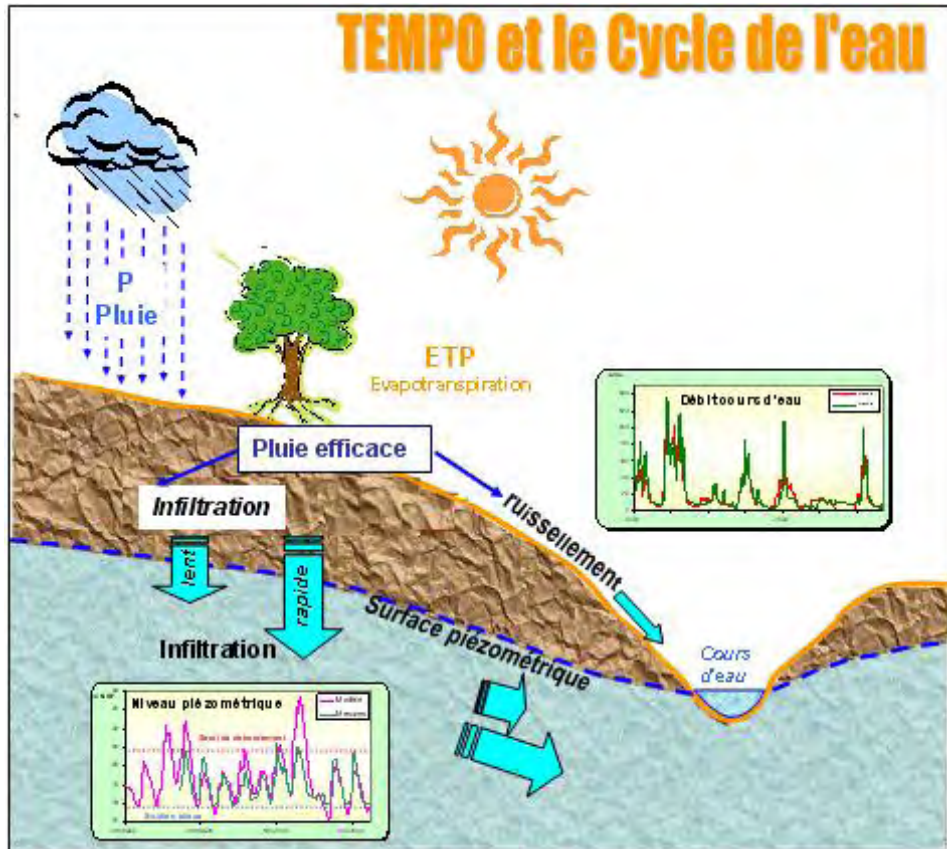


Figure 25 : Exemple d'hydrosystème modélisable par TEMPO

A la différence des modélisations réalisées à l'aide de « modèles maillés », qui tiennent compte explicitement des équations décrivant les écoulements, une modélisation avec TEMPO n'est pas basée sur de telles équations et ne nécessite pas la connaissance des caractéristiques physiques de l'hydrosystème, comme par exemple les perméabilités et les coefficients d'emmagasinement de l'aquifère avec leur variabilité spatiale.

La modélisation d'un tel hydrosystème avec TEMPO consistera à reproduire les niveaux de la nappe et/ou les débits à l'exutoire à l'aide des données climatiques, pluies et ETP.

Le système est considéré comme un « tout » et la modélisation est dite « globale ».

Contrairement à un modèle maillé (spatialisé), une modélisation globale ne permettra pas d'établir de différenciations spatiales. Par exemple, une zone à forte concentration de pompages ou un secteur aquifère plus productif ou une zone de forte infiltration, ne seront pas pris explicitement en compte.

La modélisation globale (Figure 26) d'un hydrosystème consiste à rechercher la liaison entre l'entrée du système (pluie et ETP) et la sortie (niveaux et/ou débits).



Figure 26 : Les modèles construits avec TEMPO sont du type « boîte noire »

La liaison entre « entrée » et « sortie » est assurée par l'intermédiaire d'une fonction qui doit caractériser globalement l'hydrosystème (et qui permet de s'affranchir de tous les paramètres inconnus du bassin superficiel et souterrain).

La fonction recherchée doit reproduire le fonctionnement de l'hydrosystème, c'est-à-dire sa réponse aux épisodes pluvieux (élévation du niveau de la nappe, augmentation du débit à l'exutoire,...). La sortie calculée (niveaux ou débits) doit s'ajuster au mieux sur la série de mesures en reproduisant en particulier :

- les déphasages : il y a généralement une réaction différée de l'hydrosystème aux épisodes pluvieux, le « temps de retard » étant plus ou moins important en fonction des caractéristiques du bassin (taille, topographie, densité de drainage, paramètres hydrodynamiques de l'aquifère sous-jacent) ;
- les amplitudes de fluctuations.

La fonction recherchée est appelée fonction de transfert.

Dans le cadre de cette étude, la décomposition de l'hydrogramme est réalisée en calculant les réponses impulsionnelles (ou fonctions de transfert) associées aux différents types de flux d'eau générés par la pluie sur un bassin versant :

- ruissellement, rapide ou différé ;
- infiltration vers la nappe.

La pluie efficace calculée est décomposée en une composante rapide et une composante lente, chacune de ces composantes étant « transférée » à l'exutoire ou à la nappe par l'intermédiaire de la réponse impulsionnelle correspondante.

### 3.2. DONNEES UTILISEES DANS LES MODELES

Les données utilisées sont les suivantes :

- précipitations mesurées du 01/01/1992 au 28/09/2009 aux stations météorologiques de Ronsenac et de Saint-Martial (données Météo France). Les deux chroniques sont continues et quotidiennes sur cette période ;
- évapotranspiration potentielle de la station météorologique de La Couronne du 01/01/1992 au 28/09/2009 (données MétéoFrance). La chronique est continue sur cette période. Elle a été acquise à un pas de temps décadaire ;
- débit de la Lizonne à Saint-Séverin du 01/01/1986 au 30/09/2009 (source : banque Hydro). Ces chroniques sont continues et disponibles au pas de temps quotidien ;
- niveaux de la nappe aux piézomètres de Juillaguet (indice BSS 07333X0027/F) et de Dignac (indice BSS 07097X0067/F) situés tous deux en Charente et les niveaux de la nappe au piézomètre de la Chapelle Montabourlet (indice BSS 07346X0017/F) localisé en Dordogne. Les chroniques issues de ces forages captant l'aquifère du Turonien ont été choisies pour leur longueur. Les données sont disponibles à partir de 1993 (source : ADES), soit plus précisément :
  - o piézomètre de Juillaguet : la chronique de données est disponible au pas de temps quotidien du 04/06/1993 au 30/09/2009. Elle connaît quelques lacunes, dont la plupart d'une durée inférieure ou égale à 10 jours. Deux périodes durant lesquelles les données sont absentes sont identifiées : du 07/07/2004 au 15/08/2004 et du 16/02/1994 au 22/12/1994 ;
  - o piézomètre de Dignac : la chronique de données est disponible au pas de temps quotidien du 09/04/1993 au 30/09/2009. Elle connaît quelques lacunes, dont la plupart d'une durée inférieure ou égale à 10 jours. Trois périodes durant lesquelles les données sont absentes sont identifiées : du 19/06/1994 au 23/11/1994, du 12/08/1996 au 01/12/1996 et du 02/07/1998 au 15/10/1998.
  - o piézomètre de la Chapelle Montabourlet : l'acquisition des données a été faite à un pas de temps quotidien, hormis en 2002 et durant l'étiage 2005 (pas de temps mensuel). Afin de pouvoir travailler sur la période la plus longue possible, les données ont été interpolées sur la période allant du 30/07/2002 à fin 2009, ceci permettant de disposer d'une chronique au pas de temps « quotidien ». La première mesure (février 2002), n'a pas pu être intégrée dans le cadre de l'analyse du signal.
- prélèvements en eaux souterraines recensés dans le bassin versant de la Lizonne (source : données du Modèle Nord-Aquitain – MONA). La répartition annuelle des prélèvements est supposée être : 25% en juin / 50% en juillet / 25% en août.

A noter qu'il existe des échelles limnimétriques sur les cours d'eau de la Pude (à Nanteuil et à l'étang des Faures) et de la Sauvanie (à Durbet). Ces stations de mesures sont suivies à un pas de temps variable, allant de 15 jours à 3 jours (exceptionnellement), durant une période comprise entre le 18 avril et le 16 septembre. Les acquisitions de données se sont faites au cours de l'année 2002, puis de 2005 à 2009. De 2007 à 2009, les premières mesures ont été effectuées au plus tôt le 25 juin. L'information est uniquement disponible sous la forme de niveaux d'eau. La modélisation de ces chroniques à l'aide du logiciel TEMPO ne peut être réalisée en l'état. Elle nécessiterait, en effet, de disposer de chroniques sur plusieurs cycles hydrologiques, ainsi que des données pour les mois d'automne et d'hiver (en plus de la période sèche) et ceci sur plusieurs années hydrologiques consécutives. Par ailleurs, en l'absence d'une relation linéaire entre la hauteur d'eau et le débit du cours d'eau, l'interprétation des résultats à partir des seules hauteurs d'eau est très délicate. Il serait donc nécessaire de travailler avec des chroniques de débits, ce qui nécessite de connaître la courbe de tarage relative à chacun des sites de mesures. Enfin, en termes de pas de temps, l'idéal serait de disposer de données quotidiennes compte tenu de la réactivité observée sur la Lizonne et la Belle.

### 3.3. ANALYSE DES DONNEES

En préalable à la phase de modélisation, plusieurs analyses ont été réalisées pour déterminer les principales caractéristiques du comportement de l'hydrosystème étudié. Les méthodes et calculs utilisés (analyses corrélatoires, analyses en composantes principales, test de Mann-Kendall, ...) sont détaillés dans les annexes 1 à 3. Les résultats obtenus mettent en évidence les éléments suivants :

- il existe une forte similitude de comportement entre la Lizonne à Saint-Séverin et la Belle à Mareuil ;
- la nappe présente un caractère plus inertiel au niveau du piézomètre de Juillaguet qu'à celui de Dignac. Elle demeure cependant très réactive dans les deux cas ;
- le piézomètre de La Chapelle-Montabourlet montre un comportement fortement similaire à ceux de Dignac et de Juillaguet, et peut-être plus particulièrement à celui de Dignac. La corrélation avec le débit de la Lizonne à Saint-Séverin est bonne en termes de niveaux et de débits moyens. Une corrélation assez bonne est obtenue avec les niveaux moyens du piézomètre de Dignac ;
- de meilleures corrélations sont obtenues entre les séries de débit et le niveau enregistré au piézomètre de Dignac (par rapport aux séries de Juillaguet et de la Chapelle-Montabourlet). En particulier, une bonne corrélation existe entre le débit moyen annuel de la Belle à Mareuil et le niveau moyen annuel de la nappe à ce piézomètre ;
- il existe des indices d'une possible tendance à la baisse du cumul annuel de la pluie à Ronsenac et surtout à Saint-Martial, ainsi que pour la pluie efficace calculée à l'aide de la chronique d'ETP de La Couronne ;

- il a été identifié une tendance à la hausse du niveau minimal annuel enregistré aux piézomètres de Dignac et de Juillaguet. Aucune tendance n'est identifiée sur les niveaux moyens et maximaux ;
- aucune tendance n'a été identifiée sur le débit des deux cours d'eau aux stations prises en compte.

### 3.4. MODELISATIONS

Les « entrées » du modèle sont constituées par la pluie et l'ETP. Dans un premier temps, le modèle reproduit les niveaux de la nappe (une seule réponse impulsionnelle) au niveau des piézomètres de Juillaguet (07333X0027/F) et de Dignac (07097X0067/F). Dans un second temps, le niveau de la nappe devient une « entrée » supplémentaire (à la pluie et à l'ETP), destinée à mieux expliquer les débits observés.

La prise en compte des prélèvements dans la simulation des niveaux piézométriques n'a pas permis d'améliorer sensiblement la qualité du calage obtenu.

Ils n'ont donc pas été intégrés dans le modèle dont sont issus les résultats figurant dans le sous-chapitre 3.4.1. Ils ont, par contre, été pris en compte dans la simulation du débit de la Lizonne à Saint-Séverin. Le pas de temps choisi pour la modélisation est décadaire (Période de simulation maximale : janvier 1992 à septembre 2009). Une application interne du logiciel Tempo permet de rechercher, pour une « sortie » donnée, la combinaison linéaire de pluies qui convient le mieux à sa représentation. On parle de « pluie optimale ». La pluie optimale obtenue pour la représentation des niveaux piézométriques est égale à la pluie de Ronsenac. Pour le débit de la Lizonne à Saint-Séverin, on obtient très majoritairement la pluie de Ronsenac (91%). Compte tenu de ces résultats, la pluie optimale retenue pour le bassin versant de la Lizonne correspond à la pluie à Ronsenac.

#### 3.4.1. Modélisation des niveaux piézométriques

##### *Piézomètre de Dignac*

Les résultats obtenus pour la simulation du niveau piézométrique à Dignac (Figure 27) montrent que le modèle reproduit correctement les niveaux mesurés à ce piézomètre (indice de Nash égal à 0,818). Néanmoins, les niveaux de basses eaux de 1993 à 1999 ne sont pas parfaitement représentés, les niveaux modélisés étant généralement supérieurs aux niveaux observés. Cette difficulté peut être mise en regard de la tendance à la hausse qui avait été identifiée sur l'évolution pluriannuelle des niveaux bas, phénomène pour lequel seules des hypothèses peuvent être émises. En tout état de cause, le modèle ne rend pas compte de cette tendance, signe qu'elle ne peut être expliquée à partir des seules données météorologiques utilisées.



Figure 27 : Simulation du niveau piézométrique au piézomètre de Dignac

(en m NGF)	Minimum	Maximum	Moyenne	1er quartile	Médiane	3ème quartile	Ecart-type
Niveau observé	139.97	157.16	147.97	146.19	147.66	149.37	3.00
Niveau simulé	143.09	157.97	147.98	145.98	147.65	149.61	2.69

Tableau 6 : Comparaison entre les niveaux journaliers simulés et observés au piézomètre de Dignac

(en m NGF)	Minimum	Maximum	Moyenne	1er quartile	Médiane	3ème quartile	Ecart-type
Niveau observé	141.53	155.08	147.99	146.32	147.74	149.55	2.72
Niveau simulé	143.36	156.72	147.99	146.07	147.67	149.77	2.61

Tableau 7 : Comparaison entre les niveaux mensuels simulés et observés au piézomètre de Dignac

Les paramètres statistiques généraux des séries journalières simulées et observées sont bons (cf. Tableau 6), hormis pour les minima, et dans une moindre mesure pour les maxima. Au pas de temps mensuel (cf. Tableau 7), les résultats obtenus sont globalement peu modifiés. Enfin, la corrélation entre les niveaux moyens annuels simulés et observés est bonne ( $R^2 = 0,92$ , cf. Figure 28) et la pente de la régression linéaire extrêmement voisine de 1.

Une amélioration de l'ensemble des paramètres est obtenue si l'on s'intéresse uniquement à la période 2000-2009 (cf. Tableau 8), ce qui est cohérent puisque la principale difficulté rencontrée réside dans la représentation des niveaux bas entre 1993 et 1999.

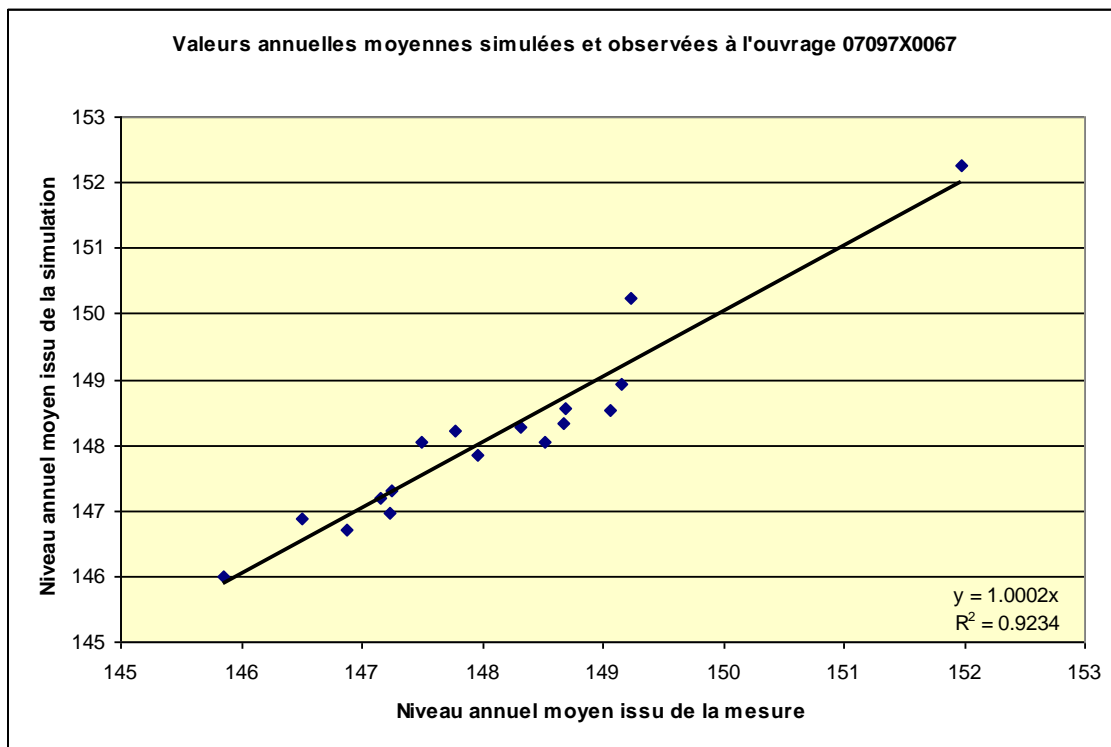


Figure 28 : Corrélation entre niveaux annuels simulés et observés au piézomètre de Dignac

(en m NGF)	Minimum	Maximum	Moyenne	1er quartile	Médiane	3ème quartile	Ecart-type
Niveau observé	142.64	153.69	147.75	146.11	147.44	149.41	2.45
Niveau simulé	143.36	154.36	147.72	146.07	147.49	149.28	2.43

Tableau 8 : Comparaison entre les niveaux mensuels simulés et observés au piézomètre de Dignac durant la période 2000-2009

### Piézomètre de Juillaguet

Les résultats obtenus pour la simulation du niveau piézométrique à Juillaguet (Figure 29) montrent que le modèle reproduit correctement les niveaux mesurés à ce piézomètre (indice de Nash égal à 0,816). Néanmoins, des difficultés ont été rencontrées pour représenter les niveaux de basses eaux de 1993 à 2001 (hormis 1995), les niveaux modélisés étant généralement supérieurs à ceux observés. Cette difficulté peut être mise en regard de la tendance à la hausse qui avait été identifiée sur l'évolution pluriannuelle des niveaux bas, phénomène pour lequel seules des hypothèses peuvent être émises (cf. annexe 3).

De même que pour le piézomètre de Dignac, le modèle ne rend pas compte de cette tendance, signe qu'elle ne peut être expliquée à partir des seules données météorologiques utilisées.

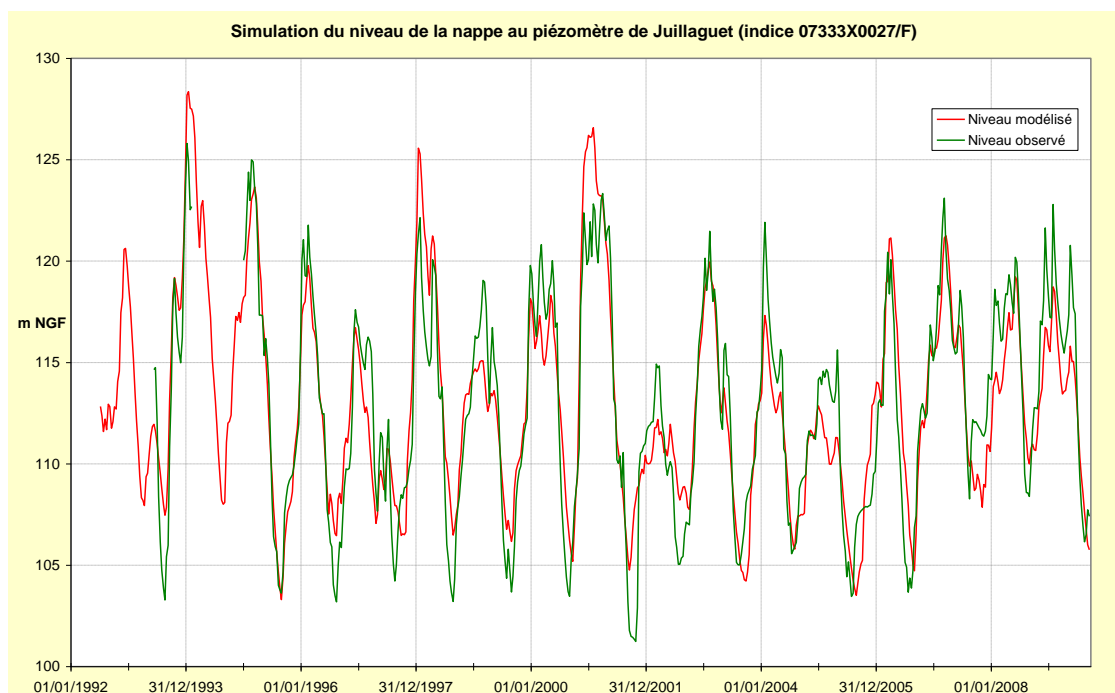


Figure 29 : Simulation du niveau piézométrique au piézomètre de Juillaguet

Les paramètres statistiques généraux des séries journalières simulées et observées sont corrects (cf. Tableau 9), hormis pour les minima et les maxima. Au pas de temps mensuel (cf. Tableau 10), les résultats obtenus sont globalement peu modifiés. Les écarts observés sur les quartiles sont légèrement plus importants que ceux observés pour le piézomètre de Dignac, y compris en les rapportant à l'amplitude totale de la fluctuation interannuelle.

en m NGF	Minimum	Maximum	1er Quartile	Médiane	3ème Quartile	Moyenne	Ecart-type
Niveau observé	101.11	125.87	108.56	112.67	117.13	112.82	5.40
Niveau modélisé	103.30	128.36	109.17	112.13	115.87	112.83	4.97

Tableau 9 : Comparaison entre les niveaux journaliers simulés et observés au piézomètre de Juillaguet

en m NGF	Minimum	Maximum	1er Quartile	Médiane	3ème Quartile	Moyenne	Ecart-type
Niveau observé	101.36	124.52	108.65	112.70	117.39	112.89	5.25
Niveau modélisé	103.95	127.83	109.13	112.25	116.15	112.89	4.94

Tableau 10 : Comparaison entre les niveaux mensuels simulés et observés au piézomètre de Juillaguet

Enfin, la corrélation entre les niveaux moyens annuels simulés et observés est assez mauvaise ( $R^2 = 0,62$ , cf. Figure 30), même si la pente de la régression linéaire est très voisine de 1.

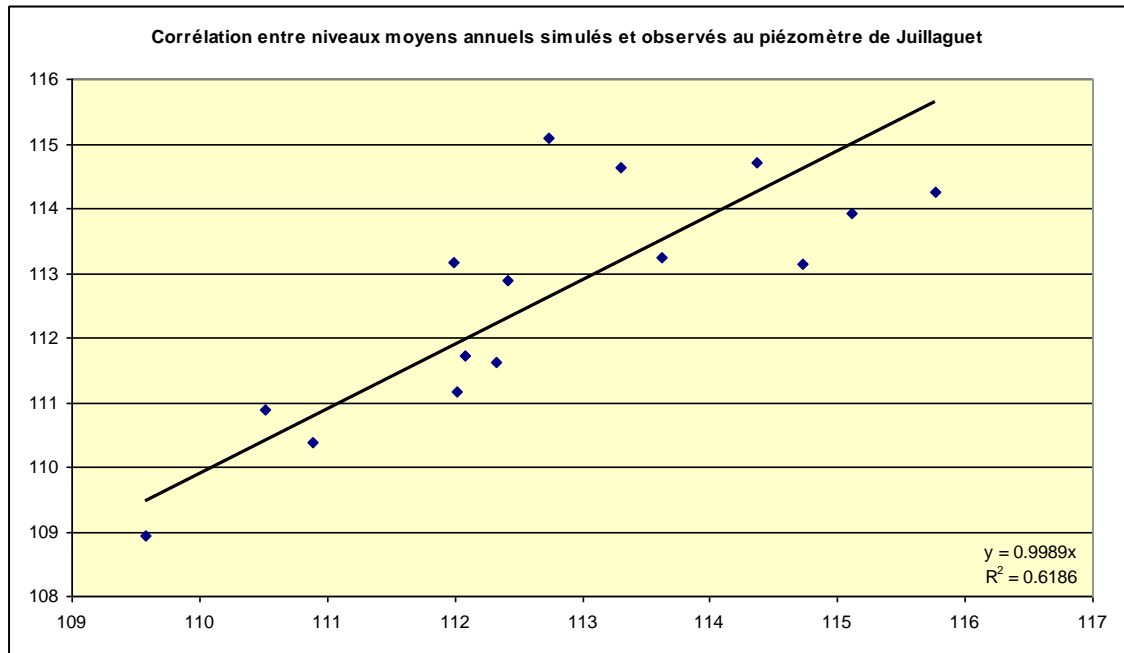


Figure 30 : Corrélation entre niveaux annuels simulés et observés au piézomètre de Juillaguet

### Piézomètre de La Chapelle Montabourlet

Les résultats obtenus pour la simulation du niveau piézométrique à La Chapelle Montabourlet (Figure 31) montrent que le modèle reproduit correctement les niveaux mesurés à ce piézomètre (indice de Nash égal à 0,87). Néanmoins, des difficultés ont été rencontrées pour représenter les niveaux de basses eaux de 2003 et 2004, les niveaux modélisés étant inférieurs à ceux observés. Ces niveaux – avec ceux de l’année 2005 – figurent parmi les plus bas de la chronique. Ceci pourrait conduire à s’interroger sur l’existence d’un comportement intervenant en périodes de basses eaux, non pris en compte par le modèle, et ce malgré les bons résultats globaux obtenus. Il serait intéressant de valider le calage sur une période plus longue.

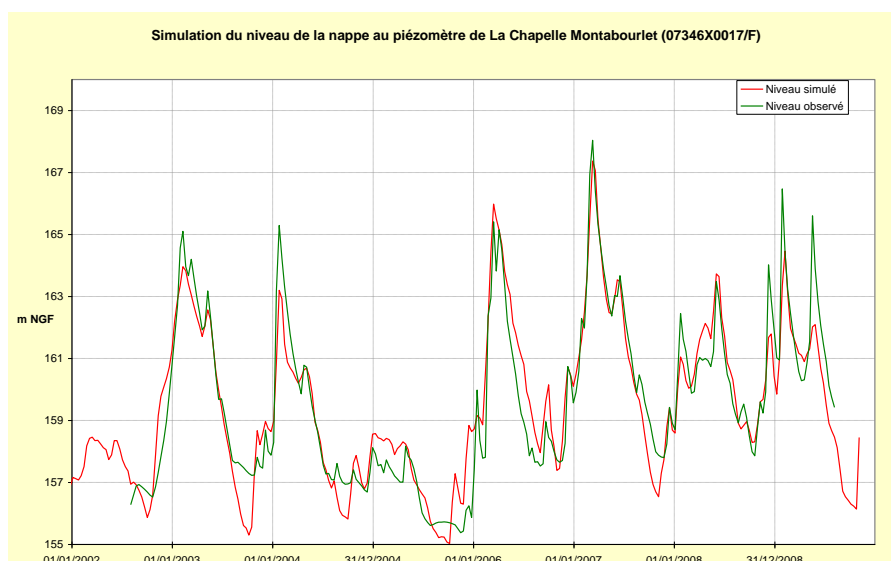


Figure 31 : Simulation du niveau piézométrique au piézomètre de La Chapelle Montabourlet (pas de temps décadaire)

Les paramètres statistiques généraux des séries journalières simulées et observées sont bons (cf. Tableau 11), hormis pour les maxima. Au pas de temps mensuel (cf. Tableau 12), les résultats obtenus sont globalement peu modifiés mais néanmoins améliorés pour les valeurs maximales.

en m NGF	Minimum	Maximum	1er Quartile	Médiane	3ème Quartile	Moyenne	Ecart-type
Niveau observé	155.30	169.17	157.51	159.25	161.53	159.66	2.70
Niveau modélisé	155.03	167.37	157.87	159.60	161.45	159.68	2.54

Tableau 11 : Comparaison entre les niveaux journaliers simulés et observés au piézomètre de La Chapelle Montabourlet

en m NGF	Minimum	Maximum	1er Quartile	Médiane	3ème Quartile	Moyenne	Ecart-type
Niveau observé	155.44	167.02	157.52	159.38	161.50	159.63	2.58
Niveau modélisé	155.19	166.61	157.78	159.32	161.29	159.65	2.48

Tableau 12 : Comparaison entre les niveaux mensuels simulés et observés au piézomètre de La Chapelle Montabourlet

Enfin, la corrélation entre les niveaux annuels simulés et observés est correcte ( $R^2 = 0,86$ , cf. Figure 32) et la pente de la régression linéaire extrêmement voisine de 1. La corrélation observée sur les niveaux moyens mensuels est similaire mais présente l'intérêt d'être réalisée sur un échantillon de valeurs plus important (cf. Figure 33).

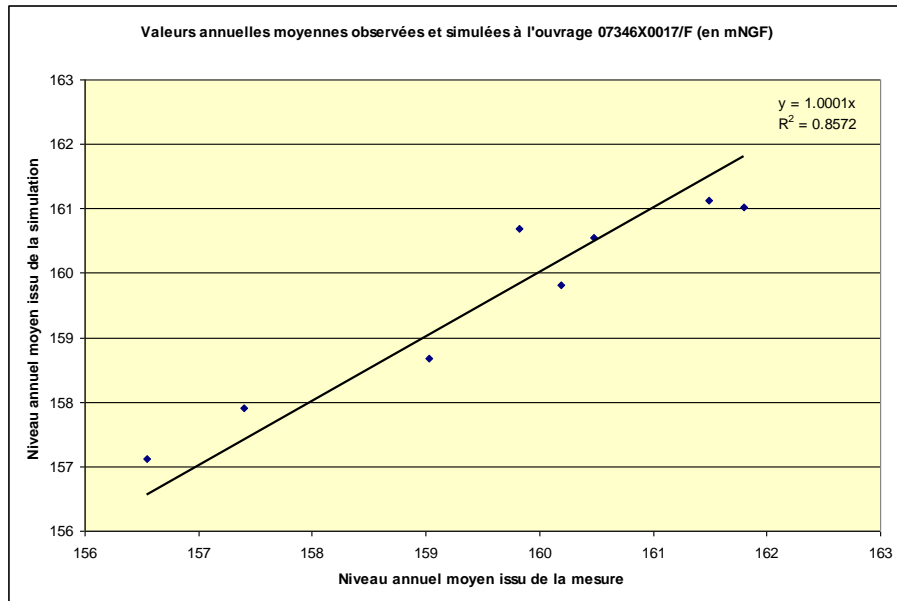


Figure 32 : Corrélation entre niveaux annuels simulés et observés au piézomètre de La Chapelle Montabourlet

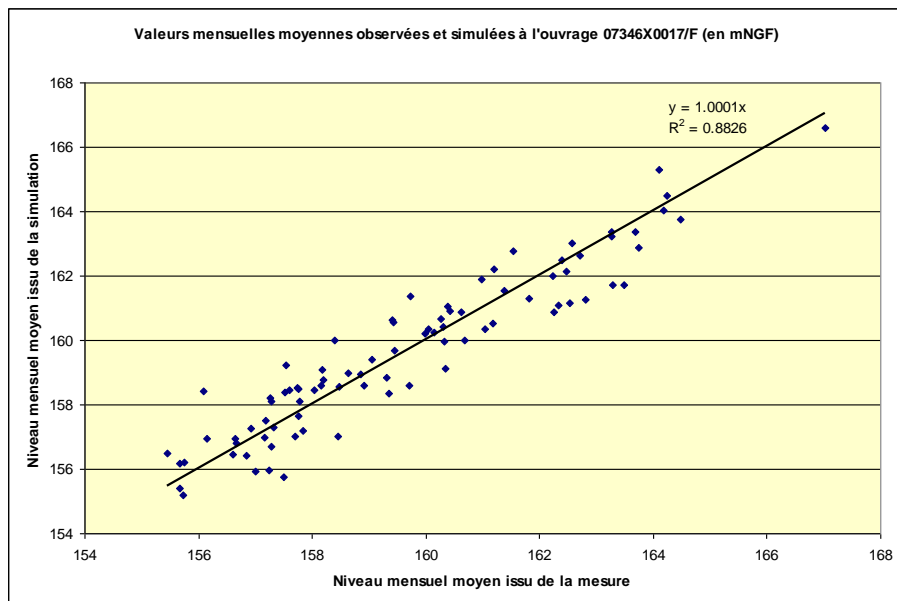


Figure 33 : Corrélation entre niveaux mensuels simulés et observés au piézomètre de La Chapelle Montabourlet

**En substance, il apparaît que la simulation du niveau piézométrique est meilleure à Dignac en comparaison des simulations effectuées à Juillaguet et à la Chapelle Montabourlet. Par ailleurs, compte tenu de la bonne corrélation obtenue entre les séries de débit et la série de niveaux mesurés à Dignac, c'est ce piézomètre qui sera utilisé dans la modélisation des débits.**

### 3.4.2. Modélisation du débit de la Lizonne à Saint-Séverin

Les résultats obtenus pour la simulation du débit de la Lizonne à Saint-Séverin (Figure 34) montrent que le modèle reproduit correctement les débits enregistrés à cette station hydrométrique (indice de Nash égal à 0,69). De nombreux essais ont été effectués, certains fournissant un résultat global meilleur (indice de Nash allant jusqu'à 0,75) mais pour lesquels les débits d'étiage étaient systématiquement surestimés, ce qui aurait conduit à surestimer le QMNA5 et les QMNA. L'objectif de l'étude, qui porte principalement sur les étiages, nous a conduits à retenir une version globalement moins bonne mais meilleure sur les étiages.

Ce calage a été obtenu en prenant en compte les prélèvements nécessaires pour une représentation correcte des étiages.

Les épisodes de crue sont en général assez mal représentés, ceux-ci étant soit sous-estimés (2001, 2004 ou 2007), soit surestimés (1992, 1993, 1994, 1998, 2006). Le résultat des simulations n'est donc pas à utiliser pour la compréhension des phénomènes de crues.

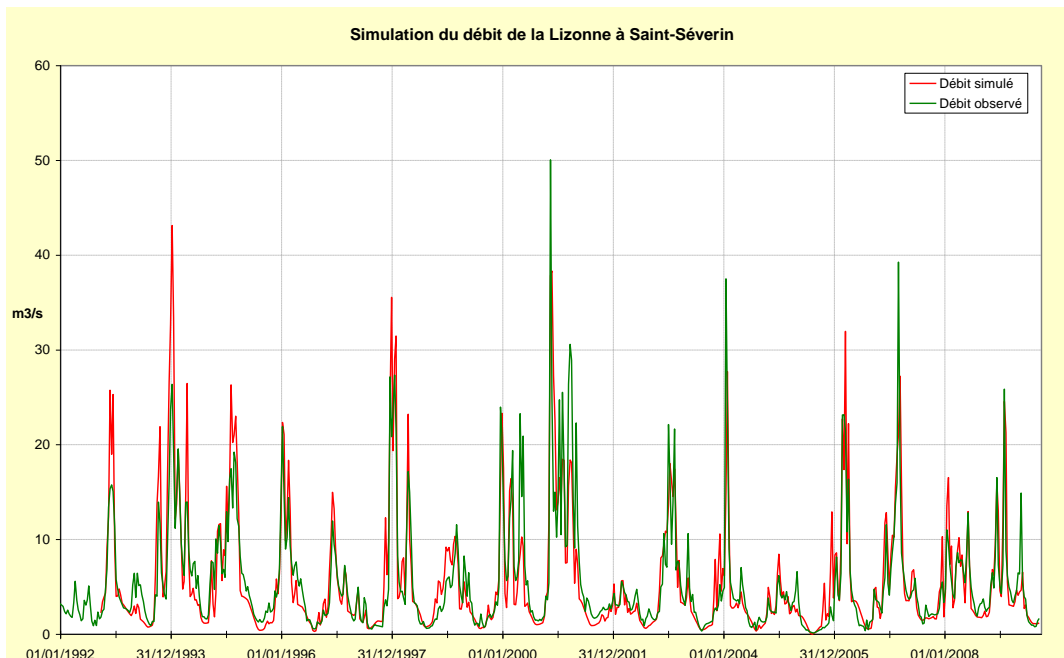


Figure 34 : Simulation du débit de la Lizonne à Saint-Séverin (avec prise en compte du piézomètre de Dignac dans la simulation)

Les paramètres statistiques généraux des séries journalières simulées et observées sont assez bons (cf. Tableau 13), si l'on excepte le débit minimal journalier. Au pas de temps mensuel (cf. Tableau 14), les résultats obtenus sont globalement peu modifiés. Les débits faibles ont tendance à être sous-estimés par la simulation.

(en m <sup>3</sup> /s)	Minimum	Maximum	Moyenne	1er quartile	Médiane	3ème quartile	Ecart-type
Débit observé	0.132	50.05	5.68	1.91	3.71	6.77	6.07
Débit simulé	0.004	43.13	5.76	1.69	3.18	7.17	6.63

Tableau 13 : Comparaison entre les débits journaliers simulés et observés de la Lizonne à la station de Saint-Séverin

(en m <sup>3</sup> /s)	Minimum	Maximum	Moyenne	1er quartile	Médiane	3ème quartile	Ecart-type
Débit observé	0.175	27.81	5.70	2.12	3.89	7.45	5.20
Débit simulé	0.092	31.41	5.78	1.78	3.50	7.35	5.86

Tableau 14 : Comparaison entre les débits mensuels simulés et observés de la Lizonne à la station de Saint-Séverin

Cette observation est confirmée par les données statistiques relatives aux QMNA observés et simulés (cf. Tableau 15). En moyenne, les QMNA sont sous-estimés de 30% environ par rapport aux observations.

(en m <sup>3</sup> /s)	Minimum	Maximum	Moyenne	1er quartile	Médiane	3ème quartile	Ecart-type
Débit observé	0.175	2.84	1.15	0.72	1.00	1.45	0.60
Débit simulé	0.092	1.79	0.83	0.60	0.76	1.02	0.40

Tableau 15 : Comparaison entre les QMNA simulés et observés de la Lizonne à la station de Saint-Séverin

Enfin, la corrélation entre les niveaux moyens annuels simulés et observés est bonne si l'on excepte l'année 2001 pour laquelle la simulation sous-estime le débit écoulé durant l'année ( $R^2 = 0,91$ , cf. Figure 35).

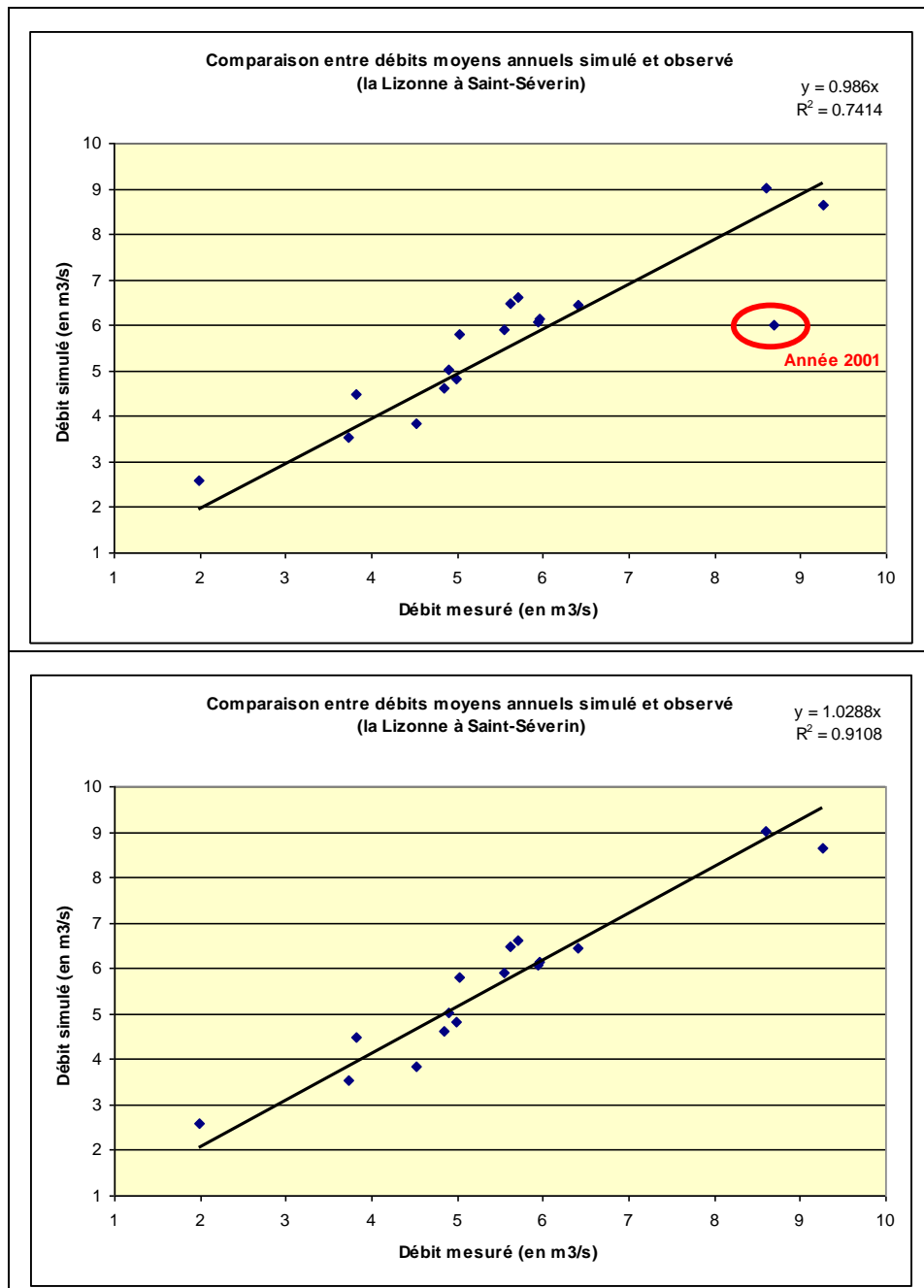


Figure 35 : Corrélation entre débits moyens annuels simulés et observés – débit de la Lizonne à Saint-Séverin (en haut, années 1993 à 2009 ; en bas sans l'année 2001)

Les maxima des réponses impulsionnelles des niveaux et du débit par rapport à la pluie sont comparés aux pics de corrélation identifiés dans les corrélogrammes croisés pluie-niveau et pluie-débit (Annexe 1).

Les valeurs sont présentées dans le Tableau 16. Elles dénotent d'une bonne cohérence en termes de corrélation entre les signaux. Concernant la durée indiquée pour la réponse impulsionnelle, elle est connue à un pas de temps décadaire (qui est le pas de temps de la modélisation).

en jours	Corrélogramme croisé	Réponse impulsionnelle
<b>Pluie - Débit de la Lizonne</b>	6	10
<b>Pluie - Niveau (07097X0067)</b>	8	10
<b>Pluie - Niveau (07333X0027)</b>	15	20

Tableau 16 : Décalage dans le temps des maxima de corrélation et de réponse impulsionnelle entre la pluie et les signaux de débit et piézométriques

La décomposition du signal du débit, telle qu'elle est obtenue sur la période de calage (Figure 36) permet d'identifier plusieurs composantes : une composante rapide, liée à un ruissellement quasi immédiat de la pluie, une composante liée à l'impact des prélèvements tel qu'il est simulé par le modèle, ainsi qu'une composante dite lente, représentant la contribution des eaux souterraines au débit du cours d'eau.

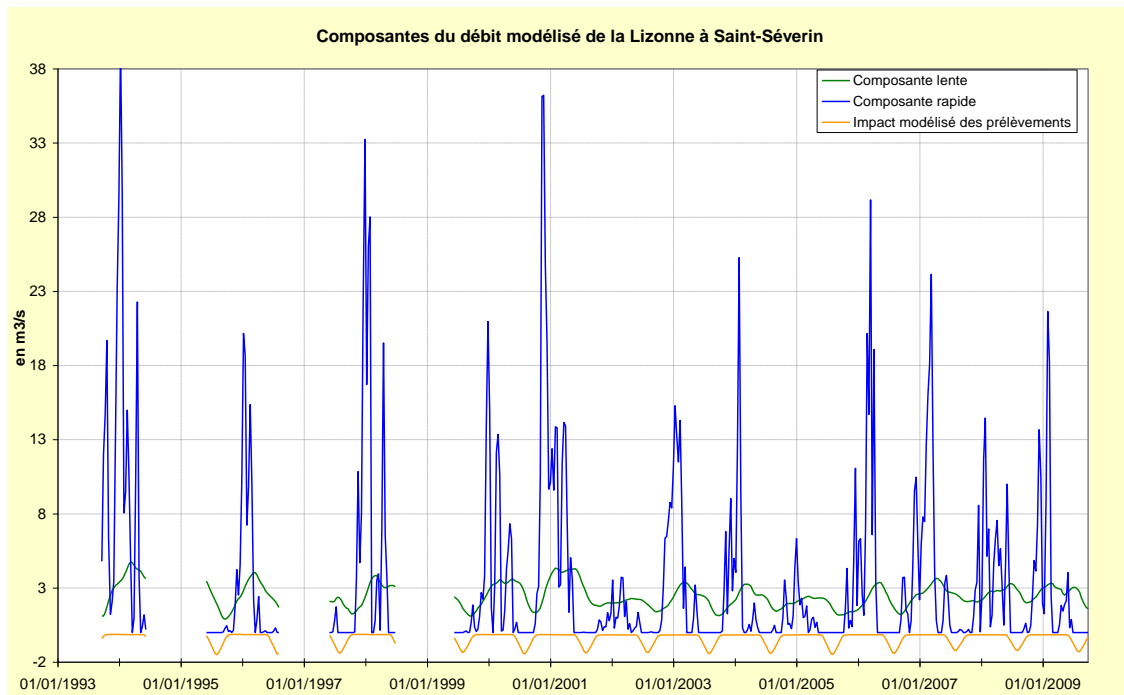


Figure 36 : Décomposition du signal du débit simulé de la Lizonne à Saint-Séverin

### 3.5. SIMULATION PREVISIONNELLE

#### 3.5.1. Résultats

Afin de dégager des règles de gestion que les observations disponibles ne permettent pas d'établir directement, le modèle d'écoulements a été utilisé en mode prévisionnel (il serait plus rigoureux de parler de prédétermination).

Les simulations prévisionnelles consistent à générer de très nombreuses séquences de pluie et d'ETP (plusieurs centaines) et à faire une analyse statistique des variables « en sortie » (niveaux de nappes et/ou débits de cours d'eau).

Le générateur de pluies (ou d'ETP) permet de créer une séquence stochastique de pluie (ou d'ETP) respectant un certain nombre de conditions déduites de l'analyse des séquences de pluies (ou d'ETP) observées.

Pour chaque réalisation de pluies et d'ETP, le logiciel simule une séquence de niveaux (et/ou de débits) par l'intermédiaire :

- d'une méthode utilisant les fonctions de transfert calculées dans la phase de modélisation ;
- ou d'un processus autorégressif (les prévisions tiennent compte du passé récent et peuvent éventuellement intégrer des prévisions météorologiques).

Les résultats de toutes les simulations sont ensuite regroupés par subdivision temporelle sur l'année (décade, mois, ...). Sur ce pas de temps, les niveaux (ou débits) sont classés par ordre croissant, ce qui revient à construire une fonction de répartition « expérimentale » permettant de calculer une fréquence d'occurrence de telle ou telle valeur dans chaque subdivision temporelle ou de définir différents quantiles.

Les résultats obtenus sont présentés sur les Figure 37 et Figure 38. Les sept quantiles définis au pas de temps mensuel correspondent à des fréquences d'occurrence représentant des contextes piézométriques ou de débits s'échelonnant du « 10 ans humide » au « 20 ans sec ».

Ces quantiles sont représentés suite à une prévision à long terme, qui est obtenue en représentant une année de référence non influencée par les conditions initiales du système.

La simulation du débit de la Lizonne à Saint-Séverin ayant nécessité la prise en compte des prélèvements, une chronique de prélèvements a été utilisée dans la simulation prévisionnelle. Elle a été constituée de la façon suivante :

- AEP : 2 370 000 m<sup>3</sup>/an, répartis de façon homogène sur l'ensemble de l'année ;
- eaux industrielles de collectives : 62 000 m<sup>3</sup>/an, réparties de façon homogène sur l'ensemble de l'année ;
- eaux agricoles : 3 500 00 m<sup>3</sup>/an, réparties de la façon suivante : 25% en juin, 50% en juillet et 25% en août.

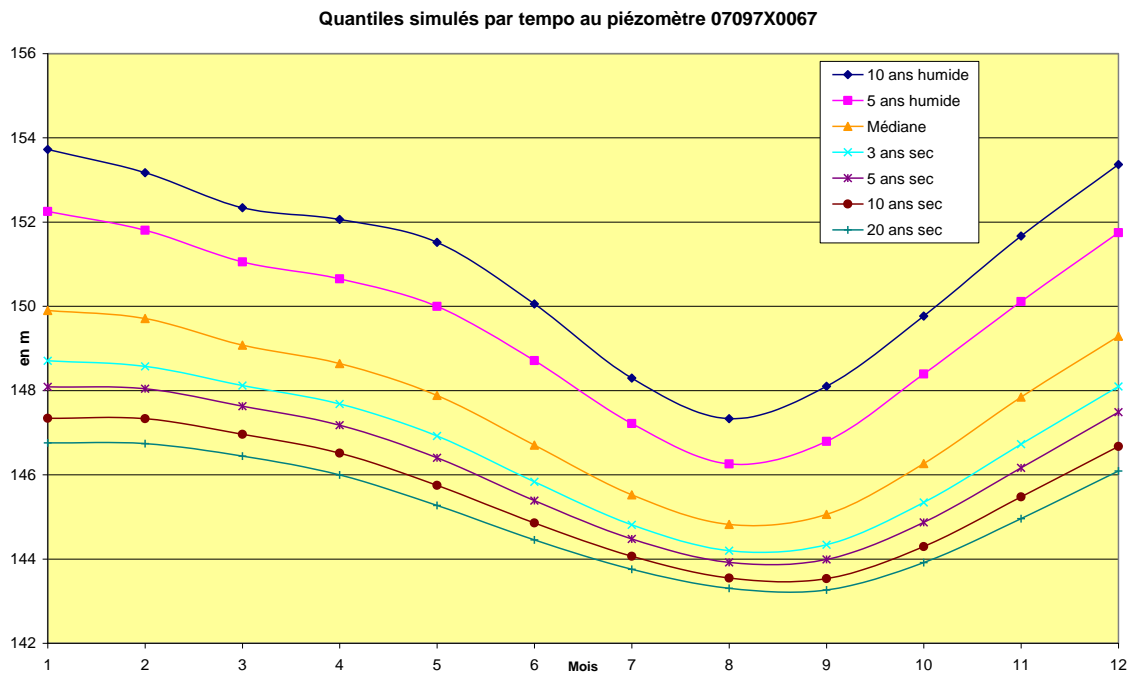


Figure 37 : Quantiles simulés au piézomètre de Dignac (07097X0067)

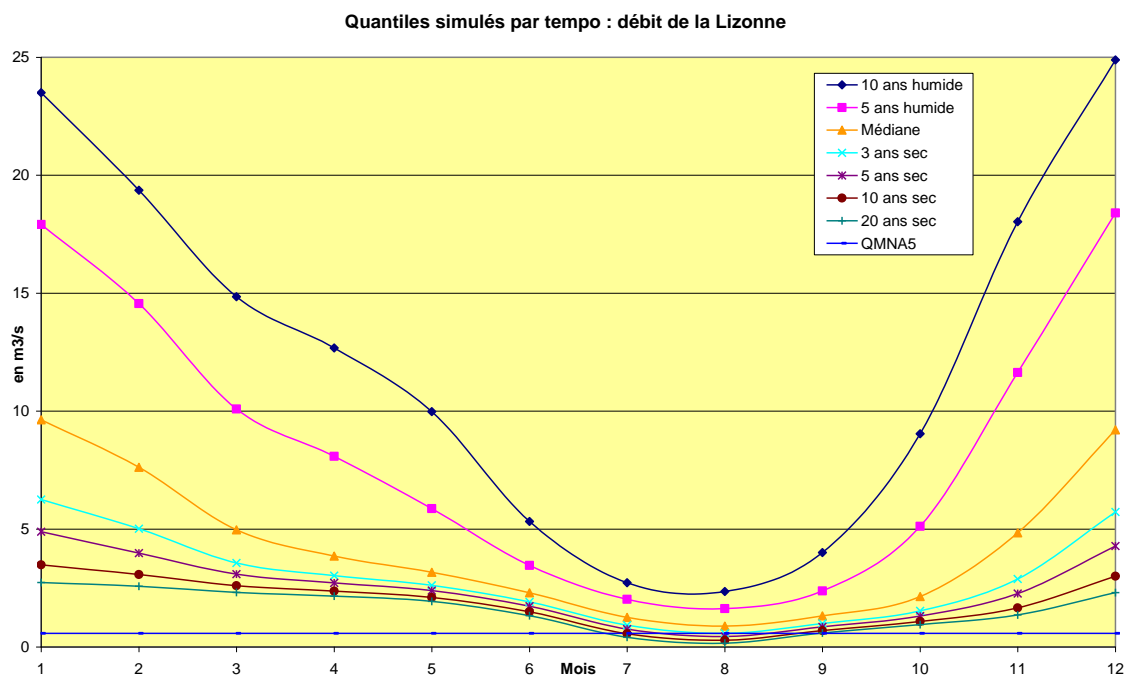


Figure 38 : Quantiles simulés du débit de la Lizonne à Saint-Séverin et QMNA5 fourni par la banque HYDRO

Ainsi, pour le piézomètre de Dignac :

- les valeurs maximales simulées sont rencontrées en janvier, ce qui est cohérent avec les observations, reproduisant le caractère peu inertiel de la nappe. Les niveaux maxima simulés sont de l'ordre de 150 m NGF en année médiane (période de retour : une année sur 2), de 148 m NGF en 5 ans sec (période de retour : une année sur 5) et de 147,5 m NGF en 10 ans sec (période de retour : une année sur 10) ;
- les valeurs minimales sont enregistrées entre les mois d'août et septembre, avec des niveaux de l'ordre de 143,5 m NGF en 10 ans sec (période de retour : une année sur 10) et de 144 m NGF en 5 ans sec (une année sur 5).

Concernant la série de débits :

- les quantiles simulés reproduisent bien la grande amplitude annuelle des fluctuations du débit, notamment lors des années humides ;
- les valeurs maximales mensuelles sont enregistrées en janvier, voire en décembre, ce qui est cohérent avec les données observées. Les débits moyens mensuels atteignent 25 m<sup>3</sup>/s pour une fréquence de retour « 10 ans humide », environ 18 m<sup>3</sup>/s en « 5 ans humide » et un peu moins de 10 m<sup>3</sup>/s en année médiane ;
- les valeurs minimales sont enregistrées au mois d'août, ce qui est là aussi cohérent avec les données observées. Le débit moyen mensuel minimal simulé (c'est-à-dire le débit du mois d'août) atteint 2,4 m<sup>3</sup>/s (10 ans humide), 0,9 m<sup>3</sup>/s (année médiane) et 0,3 m<sup>3</sup>/s (10 ans sec).

La Figure 39 présente un « zoom » des quantiles de débits obtenus au pas de temps mensuel, pour les mois de juin à décembre, qui sont comparés à la valeur du QMNA5 fourni par la banque HYDRO (0,58 m<sup>3</sup>/s). Le QMNA5 ne correspond pas au débit mensuel du mois d'août de période de retour 5 ans sec, puisque le débit minimal annuel d'une année donnée est parfois rencontré au cours d'un autre mois. Le QMNA5 doit donc théoriquement être inférieur ou égal au débit du mois d'août de période de retour 5 ans sec. Or, ce dernier vaut 0,44 m<sup>3</sup>/s, c'est-à-dire qu'il est sous-estimé par la simulation, comme cela avait été identifié pour les QMNA dans la partie 3.4.2. Une sous-estimation de l'ordre de 30% est retrouvée.

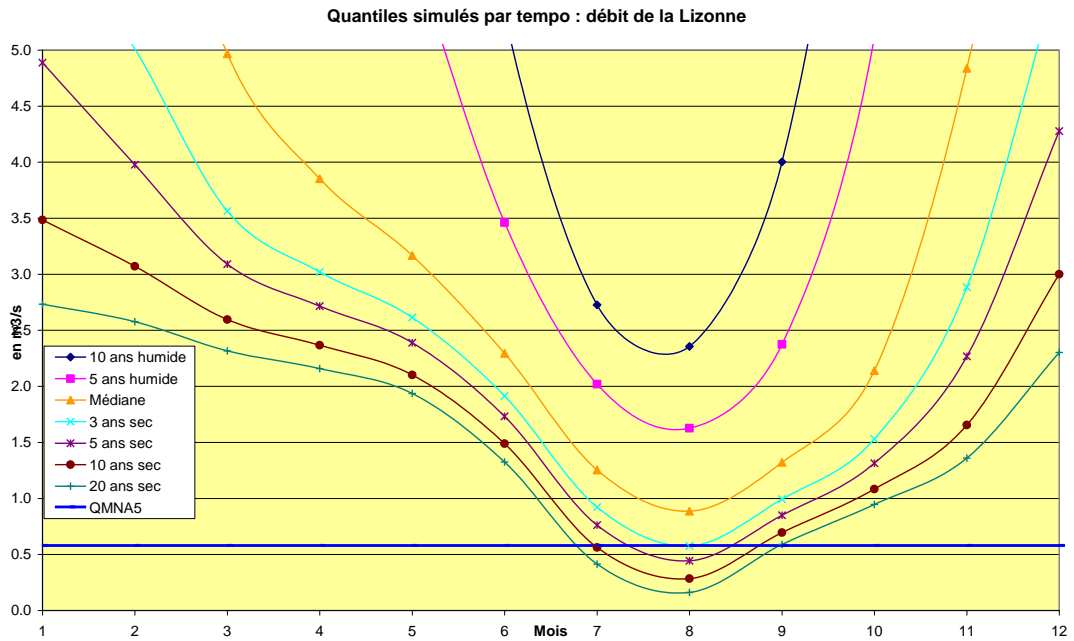


Figure 39 : Quantiles simulés du débit de la Lizonne à Saint-Séverin entre juin et décembre et QMNA5 fourni par la banque HYDRO

### 3.5.2. Comparaison entre les quantiles simulés et les quantiles obtenus à partir des données observées

Les simulations des niveaux piézométriques et du débit sont confrontées aux données observées et sous la forme de quantiles afin de pouvoir identifier le cas échéant un biais introduit par la modélisation.

Deux graphiques sont présentés pour la chronique de niveaux de Dignac, ainsi que pour la chronique de débits de la Lizonne à Saint-Séverin : ceci fait un total de quatre graphiques (cf. Figure 40 à Figure 43).

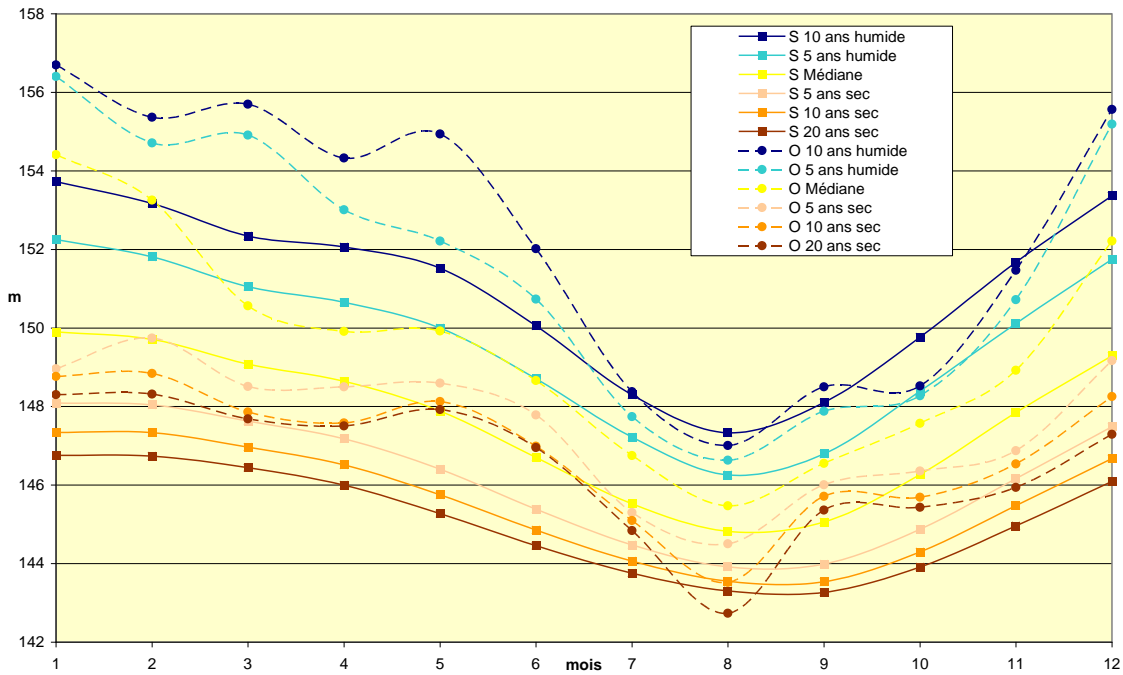


Figure 40 : Quantiles simulés (S) et observés (O) du niveau piézométrique à Dignac (au pas de temps mensuel, les quantiles sont établis à partir des données 1993-2009)

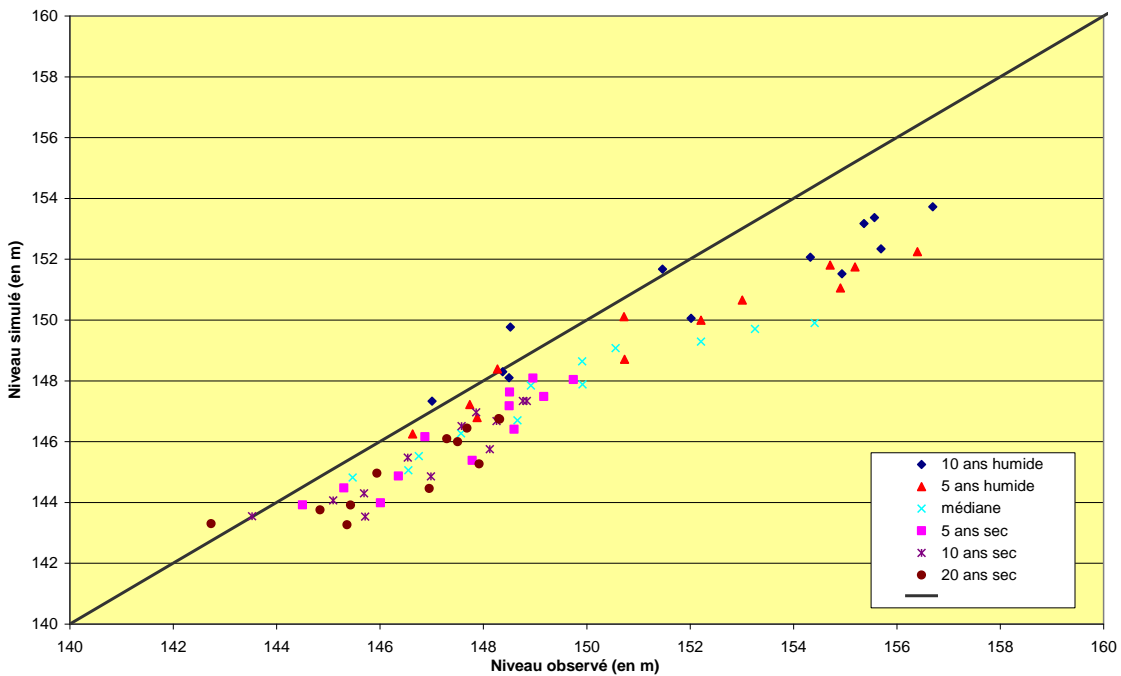


Figure 41 : Comparaison des quantiles simulés (S) et observés (O) du niveau piézométrique à Dignac (pas de temps mensuel, les quantiles sont établis à partir des données 1993-2009)

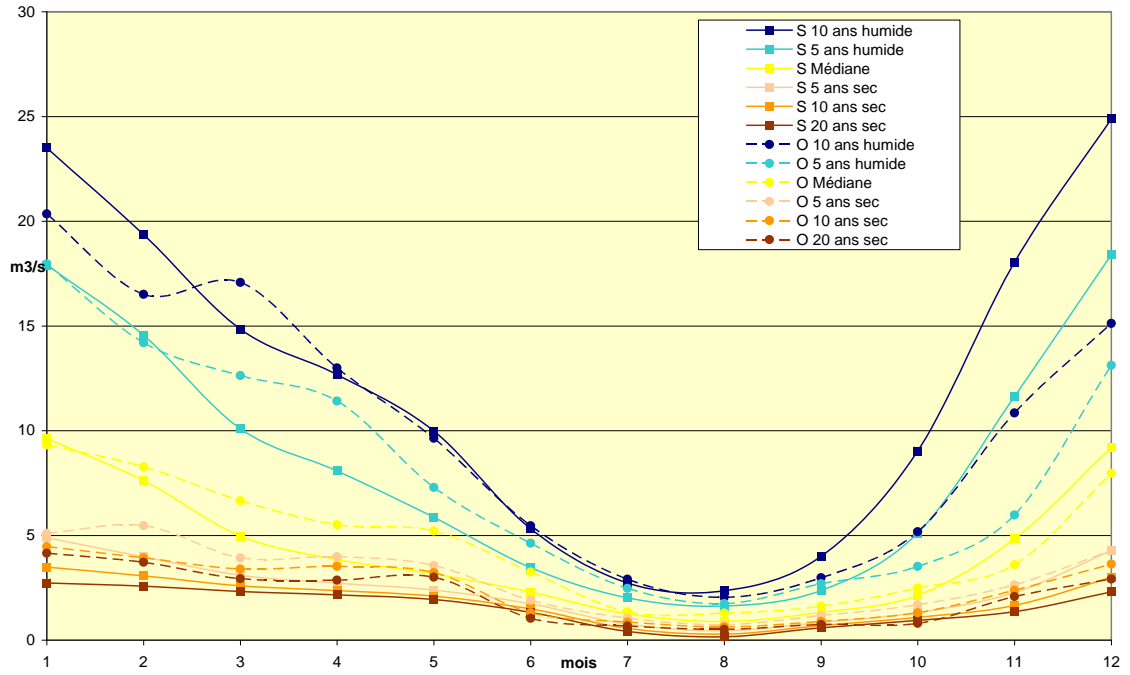


Figure 42 : Quantiles simulés (S) et observés (O) du débit de la Lizonne à Saint-Séverin (au pas de temps mensuel, les quantiles sont établis à partir des données 1993-2009)

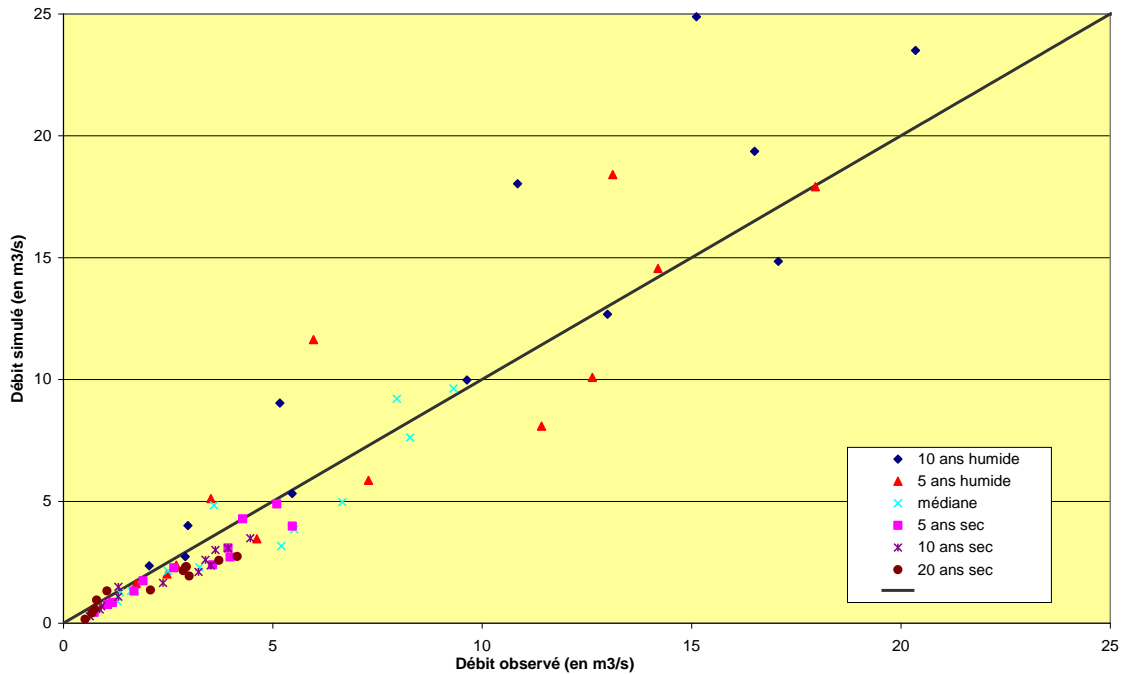


Figure 43 : Comparaison des quantiles simulés (S) et observés (O) du débit de la Lizonne à Saint-Séverin (pas de temps mensuel, quantiles établis à partir des données 1993-2009)

Concernant le piézomètre de Dignac, il apparaît que la simulation prévisionnelle :

- sous-estime les quantiles de niveau de la nappe par rapport aux quantiles issus des données observées sur la période 1993-2009 ;
- ne permet pas de représenter la baisse du niveau piézométrique observée durant la période estivale.

Compte tenu des observations faites concernant d'une part, l'évolution des niveaux minima observés à cet ouvrage sur la période 1993-2009 et d'autre part, la difficulté à représenter les niveaux de basses eaux entre 1993 et 1998, les quantiles simulés ont été comparés à des quantiles de données observées sur la période 1999-2009. Globalement, le résultat est amélioré si on ne considère que les données observées de cette période (cf. Figure 44 et Figure 45). A noter qu'il existe une meilleure coïncidence des comportements durant la période de basses eaux.

Les quantiles simulés demeurent cependant sous-estimés par rapport aux quantiles observés, d'un mètre environ pour les quantiles « sec », soit 7% du battement interannuel de la nappe.

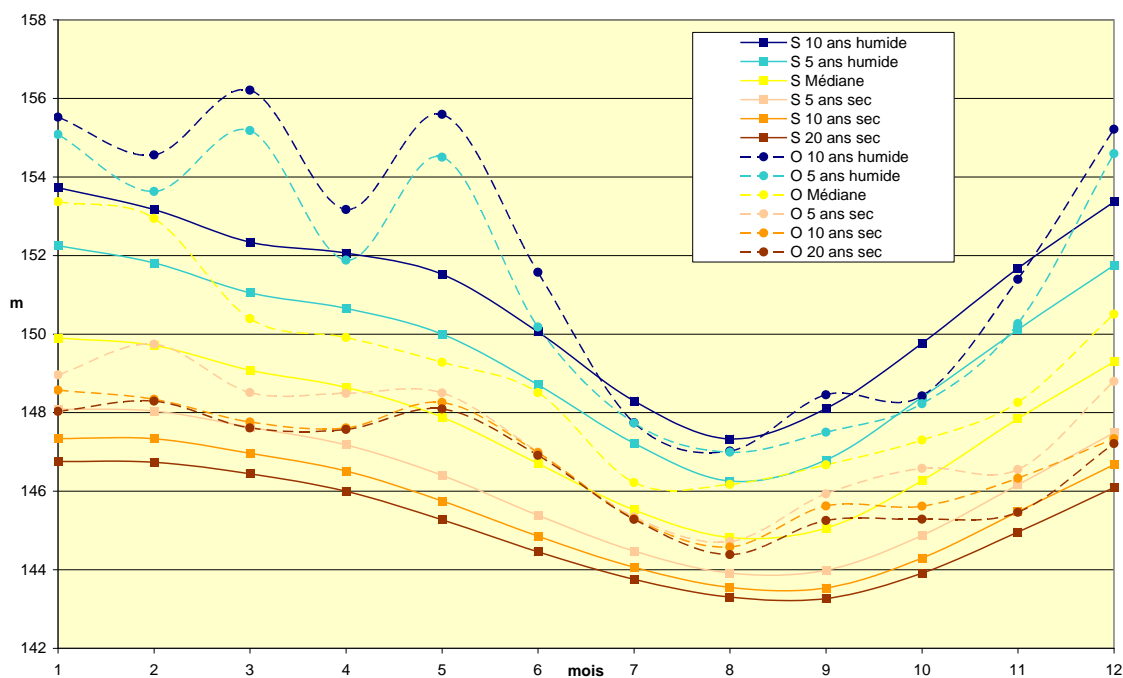


Figure 44 : Quantiles simulés (S) et observés (O) du niveau piézométrique à Dignac (pas de temps mensuel, les quantiles sont établis à partir des données 1999-2009)

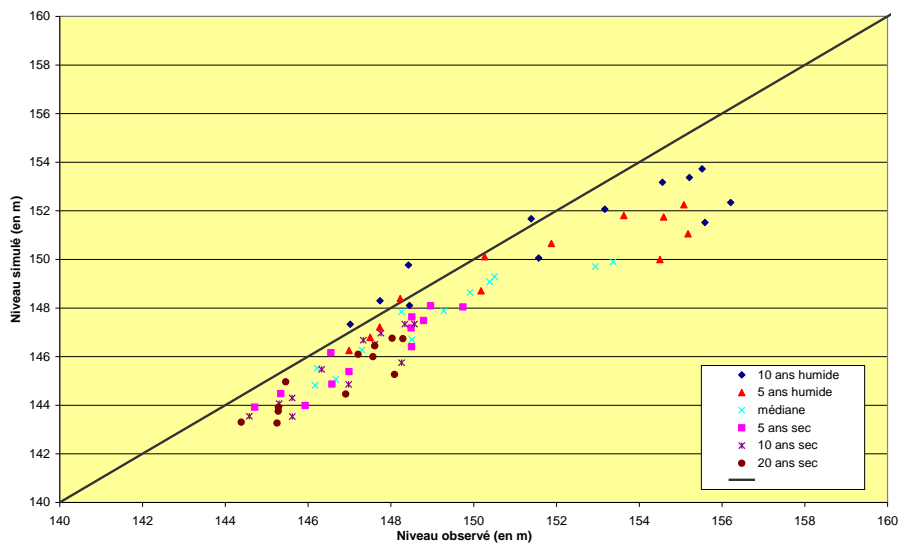


Figure 45 : Comparaison des quantiles simulés (S) et observés (O) du niveau piézométrique à Dignac (pas de temps mensuel, les quantiles sont établis à partir des données 1999-2009)

Concernant les débits de la Lizonne à Saint-Séverin, la Figure 43 notamment montre une dispersion importante des quantiles les plus « humides » autour de la droite de correspondance ( $y = x$ ). Les quantiles « secs » sont légèrement sous-estimés par la simulation sur la période 1992-2009 (utilisée pour l'établissement des graphiques). Si on considère l'ensemble des données observées pour la constitution des quantiles (période 1985-2009), il apparaît que la correspondance est meilleure, les quantiles « secs » se rapprochant de la droite  $y = x$  (cf. Figure 46).

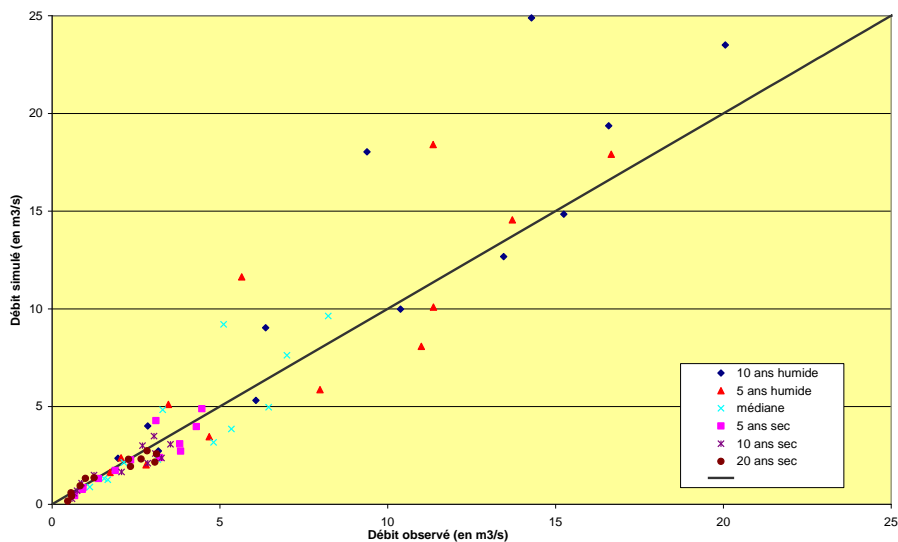


Figure 46 : Comparaison des quantiles simulés (S) et observés (O) du débit de la Lizonne à Saint-Séverin (pas de temps mensuel, avec prise en compte de l'ensemble des données de débit observées)



## 4. Proposition de valeurs de référence

Dans une optique de gestion de la ressource en eau en période d'étiage, nous avons mis à l'épreuve des indicateurs de gestion basés sur les chroniques de débits et de niveaux étudiées au préalable. L'objectif étant d'évaluer la mise en place d'un outil permettant une gestion de la ressource à plus long terme se substituant à la gestion de crise effectuée actuellement.

La démarche présentée ici consiste à déterminer des niveaux seuils dans les piézomètres qui permettraient de traduire le risque d'observer dans un certain délai un débit inférieur au QMNA5 dans la Lizonne.

Dans un premier temps, nous avons déterminé les niveaux piézométriques moyens observés dans les piézomètres de Juillaguet, Dignac et Montabourlet, 7 jours, 15 jours, 30 jours et 45 jours avant la mesure d'un débit inférieur ou égal au QMNA5 dans le cours d'eau (Tableau 17).

moyenne	07097X0067	07333X0027	07346X0017
7J AVANT	<b>143,89</b>	<b>105,52</b>	<b>158,06</b>
15J AVANT	<b>144,15</b>	<b>105,77</b>	<b>158,33</b>
30J AVANT	<b>145,01</b>	<b>106,67</b>	<b>158,55</b>
45J AVANT	<b>145,45</b>	<b>107,70</b>	<b>158,83</b>

*Tableau 17 : Niveaux piézométriques moyens observés respectivement 7j, 15j, 30j et 45 j avant la mesure d'un débit inférieur ou égal au QMNA5 dans le cours d'eau*

Ces valeurs de référence ont par la suite été testées. Pour cela, nous avons observé quels étaient, en se basant sur les historiques de niveaux et de débit disponibles, les débits mesurés dans la rivière 7j, 15j, 30j et 45j après la mesure d'un tel niveau en nappe. Nous avons comparé ces débits au QMNA5 et évalué quelle était empiriquement la probabilité qu'ils soient inférieurs au QMNA5.

Le Tableau 18 intègre l'ensemble des résultats obtenus. Il se lit de la façon suivante : il existe 381 valeurs de débit mesurées 7 jours après un niveau inférieur au niveau de référence à 7 jours sur le piézomètre 07097X0067 (soit une valeur de 143,89 m). 25% de ces valeurs sont inférieures au QMNA5 (0,58 m<sup>3</sup>/s), 56% < 2xQMNA5, 92% < 3xQMNA5, etc...

Cette démarche a été réalisée pour chaque piézomètre, puis en combinant les valeurs seuils de plusieurs piézomètres.

Globalement, les résultats obtenus sont conformes à la réactivité du cours d'eau : il demeure très difficile de prévoir de façon fiable le passage du débit sous le QMNA5.

Plus le délai considéré est long et moins les seuils considérés sont fiables pour évaluer l'occurrence des étiages. La combinaison des observations des 3 piézomètres améliore légèrement les résultats tout en diminuant considérablement l'échantillon de données sur lequel se base l'analyse. Le meilleur compromis demeure l'utilisation conjointe des piézomètres de Juillaguet et Dignac. Par ailleurs, plus la gamme des valeurs des débits pris en compte est grande et plus la probabilité d'occurrence est importante.

	Débit (m³/s)	07097X0067	07333X0027	07346X0017	07097X0067+ 07333X0027	les 3 piézomètres
7j	<b>Nb Valeurs</b>	<b>381</b>	<b>417</b>	<b>161</b>	<b>224</b>	<b>30</b>
	0 - 0,58	25%	25%	12%	29%	30%
	0 - 1,16	56%	64%	35%	66%	67%
	0 - 1,74	92%	91%	63%	96%	97%
	0 - 2,32	98%	97%	70%	100%	100%
15j	<b>Nb Valeurs</b>	<b>445</b>	<b>451</b>	<b>181</b>	<b>311</b>	<b>42</b>
	0 - 0,58	22%	22%	9%	24%	21%
	0 - 1,16	49%	61%	39%	55%	52%
	0 - 1,74	89%	88%	68%	89%	95%
	0 - 2,32	96%	97%	73%	97%	100%
30j	<b>Nb Valeurs</b>	<b>650</b>	<b>624</b>	<b>190</b>	<b>477</b>	<b>56</b>
	0 - 0,58	19%	16%	14%	18%	7%
	0 - 1,16	45%	49%	41%	45%	45%
	0 - 1,74	76%	78%	70%	76%	82%
	0 - 2,32	89%	91%	74%	90%	86%
45j	<b>Nb Valeurs</b>	<b>729</b>	<b>730</b>	<b>208</b>	<b>556</b>	<b>80</b>
	0 - 0,58	16%	16%	18%	18%	9%
	0 - 1,16	39%	42%	39%	43%	26%
	0 - 1,74	67%	70%	69%	69%	60%
	0 - 2,32	83%	84%	74%	82%	63%

Tableau 18 : Relation niveaux-débits

## 5. Conclusions

Au sein du bassin versant de la Lizonne, les formations recoupées par le réseau hydrographique traversent la série des terrains mésozoïques allant du Jurassique au Crétacé supérieur. D'un point de vue hydrogéologique, les principaux réservoirs reconnus dans le secteur correspondent à l'aquifère du Jurassique supérieur, à la nappe des sables et calcaires gréseux du Cénomaniens et au multicouche karstique où s'individualisent les réservoirs du Turonien et celui du Coniacien. Ce dernier ensemble occupe une place prépondérante. En effet, la nappe du Turonien-Coniacien est largement drainée par le cours d'eau de la Lizonne.

L'analyse de la morphologie du bassin de la Lizonne montre que la partie aval est majoritairement plus ruisselante. Ceci peut s'expliquer par les fortes pentes observées dans cette zone aux abords des différents affluents de la Lizonne où les formations plus marneuses du Campanien sont rencontrées. A l'amont du bassin versant, les pentes sont globalement plus modérées, bien que les valeurs puissent localement dépasser les 20 %. Le lit principal de la Lizonne est caractérisé par des pentes faibles, notamment à l'aval du cours d'eau où la rivière se subdivise en de nombreux bras.

L'examen des données hydro-climatologiques disponibles (précipitations, évapotranspiration, piézométrie, débit) a servi à caractériser le fonctionnement de l'hydrosystème considéré et à le modéliser par une approche globale consistant à rechercher les liaisons entre les entrées du système (pluie et évapotranspiration) et les sorties (piézométries et / ou débits). Les éléments suivants ont été mis en évidence :

- il existe une forte similitude de comportement entre la Lizonne à Saint-Séverin et la Belle à Mareuil ;
- la nappe présente un caractère plus inertiel au niveau du piézomètre de Juillaguet qu'à celui de Dignac. Elle demeure cependant très réactive dans les deux cas ;
- le piézomètre de La Chapelle-Montabourlet présente un comportement fortement similaire à ceux de Dignac et de Juillaguet, et peut-être plus particulièrement à celui de Dignac. La corrélation avec le débit de la Lizonne à Saint-Séverin est bonne en termes de niveaux et débits moyens. Une corrélation assez bonne est obtenue avec les niveaux moyens du piézomètre de Dignac ;
- de meilleures corrélations sont obtenues entre les séries de débit et le niveau enregistré au piézomètre de Dignac (par rapport aux séries de Juillaguet et de la Chapelle-Montabourlet). Il existe une bonne corrélation entre le débit moyen annuel de la Belle à Mareuil et le niveau moyen annuel de la nappe au piézomètre ;
- il existe des indices d'une possible tendance à la baisse du cumul annuel de la pluie à Ronsenac et surtout à Saint-Martial, ainsi que pour la pluie efficace calculée à l'aide de la chronique d'ETP de La Couronne ;

- il a été identifié une tendance à la hausse du niveau minimal annuel enregistré aux piézomètres de Dignac et de Juillaguet. Aucune tendance n'est identifiée sur les niveaux moyens et maximaux.

La modélisation a été effectuée avec le logiciel **TEMPO** développé par le BRGM. Cet outil, qui permet de coupler dans la modélisation des niveaux de nappe mesurés sur un piézomètre représentatif et des débits relevés à une station hydrométrique a été utilisé pour rechercher les seuils de référence les plus pertinents.

Les « entrées » du modèle sont constituées par la pluie et l'ETP. Dans un premier temps, le modèle reproduit les niveaux de la nappe (une seule réponse impulsionnelle) au niveau du piézomètre de Dignac (07097X0067/F). Dans un second temps, le niveau de la nappe devient une « entrée » supplémentaire (à la pluie et à l'ETP), destinée à mieux expliquer les débits observés.

Les résultats obtenus pour la simulation du débit de la Lizonne à Saint-Séverin montrent que le modèle reproduit correctement les débits enregistrés à cette station hydrométrique (indice de Nash égal à 0,69). De nombreux essais ont été effectués, certains fournissant un résultat global meilleur (indice de Nash allant jusqu'à 0,75) mais pour lesquels les débits d'étiage étaient systématiquement surestimés, ce qui aurait conduit à surestimer le QMNA5 et les QMNA. L'objectif de l'étude, qui porte principalement sur les étiages, nous a conduits à retenir une version globalement moins bonne mais meilleure sur les étiages. Malgré les bons résultats obtenus par le biais de la modélisation globale et les bonnes corrélations niveaux-débits obtenues, le caractère très réactif du système (y compris pendant l'été durant lequel le cours d'eau réagit aux pluies d'orage) pose problème car il ne permet pas une prédiction d'un débit à 7 ou 15 jours avec un seuil de confiance suffisamment élevé.

Le pic de réactivité des débits après une pluie est de l'ordre de 5 jours contre 8 à 15 jours pour les observations faites dans les piézomètres. Cette réactivité du système nuit à la mise en place d'une gestion de la ressource à plus long terme. En effet, les impacts d'un épisode pluvieux étant relativement rapides, les précipitations peuvent permettre d'obtenir des débits supérieurs aux seuils d'alerte dans des délais relativement courts.

La Figure 47 met en avant cette difficulté. En pleine période d'étiage, l'impact d'une pluie sur le bassin versant est très rapidement enregistré au niveau de la station de jaugeage. En l'occurrence, le débit de la Lizonne repasse très largement au-dessus du QMNA5 quelques jours à peine après être descendu sous cette valeur seuil.

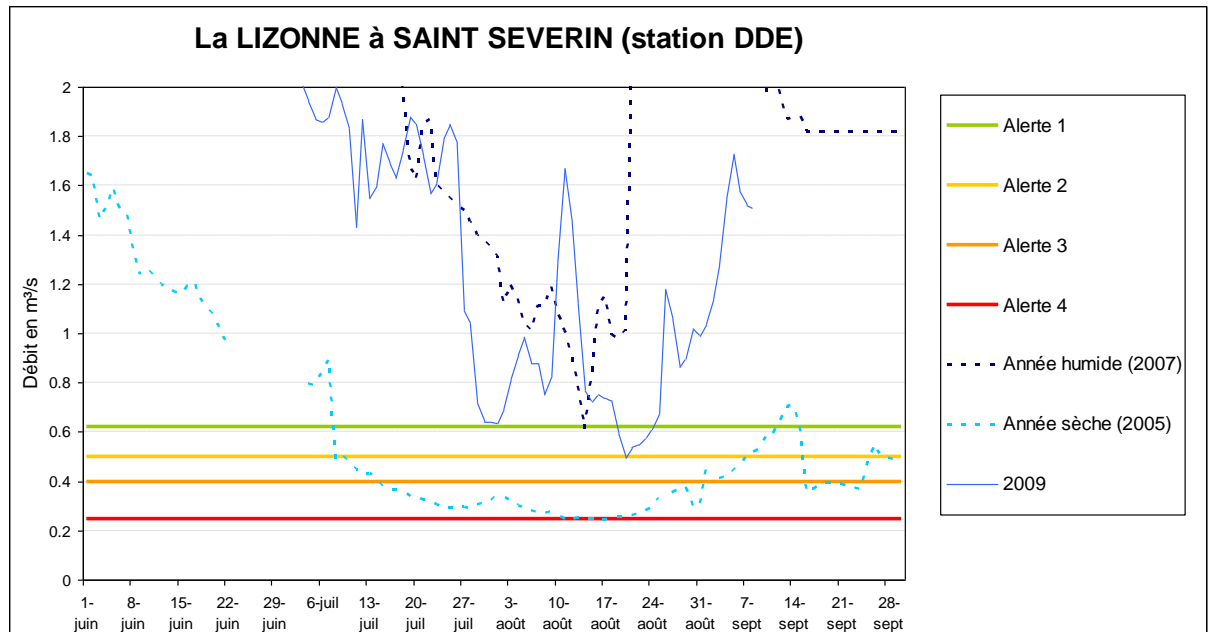


Figure 47 : Comportement de la Lizonne en période d'étiage

La gestion de la ressource actuelle (avec 4 seuils d'alerte) ne peut donc pas être améliorée en utilisant un modèle global en raison de la très forte réactivité du système.

Au sein du bassin versant de la Lizonne, les affluents de la Pude et de la Sauvanie posent particulièrement problème. Ces cours d'eau situés à l'aval du bassin versant sont localisés dans un contexte majoritairement ruisselant du fait qu'ils s'écoulent sur les formations globalement plus marneuses du Campanien alors qu'ils prennent leur source dans les formations calcaires du Coniacien et du Santonien inférieur. Dans cette configuration il est donc probable qu'en dehors des zones de sources situées à l'amont, les apports provenant des réservoirs souterrains soient relativement limités. Des stations de mesures existent sur ces cours d'eau mais l'acquisition n'y est réalisée que temporairement durant les périodes d'étiages. Par ailleurs, seuls les niveaux de la rivière sont disponibles sans correspondances avec des valeurs de débits. Un suivi en continu (stations de Nanteuil et de l'étang des Faures pour la Pude et à Durbet pour la Sauvanie) ainsi que l'établissement d'une loi hauteur débit permettraient de mieux caractériser le comportement de ces rivières vis-à-vis des précipitations et des prélèvements en rivière et d'envisager sur ce secteur une gestion plus adaptée de la ressource.



## 6. Bibliographie

**Benichou P. et Le Breton O.** (1987). Prise en compte de la topographie pour la cartographie des champs pluviométriques statistiques. La météorologie, 7ème série, n°19:23–34.

**Bichot F., Alexandre A. et Baraton A.** (2001). Gestion des eaux souterraines en Aquitaine. année 5. Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines. Atlas hydrogéologique de l'Aquitaine. BRGM/RP-51175-FR. Rapport technique, BRGM.

**Floc'h. J., Roger P., Sellier E., Platel J.P., Laville H., Raynal J., Texier J., Recoing M. et Andreieff P.** (1979). Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Nontron (734). Rapport technique, BRGM.

**Mardhel V., Gravier A., Koch-Mathian J.-Y. et Nowak C.** (2006). Cartographie de la vulnérabilité simplifiée des eaux souterraines du Bassin Seine-Normandie. application aux sites BASOL. In International symposium - Aquifers Systems Management - 30 may - 1th june 2006, Dijon France.

**Mauroux B., Saplairoles M. et Winckel A.** (2004). Piézométrie et qualité de l'aquifère Turonien-Coniacien dans la partie occidentale du Département de la Dordogne : Année 2. Rapport final - BRGM/RP-52666-FR. Rapport technique, BRGM.

**Mauroux B., Winckel A. et Dufour P.** (2003). Piézométrie de l'aquifère Turonien-Coniacien dans la partie occidentale du Département de la Dordogne : Année 1 - BRGM/RP-52258-FR. Rapport technique, BRGM.

**Platel J.P.** (1981). Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Montmoreau (733). Rapport technique, BRGM.

**Platel J.P. et Roger P.** (1978). Mise en évidence d'une formation sableuse marine littorale dans le Santonien supérieur du Nontronnais - Relations entre tectonique et sédimentation. Bull. B.R.G.M., Section I, n°1:65–68.



## **Annexe 1**

### **Corrélogrammes et recherche de corrélations**



### Auto-corrélogrammes

La recherche d'auto-corrélations dans un signal temporel consiste à évaluer le lien existant entre des données séparées de N jours. Le facteur « N » varie, ceci permettant de fournir la corrélation entre des données séparées de 1 jour, 2 jours, 10 jours, etc.

Les auto-corrélogrammes suivants (cf. Figure A1-1) ont été réalisés à l'aide du logiciel TEMPO (cf. chapitre 3.1).

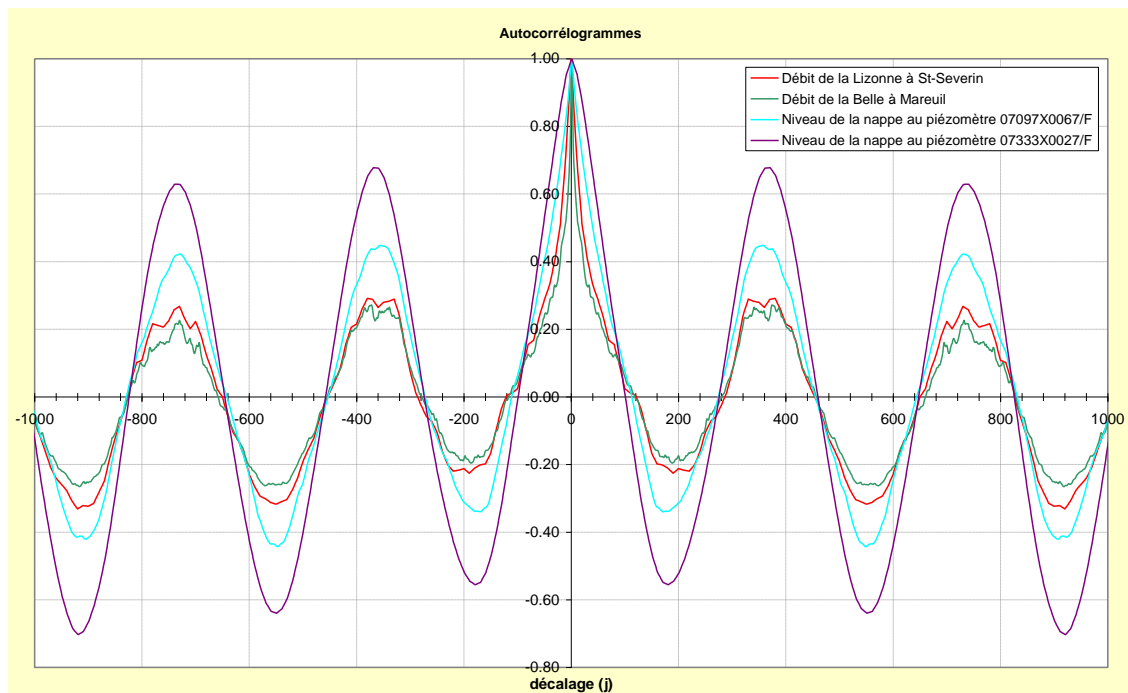


Figure A1-1 : Autocorrélogrammes des chroniques acquises sur les piézomètres 07097X0067/F et 07333X0027/F, de la chronique du débit de la Lizonne à Saint-Séverin et de celle du débit de la Belle à Mareuil

Les pics observés pour un décalage de +/- 365 et 730 jours correspondent à la répétitivité des fluctuations saisonnières de la piézométrie et du débit : une période de basses eaux en automne et une de hautes eaux dans le courant du printemps. Il s'avère que ces pics sont d'avantage marqués pour les piézomètres que pour les données de débit, ce qui est un résultat attendu compte tenu de la plus grande inertie des eaux souterraines. On observe aussi des auto-corrélations à 1 an et 2 ans qui sont extrêmement similaires pour la Lizonne à Saint-Séverin et la Belle à Mareuil. De façon générale, leurs auto-corrélogrammes sont très proches. Des deux piézomètres, le piézomètre de Dignac (07097X0067/F) est celui qui se rapproche le plus, d'après son auto-corrélogramme, des comportements observés au niveau des stations de débit.

Il n'est pas observé de cycle pluriannuel sur ces corrélogrammes. On note néanmoins la diminution progressive des maxima annuels, ce qui traduit l'existence d'un caractère légèrement pluriannuel des fluctuations enregistrées aux différents ouvrages.

Enfin, la valeur d'auto-corrélation pour un décalage de 50 jours est de 0,25 pour le débit de la Belle à Mareuil, 0,29 pour celui de la Lizonne à Saint-Séverin, 0,42 pour le piézomètre 07097X0067/F et 0,55 pour le piézomètre 07333X0027/F. Ceci traduit le caractère moins inertiel du débit par rapport à la nappe mais aussi l'existence d'un fonctionnement plus inertiel de la nappe au niveau du piézomètre de Juillaguet qu'à celui de Dignac. Globalement, ces valeurs traduisent un comportement assez peu inertiel des hydrosystèmes, qu'ils soient de surface ou souterrains.

L'auto-corrélogramme de la chronique piézométrique de La Chapelle Montabourlet (cf. Figure A1-2) a été réalisé à l'aide du logiciel TEMPO.

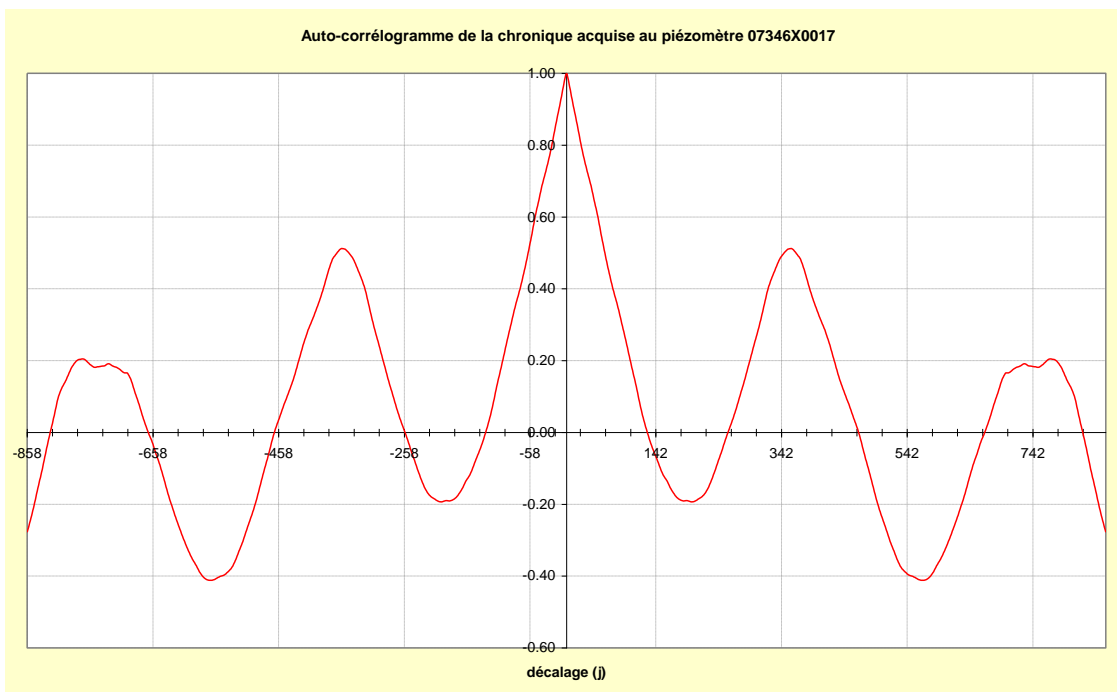


Figure A1-2 : Autocorrélogramme de la chronique acquise au piézomètre 07346X0017/F

De même que pour les autres chroniques, les pics observés pour un décalage de  $\pm 365$  et  $\pm 730$  jours correspondent à la répétitivité des fluctuations saisonnières de la piézométrie et du débit : une période de basses eaux en automne et une de hautes eaux dans le courant du printemps. Le pic observé à 1 an se situe dans la gamme de valeurs rencontrées pour les deux autres piézomètres pris en compte. Le pic à 2 ans est par contre beaucoup plus faible, ce qui pourrait s'expliquer par la faible durée de la chronique. Ce deuxième pic n'est donc pas soumis à interprétation.

La valeur d'auto-corrélation pour un décalage de 50 jours est de 0,6 pour ce piézomètre, ce qui est légèrement supérieur aux valeurs observées aux deux autres

piézomètres (0,42 pour le piézomètre 07097X0067/F et 0,55 pour le piézomètre 07333X0027/F).

### **Corrélogrammes pluie-niveaux et pluie-débit**

L'utilisation des corrélogrammes pluie-niveaux et pluie-débit permet de juger de la réactivité d'une nappe ou d'un cours d'eau à des épisodes pluvieux.

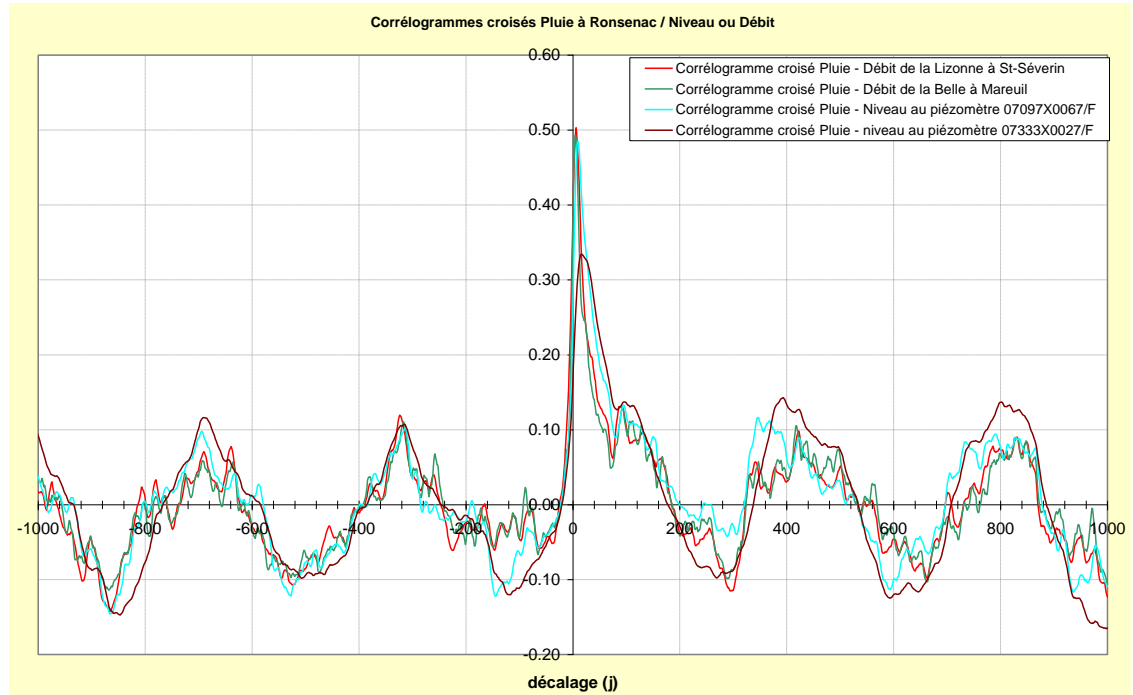


Figure A1-3 : Corrélogrammes Pluie-débit (débit de la Lizonne à Saint-Séverin et débit de la Belle à Mareuil) et Pluie-niveaux (piézomètres 07097X0067/F et 07333X0027/F)

La figure A1-3 présente les corrélogrammes pluie-niveaux pour les piézomètres de Juillaguet et de Dignac et pluie-débit (station hydrographique de la Lizonne à Saint-Séverin et de la Belle à Mareuil). C'est la station pluviométrique de Ronsenac qui a été utilisée, celle-ci présentant des résultats légèrement meilleurs que celle de Saint-Martial (cf. calcul de la pluie optimale dans le chapitre dédié à l'analyse des hydrogrammes).

Cette illustration fait tout d'abord apparaître la très grande similitude des comportements des deux séries temporelles de débit : le pic de réactivité des débits intervient à un jour d'intervalle, au bout de 5 à 6 jours et avec une intensité quasi identique (0,49 pour la Belle, 0,50 pour la Lizonne).

Le comportement plus inertiel identifié précédemment pour le piézomètre de Juillaguet est confirmé : son pic de réactivité intervient au bout de 15 jours, tandis qu'il n'est que de 8 jours pour le piézomètre de Dignac. Ces temps demeurent cependant très courts pour des chroniques piézométriques.

La corrélation entre la pluie et les signaux de débit et du niveau de la nappe à Dignac est assez forte : elle atteint de 0,50 à 0,48. Ceci dénote d'une assez bonne corrélation entre la pluie et les débits d'une part et la pluie et le niveau piézométrique à Dignac d'autre part. La corrélation entre la pluie et le niveau piézométrique à Juillaguet est moins bonne puisqu'elle ne dépasse pas 0,33.

La figure A1-4 présente le corrélogramme pluie-niveau pour le piézomètre de La Chapelle Montabourlet. On rappelle que la station pluviométrique de Ronsenac a été utilisée pour la pluie.

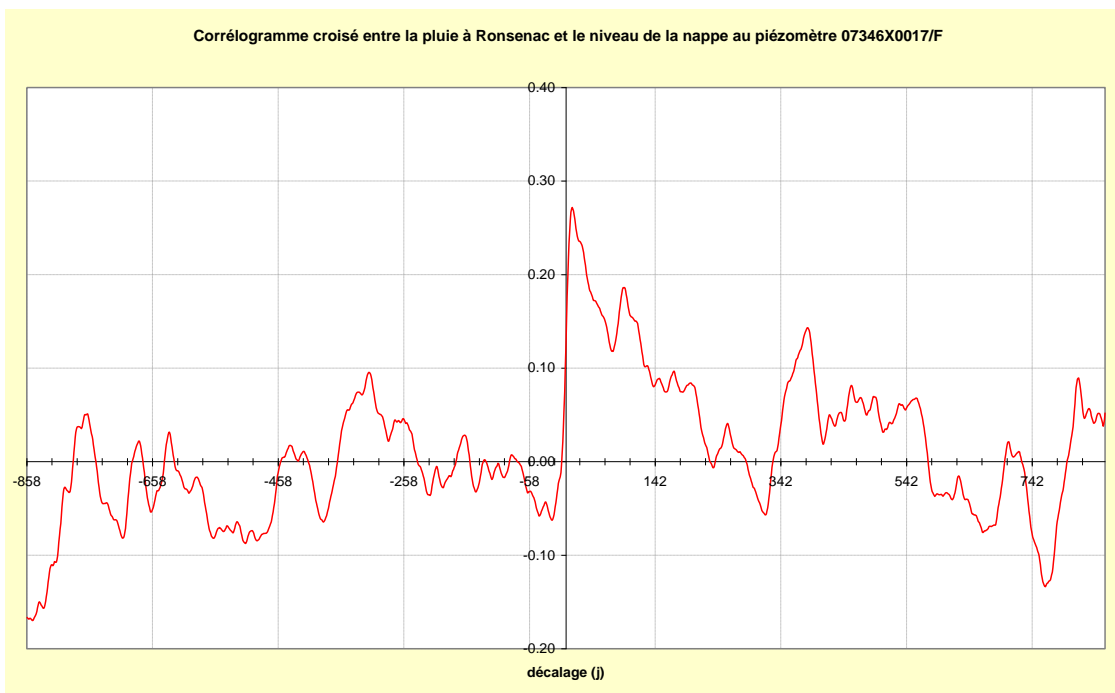


Figure A1-4 : Corrélogramme Pluie-niveau (piézomètre 07346X0017/F)

Le pic de réactivité du piézomètre de La Chapelle Montabourlet intervient au bout de 10 jours, contre 8 jours pour le piézomètre de Dignac et 15 jours pour celui de Juillaguet. Ces temps (de 8 à 15 jours) demeurent, cependant, très courts pour des chroniques piézométriques.

La corrélation entre la pluie et le niveau piézométrique à La Chapelle Montabourlet est moins bonne que pour les autres piézomètres puisqu'elle n'atteint que 0,27 (contre 0,33 pour Juillaguet et 0,48 pour Dignac). L'intensité étant liée au choix du poste pluviométrique, l'éloignement peut expliquer cette moins bonne intensité. Cette valeur se rapproche, néanmoins, des valeurs classiquement rencontrées pour des eaux souterraines.

### **Corrélogrammes débit de la Lizonne à Saint-Séverin – Niveau ou débit de la Belle à Mareuil**

La Figure A1-5 présente les corrélogrammes entre le débit de la Lizonne à Saint-Séverin et :

- le débit de la Belle à Mareuil ;
- le niveau de la nappe au piézomètre de Juillaguet (indice BSS : 07333X0027) ;
- le niveau de la nappe au piézomètre de Dignac (indice BSS : 07097X0067) ;
- Le niveau de la nappe au piézomètre de la Chapelle Montabourlet (indice BSS : 07346X0017) ;

Il en ressort une bonne corrélation entre ces signaux puisque le pic de corrélation atteint une valeur comprise entre 0,61 (pour le piézomètre de la Chapelle Montabourlet) et 0,83 pour le débit de la Belle à Mareuil. Par ailleurs, un écart dans les temps de réaction entre ces systèmes est observé. En effet, la Belle à Mareuil réagit un jour avant la Lizonne à Saint-Séverin, tandis que la nappe accuse un retard de 3 à 10 jours selon le piézomètre. Les temps de retard sont relativement similaires pour les piézomètres de Dignac et de la Chapelle Montabourlet (respectivement 3 et 4 jours). La plus grande inertie du piézomètre de Juillaguet est confirmée.

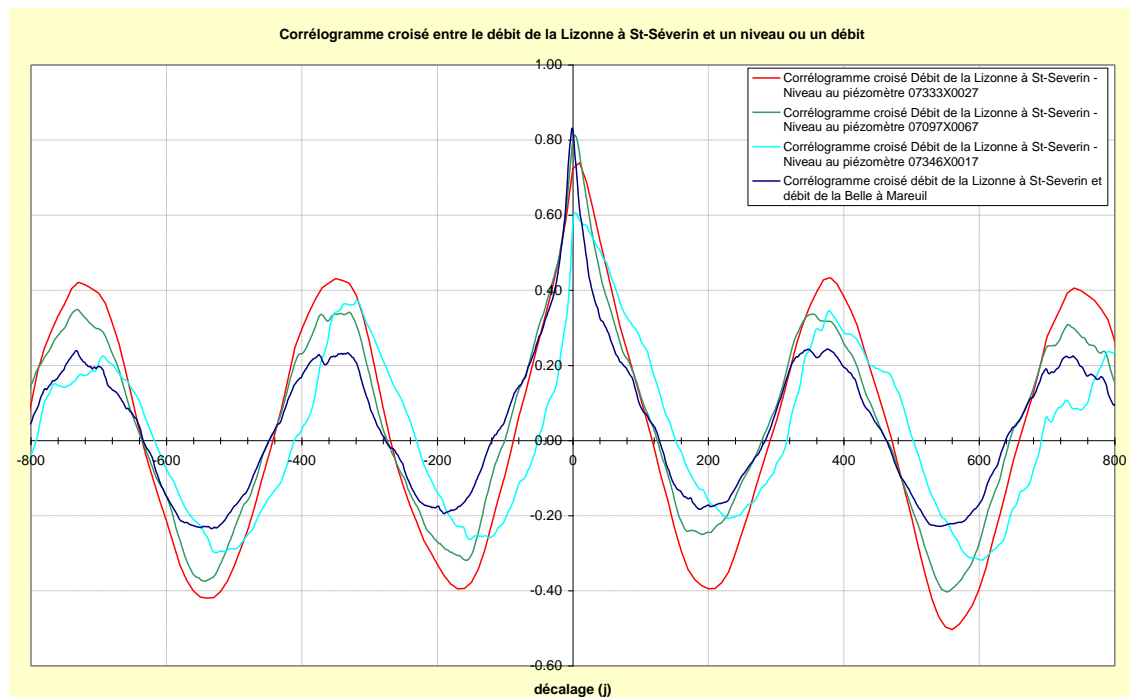


Figure A1-5 : Corrélogrammes débit de la Lizonne à Saint-Séverin / débit de la Belle à Mareuil et débit de la Lizonne à Saint-Séverin / niveaux (piézomètres 07097X0067/F et 07333X0027/F)



## **Annexe 2**

# **Corrélation entre les débits et les niveaux de nappe**



Afin d'orienter la réflexion concernant les corrélations possibles entre séries temporelles de pluie, de pluie efficace, de débit et de niveau piézométrique, une analyse en composantes principales (ACP) a été conduite sur dix séries au pas de temps annuel :

- le cumul annuel de la pluie à Ronsenac ;
- le cumul annuel de la pluie efficace calculée à la station pluviométrique de Ronsenac ;
- le QMNA de la Lizonne à Saint-Séverin et de la Belle à Mareuil ;
- le débit moyen annuel écoulé par la Lizonne à Saint-Séverin et par la Belle à Mareuil ;
- le niveau moyen annuel aux piézomètres de Dignac et de Juillaguet ;
- le niveau journalier minimal enregistré chaque année aux piézomètres de Dignac et de Juillaguet ;
- le niveau mensuel minimal enregistré chaque année aux piézomètres de Dignac et de Juillaguet.

Cette ACP a montré que les meilleures corrélations étaient obtenues, dans l'ordre décroissant (hormis les corrélations évidentes, telle que celle entre le niveau journalier minimal et le niveau mensuel minimal enregistré au piézomètre de Dignac) :

- entre le débit moyen de la Lizonne à Saint-Séverin et celui de la Belle à Mareuil (cf. Figure A2-1,  $R^2 = 0,94$ ) ;
- entre le débit moyen annuel de la Belle et le niveau moyen annuel au piézomètre de Dignac (cf. Figure A2-3,  $R^2 = 0,92$ ) ;
- entre le débit moyen annuel de la Lizonne à Saint-Séverin et le niveau moyen annuel au piézomètre de Dignac (cf. Figure A2-4,  $R^2 = 0,86$ ) ;
- entre le niveau moyen annuel au piézomètre de Dignac et celui observé au piézomètre de Juillaguet (cf. Figure A2-5,  $R^2 = 0,81$ ) ;
- entre le QMNA de la Lizonne à Saint-Séverin et celui de la Belle à Mareuil (cf. Figure A2-2  $R^2 = 0,79$ ).

Compte tenu de la valeur du coefficient de détermination, les deux dernières corrélations sont peu probantes. Globalement, il en ressort que :

- les débits moyens annuels de la Lizonne à Saint-Séverin et de la Belle à Mareuil sont très bien corrélés ;

- le niveau moyen annuel de la nappe au piézomètre de Dignac est bien corrélé aux débits moyens annuels de la Belle à Mareuil et de la Lizonne à Saint-Séverin.

Il apparaît notamment que le piézomètre de Dignac fournit – vis-à-vis des débits – de meilleurs corrélations que celui de Juillaguet. Par ailleurs, les corrélations entre les débits minimaux annuels et les niveaux minimaux annuels sont peu probantes, que ce soit à un pas de temps journalier ou mensuel. Là encore, les meilleurs résultats sont obtenus pour le piézomètre de Dignac (notamment avec le débit de la Belle).

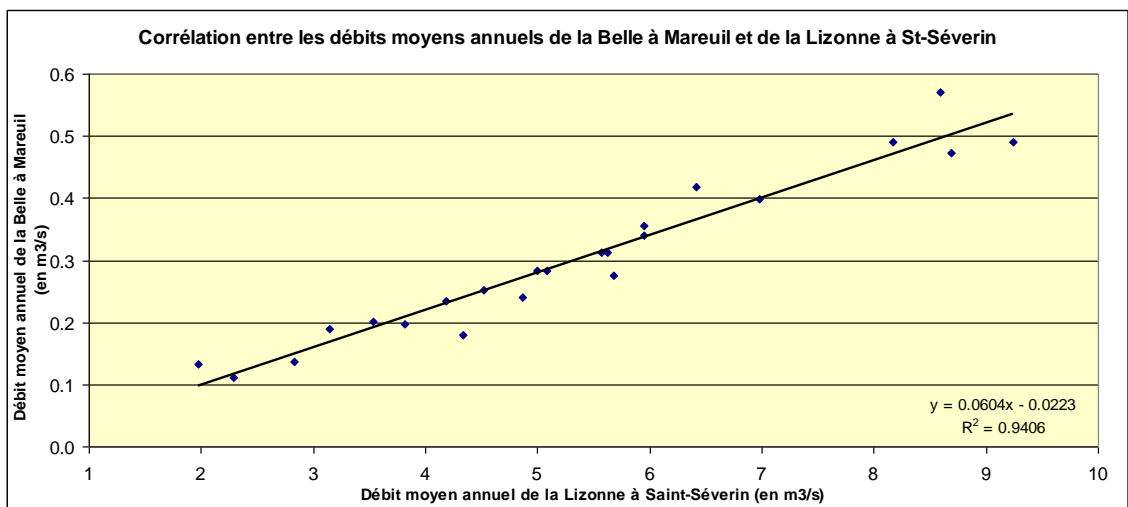


Figure A2-1 : Corrélation entre le débit moyen annuel de la Belle à Mareuil et celui de la Lizonne à Saint-Séverin

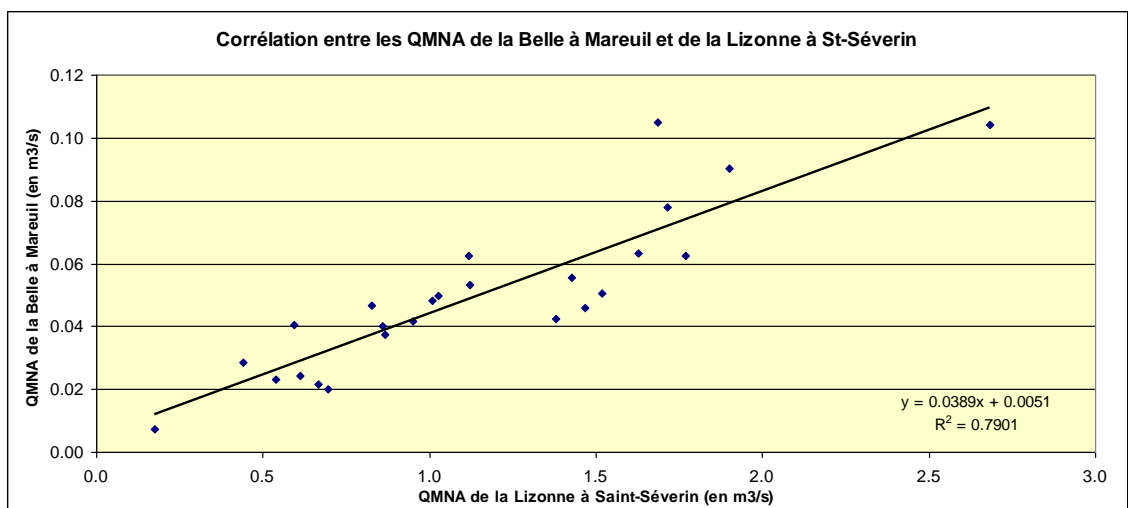


Figure A2-2 : Corrélation entre le QMNA de la Belle à Mareuil et celui de la Lizonne à Saint-Séverin

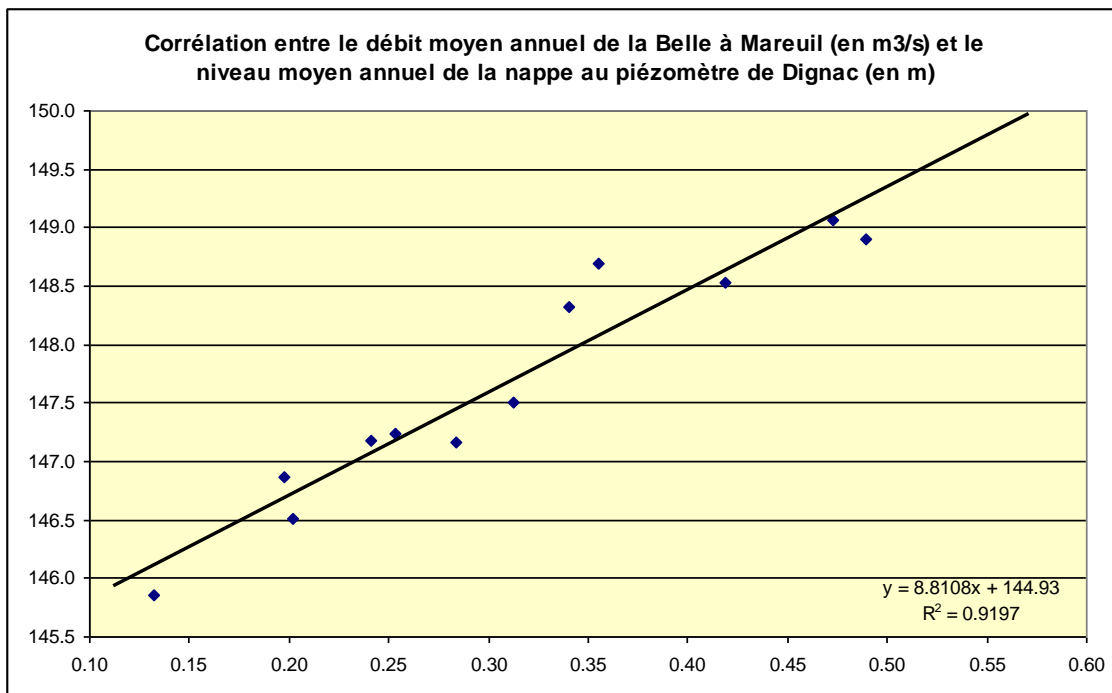


Figure A2-3 : Corrélation entre le débit moyen annuel de la Belle à Mareuil et le niveau moyen annuel de la nappe au piézomètre de Dignac

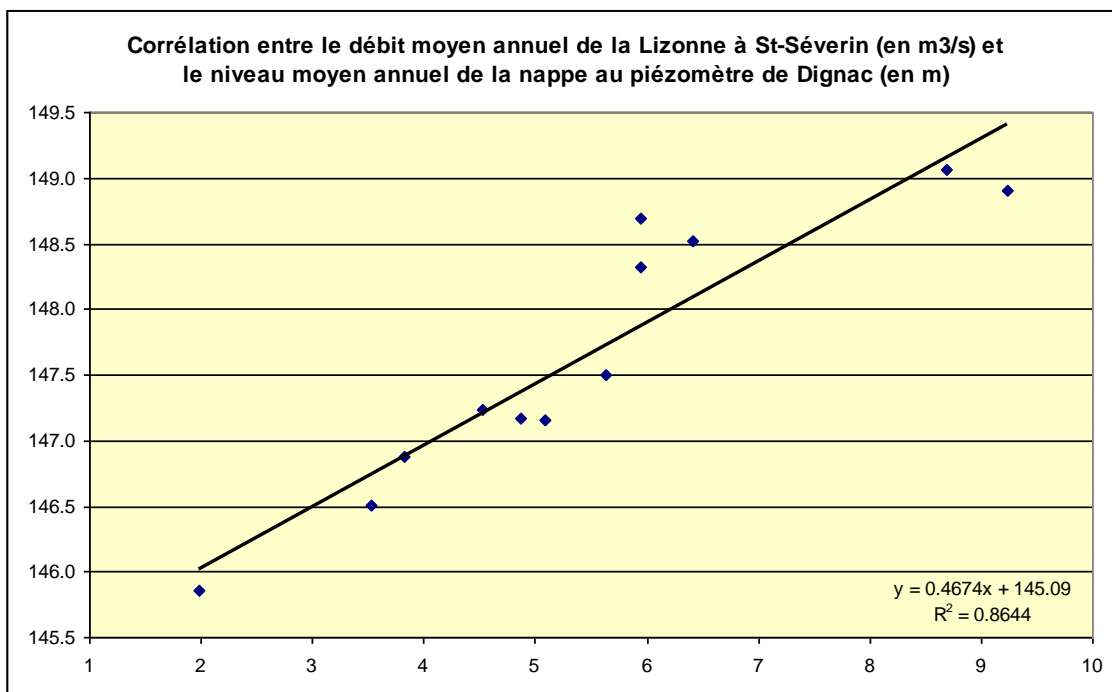


Figure A2-4 : Corrélation entre le débit moyen annuel de la Lizonne à Saint-Séverin et le niveau moyen annuel de la nappe au piézomètre de Dignac

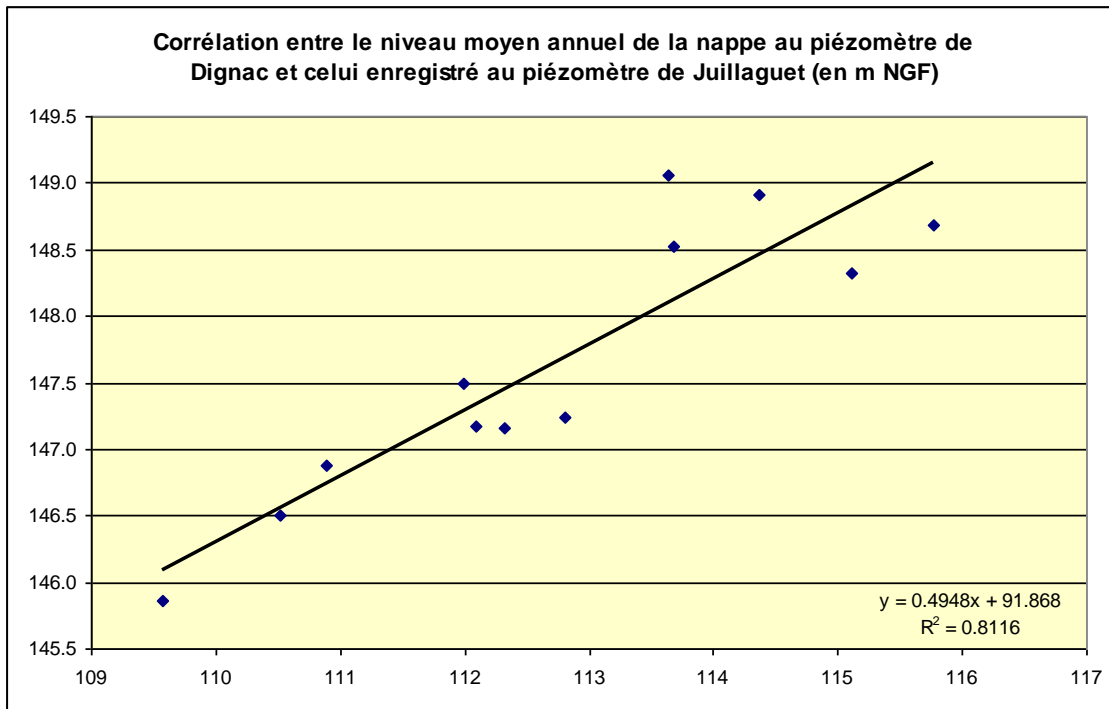


Figure A2-5 : Corrélation entre les niveaux moyens annuels de la nappe enregistrés aux piézomètres de Dignac et de Juillaguet

En complément de l'analyse en composantes principales (ACP) présentée précédemment, une recherche de corrélation a été conduite de façon systématique sur les séries de niveaux annuels minimal, moyen et maximal enregistrés au piézomètre de la Chapelle Montabourlet. Ces essais ont été effectués sur une période comprise entre 2002 et 2009, d'une durée de sept années pour les extrema et de six années pour la moyenne.

Par rapport aux deux chroniques de débits (cf. figure A2-6 et A2-7), de bons résultats sont obtenus sur les niveaux et débits moyens ( $R^2 = 0,9$ ). Les corrélations sont assez similaires à ce qui est obtenu sur la même période pour le piézomètre de Dignac, et meilleur au résultat obtenu avec le piézomètre de Juillaguet. Les corrélations entre niveaux minimaux annuels et QMNA ne sont pas probantes.

Les essais de corrélations entre niveaux mesurés aux différents piézomètres donnent des résultats assez semblables (cf. Figure A2-8 :

- pas de corrélation entre niveaux minimaux (graphiques non présentés) ;
- bonne corrélation entre niveaux maximaux (de 0,90 à 0,95) ;
- corrélation moyenne entre les niveaux moyens du piézomètre de La Chapelle Montabourlet et d'un autre piézomètre (0,81 et 0,86) ; bonne corrélation entre ceux de Juillaguet et Dignac (0,95). Sur une période plus longue, ce dernier résultat est dégradé (0,81).

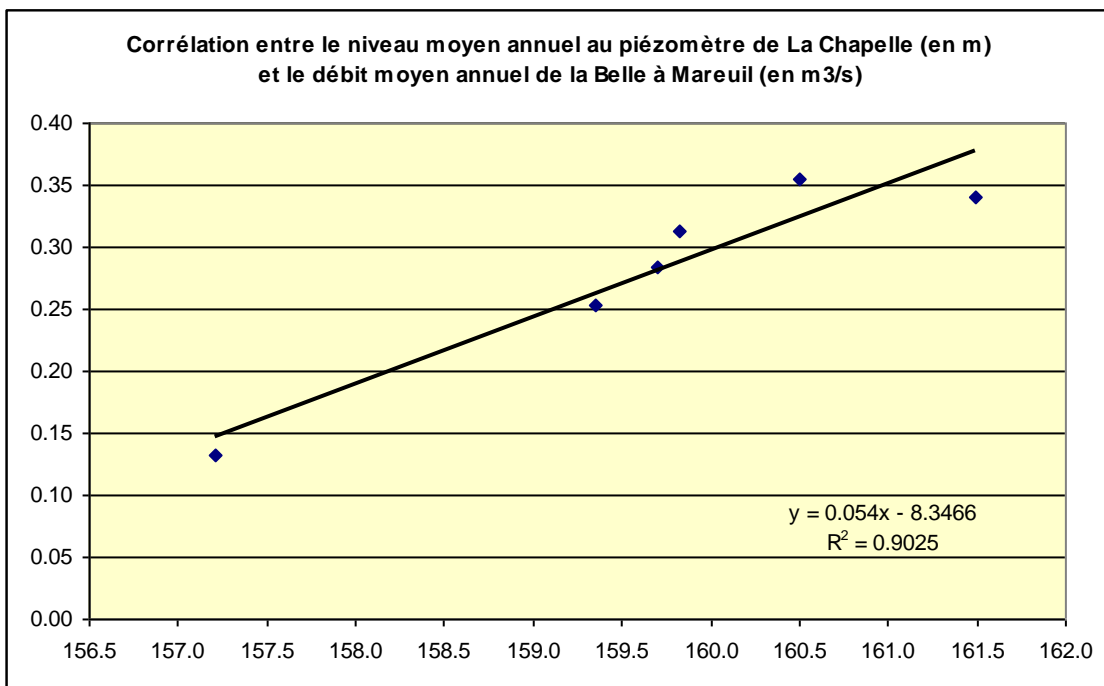


Figure A2-6 : Corrélation entre le débit moyen annuel de la Belle à Mareuil et le niveau moyen annuel de la nappe au piézomètre de La Chapelle Montabourlet

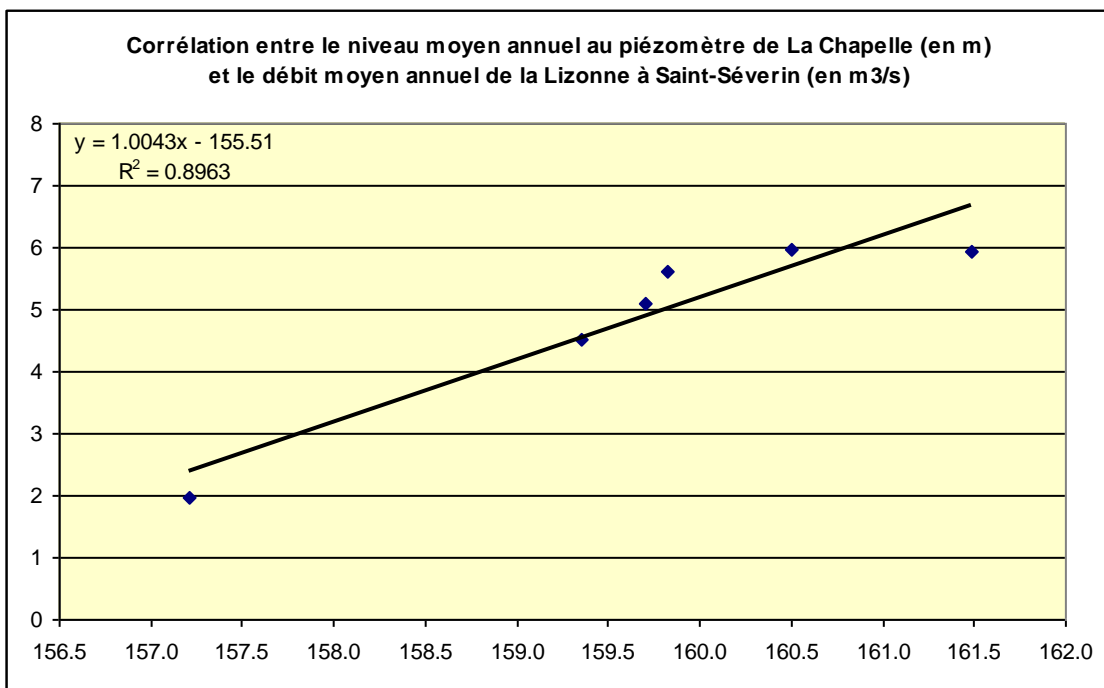


Figure A2-7 : Corrélation entre le débit moyen annuel de la Lizonne à Saint-Séverin et le niveau moyen annuel de la nappe au piézomètre de La Chapelle Montabourlet

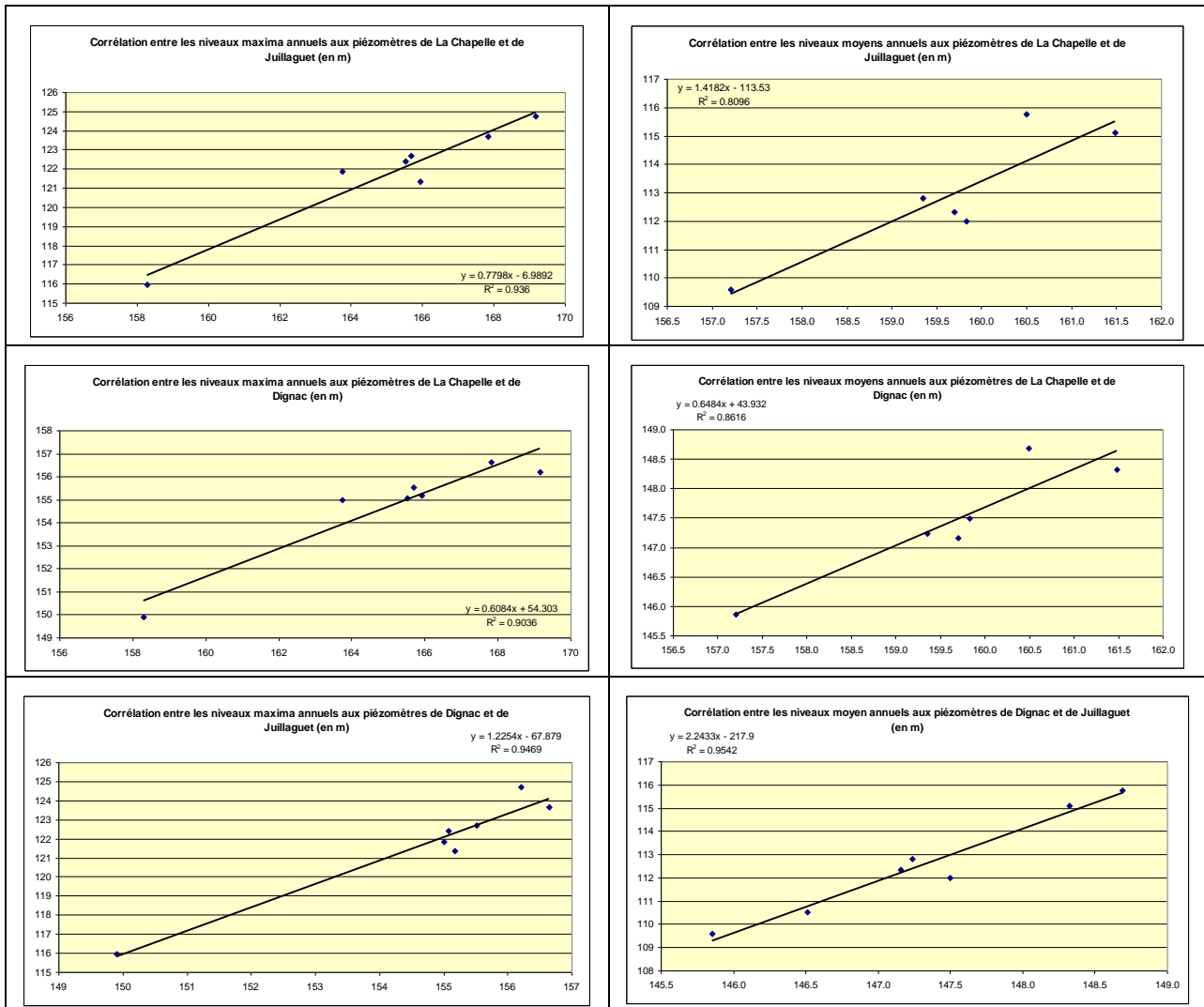


Figure A2-8 : Corrélation entre les niveaux annuels de la nappe enregistrés aux piézomètres de Dignac, Juillaguet et de La Chapelle Montabourlet (maxima annuels à gauche, niveaux moyens annuels à droite)

## **Annexe 3**

### **Recherche de tendances**



Différents tests statistiques visent à valider l'hypothèse d'une tendance ou d'une rupture dans une série de données. Par exemple, les tests de Buishand, de Pettitt, Mann-Kendall, la segmentation de Hubert ou encore la méthode bayésienne de Lee et Heghinian sont régulièrement utilisés. Des logiciels permettent de les mettre en œuvre (« R », « Khronostat »...). Dans sa thèse sur les extrêmes hydrologiques et le changement climatique, B. Renard propose un logigramme visant à sélectionner le test approprié en fonction du type de données à analyser.

Travaillant sur des données d'occurrence annuelle, ce logigramme nous a conduits à retenir notamment le test de Mann-Kendall. Il s'agit d'un test non paramétrique (c'est-à-dire qu'il ne fait pas intervenir de paramètres d'une distribution hypothétique, comme par exemple la variance d'une distribution normale), visant à détecter des tendances dans des séries chronologiques. Le résultat est fourni sous la forme d'une significativité (que l'on pourrait traduire par un seuil de confiance) dans le rejet d'une hypothèse d'absence de tendance dans la série de données. Le test de Mann-Kendall fournit une valeur appelée S dans la littérature et dont le signe précise le caractère à la baisse ou à la hausse de la tendance.

### **Données climatiques**

#### ***La pluie à Ronsenac et à Saint-Martial***

La Figure A3-1 présente le cumul annuel de la pluie aux stations météorologiques de Ronsenac et de Saint-Martial et la Figure A3-2 la corrélation dans le temps entre ces cumuls. Il en ressort :

- une corrélation assez moyenne entre les cumuls annuels des deux stations, celle-ci reproduisant néanmoins les grandes tendances pluviométriques ;
- une baisse de la pluviométrie moyenne durant les dix dernières années. Ceci est confirmé par le calcul de la moyenne du cumul annuel sur les dix premières et les dix dernières années (cf. Tableau A3-1). Une baisse de l'ordre de 5 à 7 % est observée.

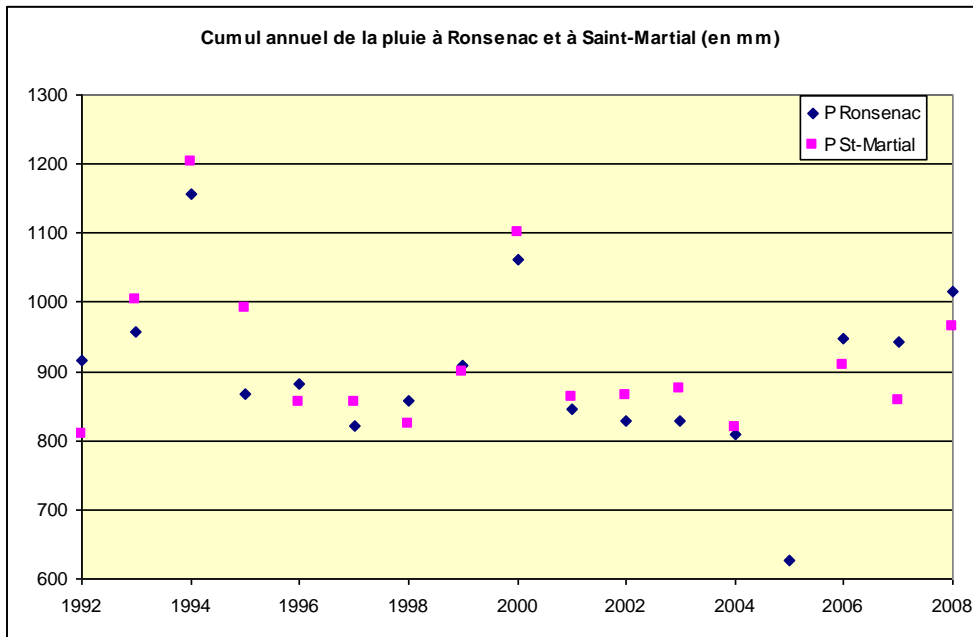


Figure A3-1 : Cumul annuel de la pluie de 1992 à 2008 aux stations météorologiques de Saint-Martial et de Ronsenac (source des données : météoFrance)

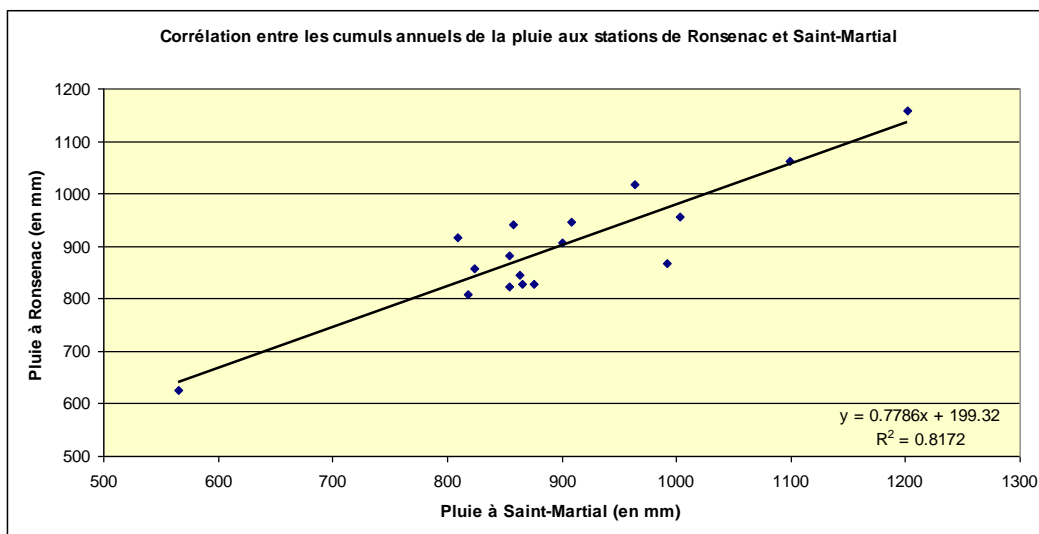


Figure A3-2 : Corrélation entre les cumuls annuels de la pluie entre 1992 et 2008 aux stations météorologiques de Saint-Martial et de Ronsenac (source des données : météoFrance)

	P St-Martial	P Ronsenac
1992-2001	<b>940.2</b>	<b>927.2</b>
1999-2008	<b>871.8</b>	<b>880.9</b>

Tableau A3-1 : Moyenne du cumul annuel de la pluie (en mm) entre 1992 et 2001 et entre 1999 et 2008

Cette baisse ne se traduit pas néanmoins par l'observation d'une tendance à la baisse au travers du test de Mann-Kendall. Le même test appliqué à la moyenne glissante sur 3 ans des cumuls annuels fait apparaître une tendance à la baisse avec une significativité de 95 % (Figure A3-3).

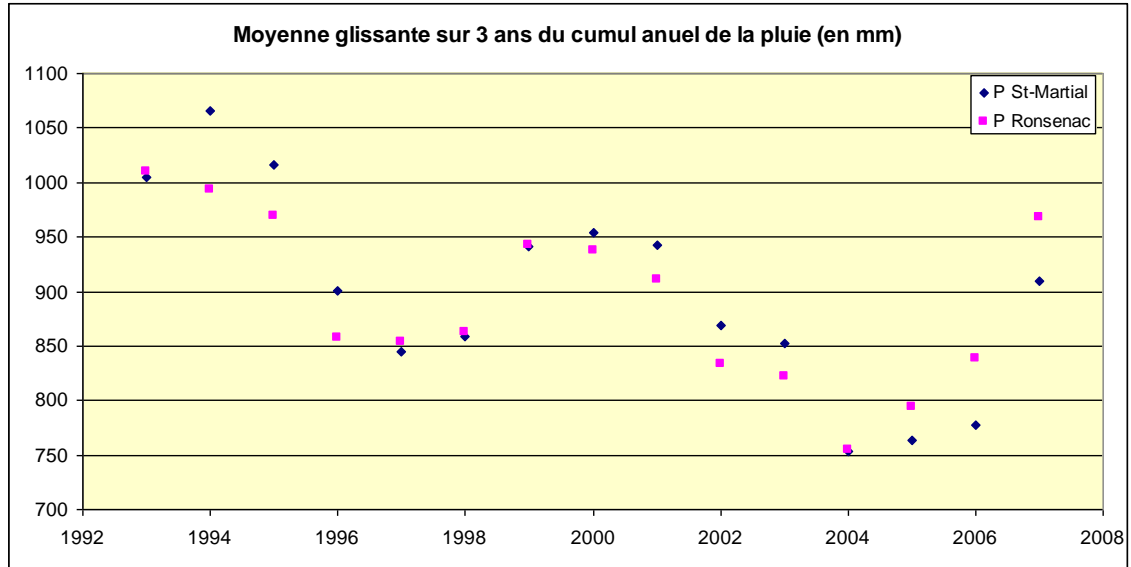


Figure A3-3 : Moyenne glissante sur 3 ans du cumul annuel de la pluie aux stations de Ronsenac et de Saint-Martial (l'année indiquée correspond au centre des années utilisées pour le calcul de la moyenne)

En conclusion, si des indices font état d'une baisse de la pluviométrie sur les deux postes pris en compte, il se peut que cette baisse demeure conjoncturelle, non représentative d'une tendance à long terme. Cette question serait à confirmer ou à infirmer à l'avenir.

### **L'ETP à La Couronne**

La représentation graphique de l'évolution des cumuls annuels de l'ETP à la Couronne (cf. Figure A3-4) ne fait pas apparaître une tendance à la baisse ou à la hausse. On observe néanmoins :

- l'existence de cumuls particulièrement faibles en 1992 et 1993 ;
- des séries de trois années en croissance (1999-2001, 2004-2006) ou en décroissance (1994-1996, 1997-1999 et 2006-2008) de l'évapotranspiration.

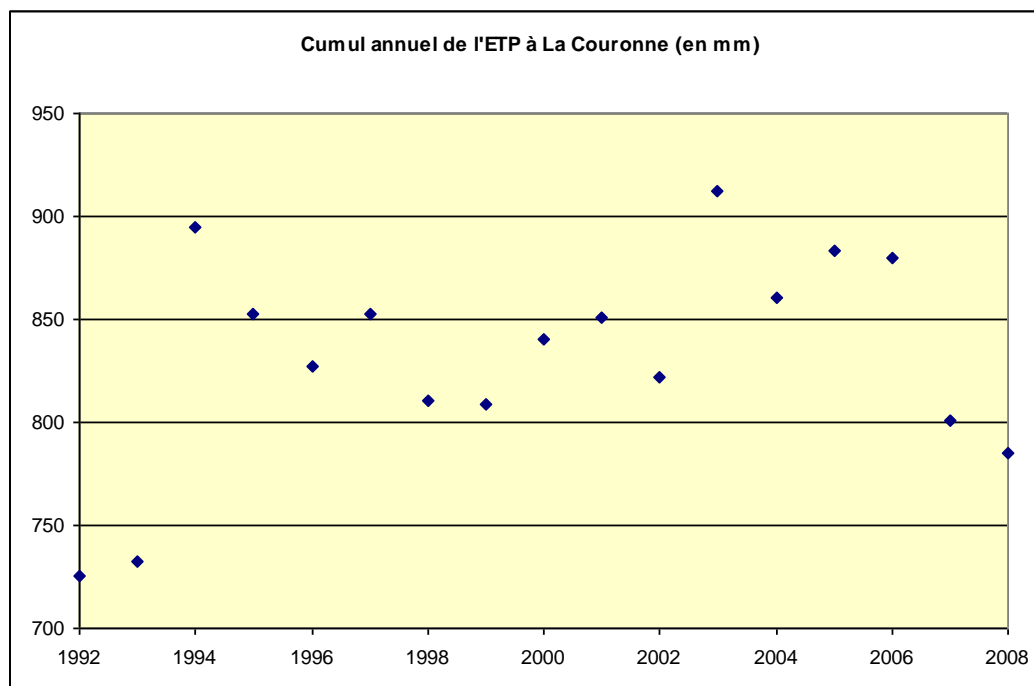


Figure A3-4 : Cumul annuel de l'évapotranspiration à la station de La Couronne entre 1992 et 2008

Le calcul de la moyenne du cumul annuel sur les dix premières et les dix dernières années (cf. Tableau A3-2) ne traduit pas une tendance quelconque. La valeur légèrement plus faible obtenue pour les années 1992-2001 est en effet explicable par les deux années à déficit évaporatoire (1992 et 1993).

	ETP La Couronne
1992-2001	<b>819.7</b>
1999-2008	<b>844.3</b>

Tableau A3-2 : Moyenne du cumul annuel de l'ETP (en mm) entre 1992 et 2001 et entre 1999 et 2008

Le test de Mann-Kendall ne fait pas apparaître de tendance à la hausse sur cette série temporaire. Le même test appliqué à la moyenne glissante sur 3 ans de l'ETP (cf. Figure A3-5) présente une tendance à la hausse avec une significativité de 90 %, ce qui demeure assez faible compte tenu notamment du nombre d'années prises en compte.

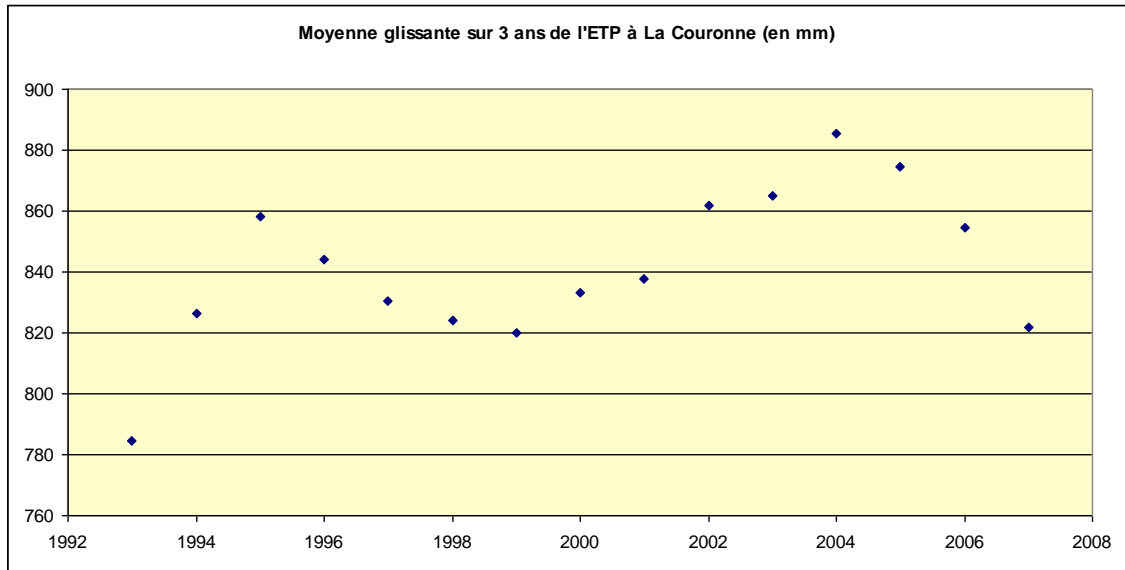


Figure A3-5 : Moyenne glissante sur 3 ans de l'ETP à La Couronne (l'année indiquée correspond au centre des années utilisées pour le calcul de la moyenne)

En conclusion, si nous ne pouvons pas affirmer qu'il existe une augmentation du cumul annuel de l'ETP sur la période 1992-2009, il serait intéressant de vérifier cette hypothèse à l'avenir, sur une série temporelle plus longue. Par contre, il est à noter que la Figure A3-5 fait apparaître l'existence de deux cycles de croissance/décroissance de l'ETP : un premier de 1992 à 1999 et un second de 1999 à 2008.

**La pluie efficace à Ronsenac et à Saint-Martial**

Un calcul de pluie efficace a été mené au pas de temps semi-quotidien (les données d'évapotranspiration sont décadaires) sur les stations pluviométriques de Ronsenac et Saint-Martial. La RFU a été ici supposée égale à 100 mm et un cumul a été effectué par année hydrologique (cf. Figure A3-6).

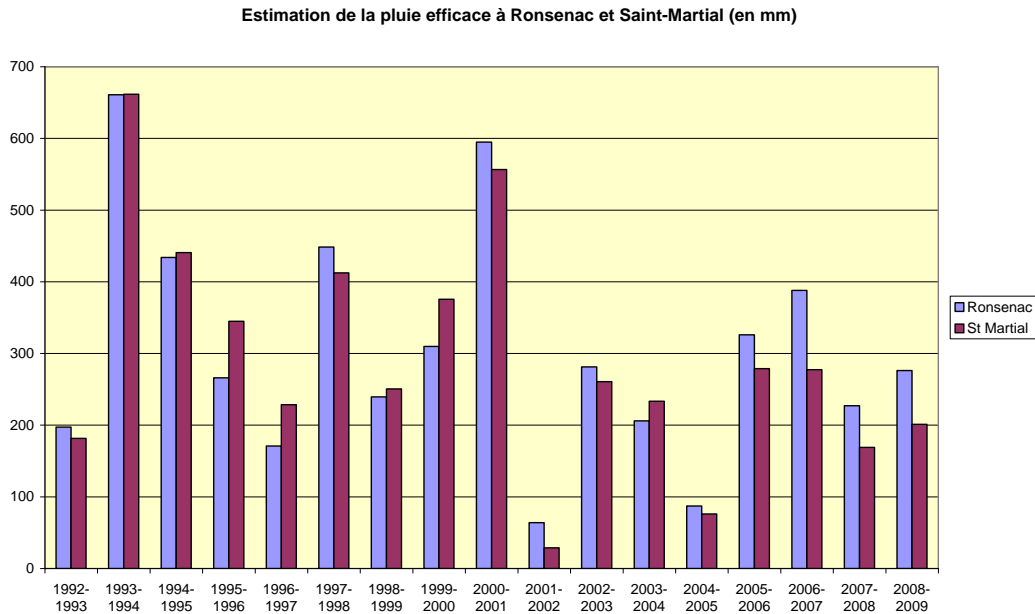


Figure A3-6 : Cumul de la pluie efficace par année hydrologique aux stations pluviométriques de Ronsenac et de Saint-Martial de 1992-93 à 2008-09

La corrélation est assez bonne entre les résultats obtenus pour chacune des stations pluviométriques (cf. Figure A3-7;  $R^2 = 0,9$ ).

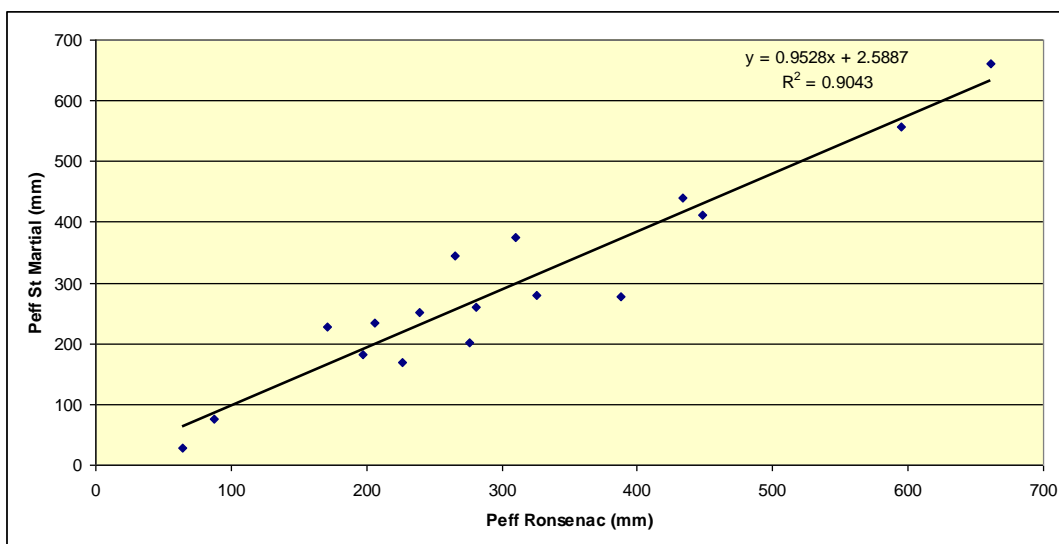


Figure A3-7 : Corrélation entre les cumuls annuels de la pluie efficace entre 1992-93 et 2008-09, calculés aux stations météorologiques de Saint-Martial et de Ronsenac

	Peff Ronsenac	Peff St-Martial
1992-2001	<b>338</b>	<b>348</b>
1999-2008	<b>276</b>	<b>246</b>

Tableau A3-3 : Moyenne du cumul annuel de la pluie efficace (en mm) entre 1992 et 2001 et entre 1999 et 2008

Le calcul de la moyenne du cumul annuel sur les dix premières et les dix dernières années (cf. Tableau A3-3) traduit une baisse de la pluie efficace, de 18 % à Ronsenac et de près de 30 % à Saint-Martial. Cette observation ne se traduit pas dans les faits de façon linéaire, le cumul annuel de la pluie efficace présentant des cycles (baisse de 1993-94 à 1996-97 et de 2002-03 à 2004-05, hausse de 1998-99 à 2000-01).

Le test de Mann-Kendall appliqué au cumul annuel de la pluie efficace pour les deux postes pluviométriques ne fait pas apparaître de tendance. Le même test appliqué à la moyenne glissante sur 3 ans (cf. Figure A3-8) fournit le résultat suivant :

- pluie efficace calculée pour la station de Ronsenac : pas de tendance significative ;
- pluie efficace calculée pour la station de Saint-Martial : tendance à la baisse identifiée avec une significativité de 99 %.

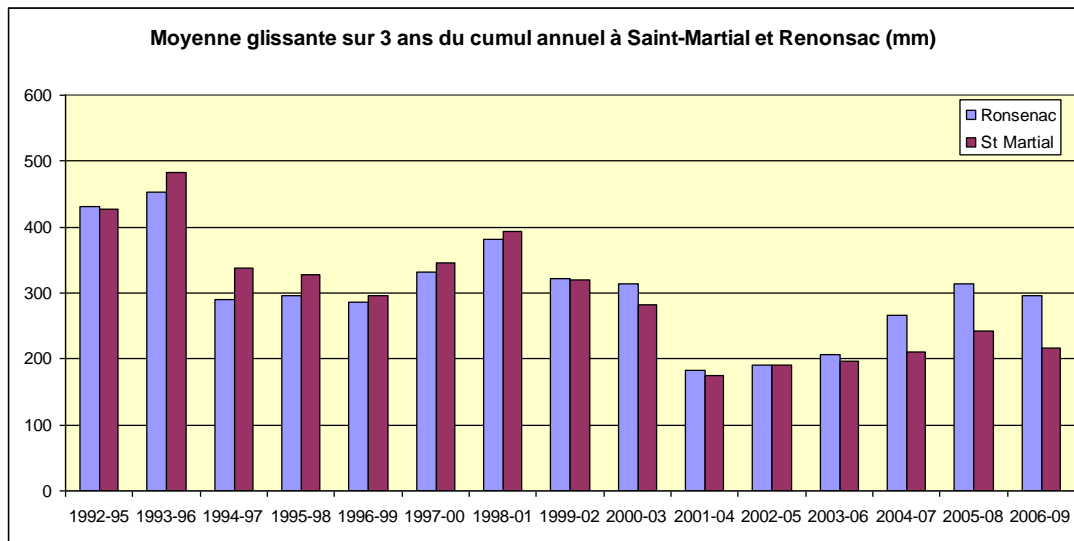


Figure A3-8 : Moyenne glissante sur 3 ans du cumul annuel de la pluie efficace aux stations de Ronsenac et de Saint-Martial (l'année indiquée correspond au centre des années utilisées pour le calcul de la moyenne)

En conclusion, de même que pour la pluviométrie, si des indices font état d'une baisse de la pluie efficace sur les deux postes pluviométriques pris en compte, il paraît nécessaire de confirmer cette tendance sur une période plus longue.

**Données hydrologiques**

Les figures A3-9 et A3-10 présentent l'évolution temporelle du QMNA de la Lizonne à Saint-Séverin et de la Belle à Mareuil. Ces graphiques ne font pas apparaître visuellement une quelconque tendance. Il en va de même des tableaux A3-4 et A3-5 qui présentent le débit moyen des deux cours d'eau par tranches de dix ans.

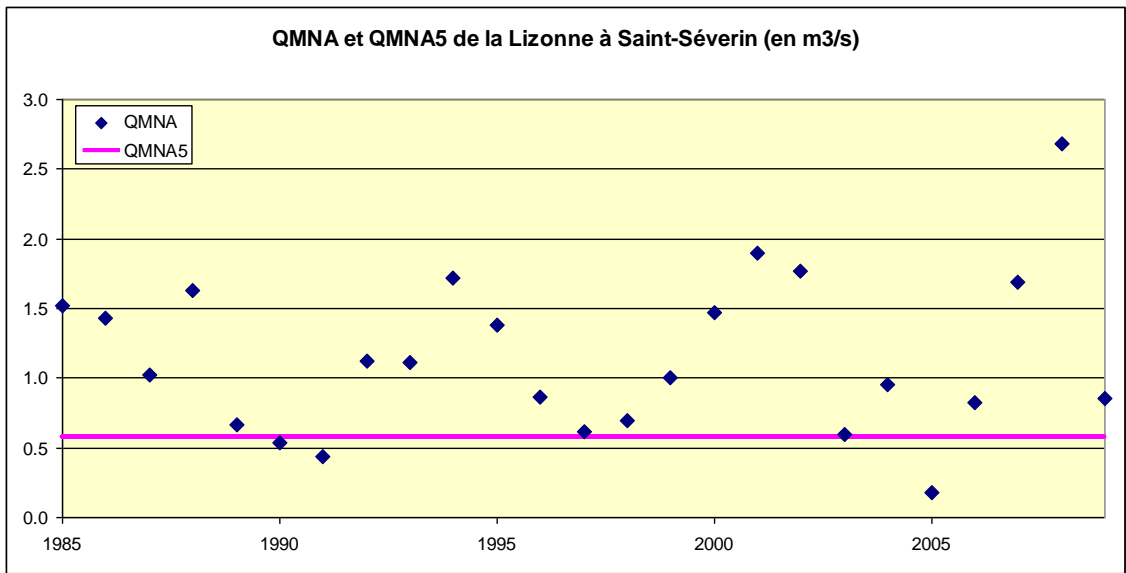


Figure A3-9 : QMNA et QMNA5 de la Lizonne à Saint-Séverin

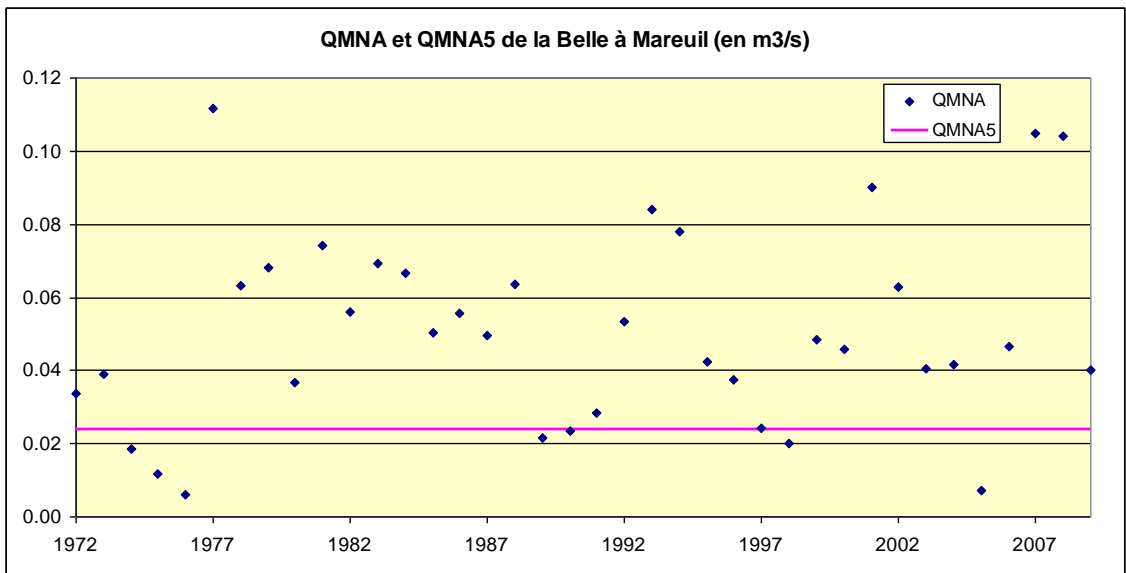


Figure A3-10 : QMNA et QMNA5 de la Belle à Mareuil

(en m <sup>3</sup> /s)	1986-1995	1993-2002	1999-2008
Débit moyen de la Lizonne	5.19	6.14	5.54

Tableau A3-4 : Débit moyen de la Lizonne à Saint-Séverin par tranches de 10 années (en m<sup>3</sup>/s)

(en m <sup>3</sup> /s)	1972-1981	1982-1991	1992-2001	1999-2008
Débit moyen de la Belle	0.33	0.31	0.34	0.31

Tableau A3-5 : Débit moyen de la Belle à Mareuil par tranches de 10 années (en m<sup>3</sup>/s)

Le test de Mann-Kendall a été mis en œuvre sur le débit journalier minimal annuel, le débit journalier moyen annuel, ainsi que sur le QMNA (1985-2009 pour la Lizonne, 1972-2009 pour la Belle à Mareuil). Ce test ne détecte pas de tendance dans les six séries temporelles.

En conclusion, il n'a pas été identifié de tendance sur les débits de la Lizonne à Saint-Séverin et de la Belle à Mareuil.

### Données piézométriques

Les Figure A3-11 et A3-12 présentent respectivement l'évolution du niveau piézométrique minimal mesuré aux deux piézomètres de Dignac et de Juillaguet entre 1993 et 2009. L'examen visuel de ces chroniques laisse supposer l'existence d'une tendance à la hausse des niveaux minima, modulo des fluctuations plus ou moins cycliques.

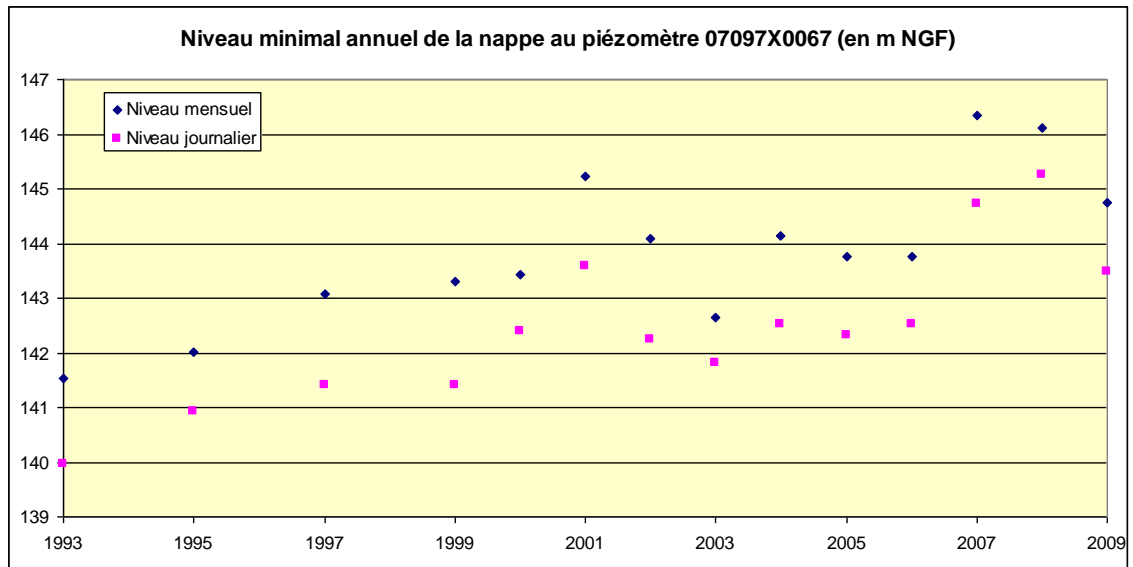


Figure A3-11 : Niveau minimal annuel de la nappe au piézomètre 07097X0067

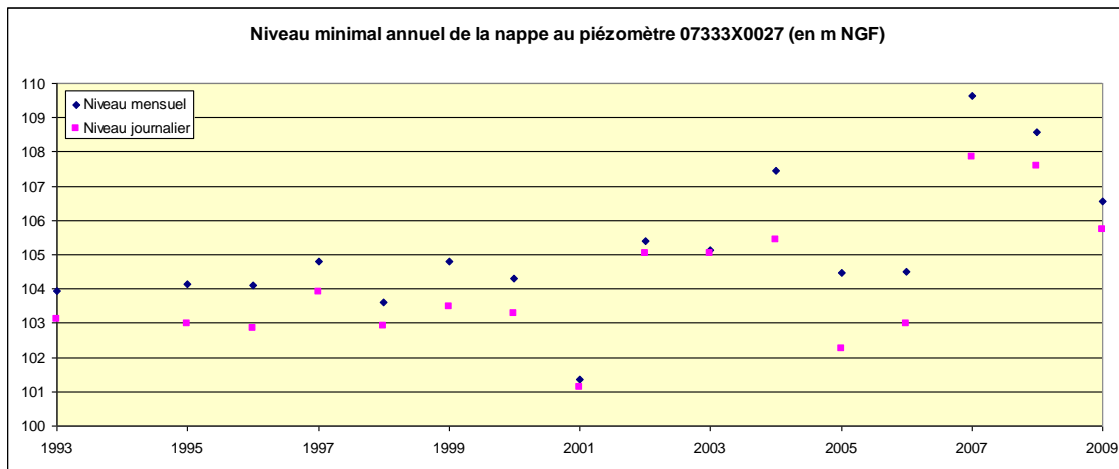


Figure A3-12 : Niveau minimal annuel de la nappe au piézomètre 07333X0027

Cette observation est confirmée par l'application du test de Mann-Kendall sur les séries chronologiques. Les résultats suivants sont obtenus :

- piézomètre de Juillaguet (07333X0027/F) : une tendance à la hausse est identifiée avec une significativité de 95 %. En appliquant le test sur une moyenne glissante sur 3 ans du niveau minimal, la significativité passe à 99 % ;
- piézomètre de Dignac (07097X0067/F) : une tendance à la hausse est identifiée avec une significativité de 99 %. Néanmoins, plusieurs années sont manquantes (1994, 1996 et 1998), les données n'étant pas disponibles pour ces années là sur la totalité de la période de basses eaux.

Ce résultat est étonnant puisqu'il peut paraître contradictoire avec l'hypothèse de tendance à la baisse entrevue pour la pluie efficace durant la même période.

Cette tendance identifiée sur les niveaux minimaux n'est pas observée sur les niveaux moyens et maximaux annuels (cf. figures A3-13 et A3-14). Le test de Mann-Kendall appliqué à ces séries temporelles ne détecte, en effet, aucune tendance significative.

Plusieurs hypothèses pourraient être émises afin d'expliquer la tendance à la hausse observée sur les niveaux de basses eaux. Nous pouvons citer par exemple :

- la diminution des propriétés hydrodynamiques des piézomètres ;
- la baisse de l'impact estival de pompages en nappe situés dans le voisinage ;
- la mise en place d'un seuil en rivière influant sur le niveau de base de la nappe...

Des informations, voire des investigations complémentaires seraient nécessaires pour pouvoir apporter une réponse.

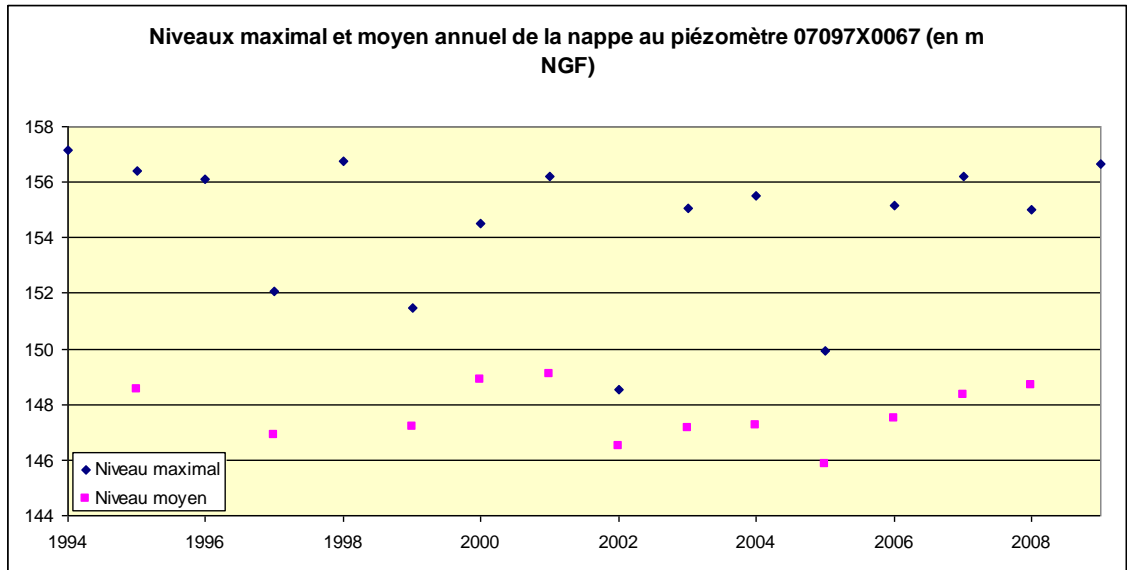


Figure A3-13 : Niveaux moyen et maximal annuel de la nappe au piézomètre 07097X0067

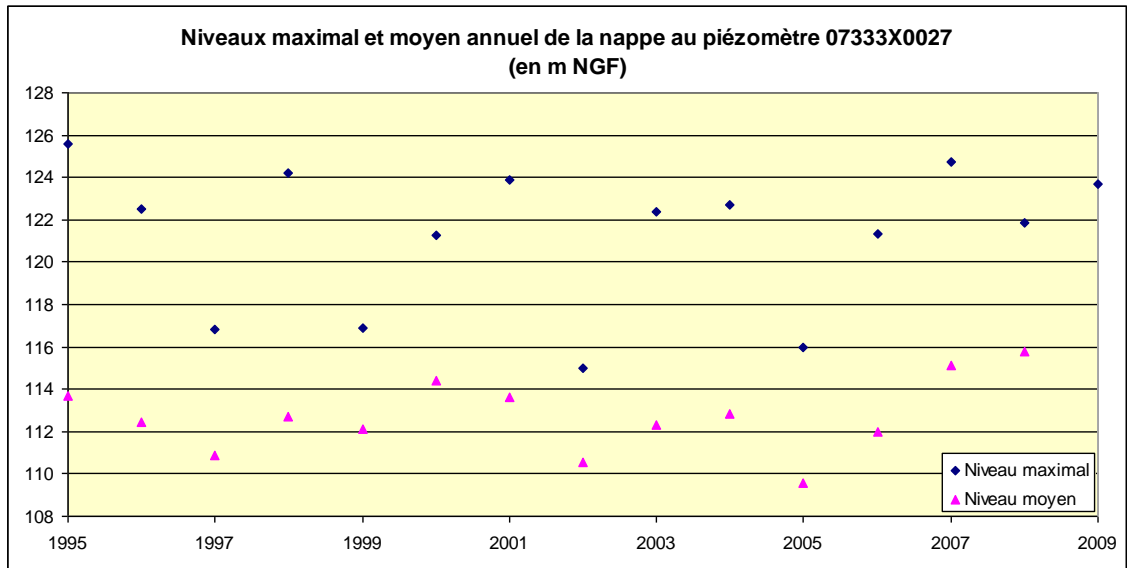


Figure A3-14 : Niveaux moyen et maximal annuel de la nappe au piézomètre 07333X0027

La courte chronique disponible sur le piézomètre de la Chapelle Montabourlet (2002-09) ne permet pas de réaliser une analyse de tendance à proprement parlé. Un examen visuel de la chronique sur l'ensemble de la période ne fait pas apparaître de tendance identifiable, y compris sur les niveaux minimal, moyen et maximal annuels (cf. Figure A3-15).

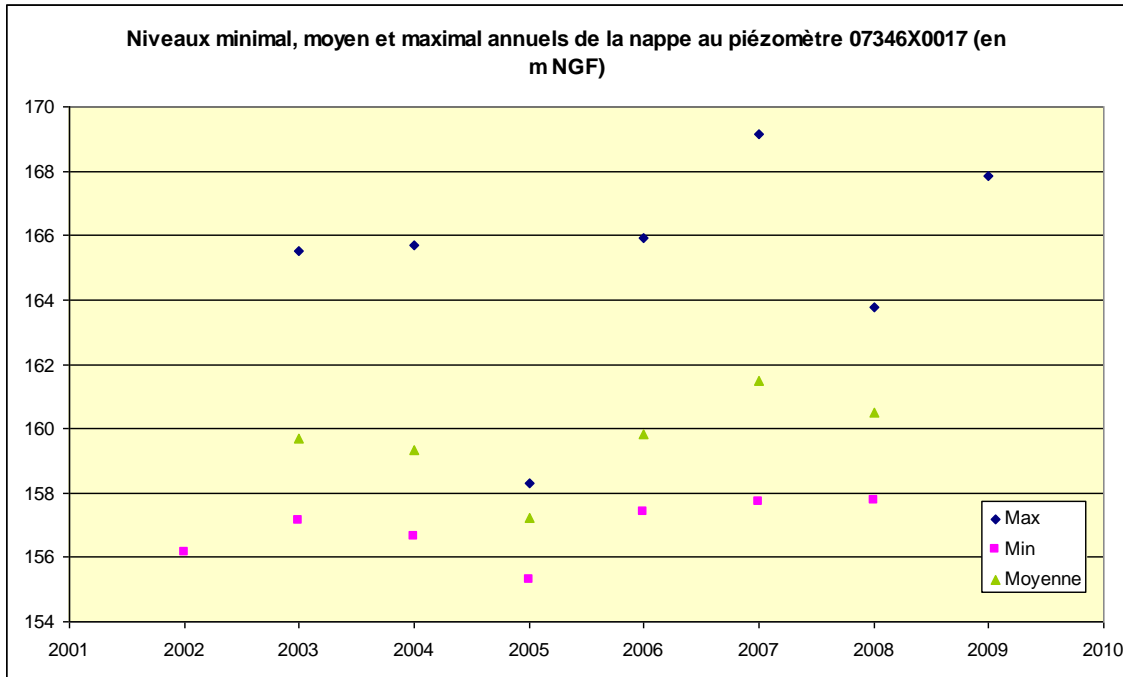


Figure A3-15 : Niveaux minimal, moyen et maximal annuels de la nappe au piézomètre de La Chapelle Montabourlet



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service Géologique Régional Aquitaine**  
Parc Technologique Europarc  
24, Avenue Léonard de Vinci  
33600 – Pessac - France  
Tél. : 05 57 26 52 70