Document public

Recherche d'indicateurs de gestion pour les eaux souterraines - Bassins vendéens au Nord du Marais Poitevin

Rapport final

BRGM/RP-55505-FR
Octobre 2007

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT ET DE L'AMÉNAGEMENT DURABLES

Direction régionale de l'environnement
PAYS DE LA LOIRE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
BIBLIOTHÈQUE CENTRALE

Recherche d'indicateurs de gestion pour les eaux souterraines - Bassins vendéens au Nord du Marais Poitevin

Rapport final

BRGM/RP-55505-FR
Octobre 2007

Étude réalisée dans le cadre des projets de Service public du BRGM 2006 EAU F40

E. Rouxel, F. Bichot, J-L Pinault
Avec la collaboration de
A. Lereculey

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : B. LADOUCHE	Nom : P. CONIL
Date :	Date :
Signature :	Signature :
(ou original signé par :)	(ou original signé par :)

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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT ET DE L'AMÉNAGEMENT DURABLES

Direction régionale de l'environnement
PAYS DE LA LOIRE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots clés : Nappe, Prévision, Analyse Fréquentielle, Marais Poitevin, Vendée

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

ROUXEL E., BICHOT F., PINAULT J.-L. avec la collaboration de LERECULEY A. (2007) – Recherche d'indicateurs de gestion pour les eaux souterraines - Bassins vendéens au Nord du Marais Poitevin - Rapport final – Rapport BRGM/RP-55505-FR, 160 p, 130 illustrations et 4 annexes.

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

Synthèse

Dans le Marais Poitevin, la gestion des eaux superficielles et des eaux souterraines représente un enjeu majeur.

Des corrélations «pluie-niveau piézométrique-débit» ont été analysées et sont en cours d'analyse dans les bassins versants de Poitou-Charentes par le BRGM en s'appuyant sur l'outil TEMPO. La DIREN Pays de la Loire a souhaité lancer une étude similaire sur la Vendée pour les bassins situés à la périphérie Nord du Marais Poitevin : le Lay, la Vendée, l'Autise. Ce travail a été financé par la DIREN Pays de la Loire et le BRGM.

Les objectifs de cette étude étaient les suivants :
- L'analyse de séries piézométriques du réseau départemental vendéen situé dans le secteur étudié, (la proposition est basée sur 27 piézomètres) afin de disposer d'historiques aussi représentatifs que possible de l'état de remplissage des réservoirs aquifères et de leur exploitation.
- L'utilisation d'une sélection de ces séries piézométriques (basée sur environ une quinzaine de piézomètres) pour élaborer des indicateurs pour la gestion des ressources en eaux souterraines en période d'étiage.
- Contribuer à la fixation de volumes "prélevables" en fonction des objectifs de gestion

Ce travail a été réalisé sur l'ensemble des piézomètres et des stations hydrométriques des bassins concernés. Pour quelques piézomètres, la chronique n'a pas permis un très bon calage du modèle (chronique trop courte ou changement de comportement lié à un changement d'environnement). Concernant la modélisation des chroniques de débit, la modélisation n'a pu prendre en compte une chronique piézométrique en entrée pour peu de stations.

Cette modélisation prévisionnelle des niveaux et des débits permet d'identifier des indicateurs de gestion piézométriques et - le cas échéant - d'estimer des ordres de grandeur de volumes disponibles sur chacun des sous bassins étudiés, en générant quelques centaines de séries climatiques (pluie - ETP) à partir de la date d'émission de la prévision.

Ainsi, l'analyse des chroniques piézométriques a abouti à une caractérisation du comportement de chaque aquifère. L'analyse des chroniques piézométriques et hydrométriques combinée au travail de modélisation a permis de mettre en évidence les critères applicables aux différents bassins pour l'identification d'indicateurs de gestion pour les eaux souterraines et pour l'évaluation des volumes disponibles.

Sommaire

1. Introduction 15

2. Méthodologie 17

2.1. DEMARCHE SUIVIE 17

2.2. COLLECTE DES DONNEES 18

2.3. MISE EN ŒUVRE DE L'OUTIL TEMPO 18

2.3.1. Les modèles pluie-niveau piézométriques 18

2.3.2. Les modèles « pluie-niveau-débit » 22

2.4. UTILISATION DES MODELES EN PREVISION 23

2.4.1. Principe de la simulation 23

2.4.2. Approche de volumes disponibles 24

2.5. LES DONNEES CLIMATOLOGIQUES 26

2.6. REPRESENTATION DU MODE DE FONCTIONNEMENT DES BASSINS VERSANTS RESTITUEE PAR LA MODELISATION 26

2.6.1. Analyse des chroniques piézométriques 27

2.6.2. Analyse des chroniques de débit 30

2.6.3. Approche des volumes disponibles 31

3. Le Marais Poitevin 33

3.1. CONTEXTE GENERAL, DELIMITATION DE ZONES DE GESTION COHERENTES 33

3.2. LA GEOLOGIE 37

3.2.1. Le Paléozoïque 37

3.2.2. Le Mésozoïque (Jurassique) 37

3.3. LES RESEAUX DE MESURES 40

3.3.1. Le réseau piézométrique de Vendée 40

3.3.2. Le réseau de stations de débit 43

3.4. DESCRIPTION DES BASSINS VERSANTS 44

3.4.1. Bassin versant du Lay 44

3.4.2. Bassin versant de la Vendée / Sèvre Niortaise 51

3.4.3. Bassin versant de l'Autise 52

4. Bassin du Lay - Modélisation 57

4.1. ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES ET PROPOSITION D'INDICATEURS 57

4.1.1. Socle 57

4.1.2. Infra-Toarcien 63

4.1.3. Dogger 69

4.1.4. Bilan de l'analyse des chroniques piézométriques 78

4.2. ANALYSE DES CHRONIQUES DE DEBIT ET APPROCHE DES VOLUMES DISPONIBLES 79

4.2.1. Bilan 94

5. Bassin de la Vendée / Sèvre Niortaise - Modélisation 95

5.1. ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES ET PROPOSITION D'INDICATEURS 95

5.1.1. Infra-Toarcien 95

5.1.2. Dogger 108

5.1.3. Bilan de l'analyse des chroniques piézométriques 135

5.2. ANALYSE DES CHRONIQUES DE DEBITS ET APPROCHE DES VOLUMES DISPONIBLES 136

5.2.1. Bilan 142

6. Bassin de l'Autise - Modélisation 143

6.1. ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES ET PROPOSITION D'INDICATEURS143

6.1.1. Dogger 143

6.1.2. Bilan de l'analyse des piézomètres 148

6.2. ANALYSE DES CHRONIQUES DE DEBITS ET APPROCHE DES VOLUMES DISPONIBLES 149

6.2.1. Bilan 152

7. Bilan des analyses 153

7.1. BILAN DE L'ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES 153

7.2. BILAN DE L'ANALYSE DES VOLUMES DISPONIBLES 153

8. Conclusion 157

9. Bibliographie 159

9.1. ARTICLES SCIENTIFIQUES 159

9.2. RAPPORTS 159

Liste des illustrations

Illustration 1 – Principales données collectées et sources. 18

Illustration 2- Principe d'un modèle "pluie-niveau" à réponses impulsionnelles 19

Illustration 3 - Principe d'un modèle "pluie-niveau" avec prise en compte des pompages ainsi que d'un seuil de débordement 20

Illustration 4 – Fonction « Peigne » utilisée pour simuler les pompages du bassin du Lay. 21

Illustration 5 – Fonction « Seuil » utilisée pour simuler le débordement de la nappe d'un milieu peu transmissif dans un milieu plus transmissif. Deux seuils sont utilisés en fonction de la fréquence du débordement. 21

Illustration 6 - Principe d'un modèle "pluie-niveau-débit" à réponses impulsionnelles.....22

Illustration 7 – Schéma simplifié d'un modèle prévisionnel à partir des différents objets : méthodes et sous bassins.....23

Illustration 8 – a) La fonction de transfert (ou réponse impulsionnelle) entre les variations piézométriques et le débit du cours d'eau représente la variation du débit suite à une variation de courte durée (égale au pas d'échantillonnage, soit 10 jours) du niveau piézométrique. Par définition, sa surface est ramenée à l'unité – b) Rabattement (m) appliqué sur le niveau piézométrique considéré comme représentatif de l'état de recharge de la nappe – c) Le volume disponible est la somme des écarts des débits (influencé et non influencé) de telle sorte que le débit influencé atteigne exactement le DOE (Débit Objectif d'Etiage).....25

Illustration 9 – Le piézomètre 05858X0203 - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique observé – b) Les différentes composantes des variations piézométriques – c) La réponse impulsionnelle lente – d) La réponse impulsionnelle rapide.....27

Illustration 10 – Représentation des quantiles (Prévision à long terme).....28

Illustration 11 – Superposition des courbes 5 ans sec et 40 ans sec modélisées et de la chronique.....29

Illustration 12 – Le débit du Lay à Mareuil - a) Comparaison du modèle au débit observé – b) Les différentes composantes du débit – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente – d) La réponse impulsionnelle rapide.....30

Illustration 13 – Tableau de rappel de l'hypothèse de travail Pourcentage des prélèvements mensuel.....31

Illustration 14 – Volumes disponibles en Mm^3 par rapport au QMNA5 en fonction de la période de retour de la pluie.....32

Illustration 15 – Carte géologique simplifiée et contours des zones de gestion.....35

Illustration 16 – Log stratigraphique (Conseil Général de Vendée).....38

Illustration 17 – Carte de localisation des piézomètres du Conseil Général de Vendée dans la zone d'étude.40

Illustration 18 - Tableau des caractéristiques des piézomètres pris en compte dans l'étude par zone de gestion.....41

Illustration 19 – Carte de localisation des stations de débit de la DIREN dans la zone d'étude.....43

Illustration 20 – Nappe du Lias inférieur (source : Conseil Général de Vendée).....45

Illustration 21 – Nappe du Dogger (source : Conseil Général de Vendée).....46

Illustration 22 - Géologie et hydrogéologie du bassin versant du Lay.....49

Illustration 23 - Géologie et hydrogéologie du bassin versant de la vendée / Sèvre Niortaise.....53

Illustration 24 - Géologie et hydrogéologie du bassin versant de l'Autise.....55

Illustration 25 - Le piézomètre 05625X0036. a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.....57

Illustration 26 - Le piézomètre 05625X0036. Représentation des quantiles (Prévision à long terme).....58

Illustration 27 - Le piézomètre 05625X0036. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision.....59

Illustration 28 - Le piézomètre 05854X0047. a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.....60

Illustration 29 – Le piézomètre 05854X0047. Représentation des quantiles (Prévision à long terme).....61

Illustration 30 - Le piézomètre 05854X0047. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision 61

Illustration 31 - Le piézomètre 05861X0113. - a) Comparaison du modèle (avec fonction pompage) au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. 63

Illustration 32 – Le piézomètre 05861X0113. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 64

Illustration 33 - Le piézomètre 05861X0113. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision 65

Illustration 34 - Le piézomètre 05857X0185. a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente 66

Illustration 35 - Le piézomètre 05857X0185. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 67

Illustration 36 - Le piézomètre 05857X0185. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision 68

Illustration 37 – Le piézomètre 05858X0203. - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide 69

Illustration 38 – Le piézomètre 05858X0203. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 70

Illustration 39 - Le piézomètre 05858X0203. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision 71

Illustration 40 - Le piézomètre 06074X0096. - a) Comparaison du modèle (avec fonction de pompage) au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 72

Illustration 41 – Le piézomètre 06074X0096. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 73

Illustration 42 - Le piézomètre 06074X0096. Superposition de la chronique réelle et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec 74

Illustration 43 - Le niveau piézométrique 06082X0060. - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle 75

Illustration 44 - Le piézomètre 06082X0060. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 76

Illustration 45 - Le piézomètre 06082X0060. Superposition de la chronique réelle et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec 76

Illustration 46 - Le débit du Grand Lay à Saint Prouant (pas de piézomètre). - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 79

Illustration 47 – Le débit du Grand Lay à Saint Prouant. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 80

Illustration 48 – Tableau des volumes disponibles en Mm^3 par rapport au QMNA5 en fonction de la période de retour de la pluie 80

Illustration 49 – Le débit du Louing à Chantonnay (pas de piézomètre). - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 81

Illustration 50 – Le débit du Louing à Chantonnay. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)...82

Illustration 51 - Prévision des volumes disponibles du bassin du Louing (Mm^3). En l'absence de piézomètre une fonction de transfert de charge constante est prise en compte (décalage compris entre 0 et 80 jours) ..82

Illustration 52 – Le débit du Lay à Mareuil - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 83

Illustration 53 – Modélisation du débit du Lay à Mareuil : Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 84

Illustration 54 - Tableau de prévision des volumes disponibles (Mm^3) du sous bassin limité par les stations Mareuil en aval et Saint Prouant en amont pour maintenir un débit d'étiage de 1,5 m^3/s à Mareuil 84

Illustration 55 – Le débit de la Smagne à Sainte Pexine. - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide 86

Illustration 56 – Le débit de la Smagne à Sainte Pexine et le piézomètre 05858X0203. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 87

Illustration 57 - Tableau de prévision des volumes disponibles du bassin de la Smagne (Mm^3) 87

Illustration 58 – Le débit du Marillet à Saint Florent (pas de piézomètre). - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 88

Illustration 59 – Le débit du Marillet à Saint Florent. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) .89

Illustration 60 - Tableau de prévision des volumes disponibles du bassin du Marillet (Mm^3) 89

Illustration 61 – Le débit de l'Yon à Dompierre-sur-Yon (pas de piézomètre). - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 90

Illustration 62 – Le débit de l'Yon à Dompierre-sur-Yon. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 91

Illustration 63 - Tableau des volumes disponibles du bassin de l'Yon à Dompierre-sur-Yon (Mm^3). En l'absence de piézomètre une fonction de transfert de charge constante est prise en compte pour un décalage compris entre 0 et 80 jours. 91

Illustration 64 – Le débit de l'Yon à Nesmy. - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 92

Illustration 65 – Le débit de l'Yon à Nesmy et le piézomètre 05625X0036. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 93

Illustration 66 – Tableau de prévision des volumes disponibles du sous-bassin de l'Yon compris entre les stations Nesmy en aval et Dompierre en amont (Mm^3) pour maintenir un débit d'étiage de 0.35 m^3/s 93

Illustration 67 – Le piézomètre 05865X0068. - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 95

Illustration 68 - Le piézomètre 05865X0068. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 96

Illustration 69 - Le piézomètre 05865X0068. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision 97

Illustration 70 - Le piézomètre 05865X0098. - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 98

Illustration 71 - Le piézomètre 05865X0098. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 99

Illustration 72 - Le piézomètre 05865X0098. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision 99

Illustration 73 - Le piézomètre 05858X0116. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 100

Illustration 74 - Le piézomètre 05858X0116. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 101

Illustration 75 - Le piézomètre 05858X0116. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision 101

Illustration 76 - Le piézomètre 05863X0206. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 102

Illustration 77 - Le piézomètre 05863X0206. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 103

Illustration 78 - Le piézomètre 05863X0206. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision 103

Illustration 79 - Le piézomètre 05863X0203. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. 104

Illustration 80 - Le piézomètre 05863X0203. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 105

Illustration 81 - Le piézomètre 05863X0203. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision 105

Illustration 82 - Le piézomètre 05866X0091. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 106

Illustration 83 - Le piézomètre 05866X0091. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 107

Illustration 84 - Le piézomètre 05866X0091. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision 107

Illustration 85 - Le piézomètre 05865X0126. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 108

Illustration 86 - Le piézomètre 05865X0126. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 109

Illustration 87 - Le piézomètre 05865X0126. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision 110

Illustration 88 - Le piézomètre 06091X0541. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 111

Illustration 89 - Le piézomètre 06091X0541. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 112

Illustration 90 - Le piézomètre 06091X0541. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision 113

Illustration 91 - Le piézomètre 05857X0144. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 114

Illustration 92 - Le piézomètre 05857X0144. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 115

Illustration 93 - Le piézomètre 05857X0144. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision 115

Illustration 94 - Le piézomètre 05857X0145. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 116

Illustration 95 - Le piézomètre 05857X0145. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 117

Illustration 96 - Le piézomètre 05857X0145. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision 117

Illustration 97 - Le piézomètre 06092X0584. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. 118

Illustration 98 - Le piézomètre 06092X0584. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 119

Illustration 99 - Le piézomètre 06092X0584. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision 120

Illustration 100 - Le piézomètre 05867X0152. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 121

Illustration 101 - Le piézomètre 05867X0152. Représentation des quantiles (Prévision à long terme). 122

Illustration 102 - Le piézomètre 05867X0152 : Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans secs donnée par le modèle utilisé en prévision 123

Illustration 103 – Le piézomètre 06093X0118. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. 124

Illustration 104 - Le piézomètre 06093X0118. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 125

Illustration 105 - le piézomètre 06093X0118 : Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans secs donnée par le modèle utilisé en prévision 126

Illustration 106 - Le piézomètre 06094X0143. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 127

Illustration 107 - Le forage 06094X0143/F. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 128

Illustration 108 - Le piézomètre 06094X0143. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans secs donnée par le modèle utilisé en prévision 129

Illustration 109 - Le piézomètre 06094X0207. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. 130

Illustration 110 - Le piézomètre 06094X0207/PIEZO. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 131

Illustration 111 - Le piézomètre 06094X0181. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 132

Illustration 112 - Le forage 06094X0181/F. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 133

Illustration 113 - Le piézomètre 06094X0181. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans secs donnée par le modèle utilisé en prévision 134

Illustration 114 - Le débit de la Mère à Antigny (pas de piézomètre). - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit 136

Illustration 115 - Le débit de la Mere à Antigny. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 136

Illustration 116 - Le débit de la Vendée à Foussais-Payré (pas de piézomètre). - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. 138

Illustration 117 - Le débit de la Vendée à Foussais-Payre. Représentation des quantiles (Prévision à long terme). 138

Illustration 118 – Le débit de la Vendée à Pissotte. - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 139

Illustration 119 - Le débit de la Vendée à Pissotte. Représentation des quantiles (Prévision à long terme). 140

Illustration 120 – Tableau de prévision des volumes disponibles du bassin de la Vendée à Pissotte (Mm^3) pour maintenir un débit d'étiage de 1.05 m^3/s (valeurs indicatives en raison du bruit sur les mesures de débit). 140

Illustration 121 – Le piézomètre 06101X0202. - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 143

Illustration 122 - Le piézomètre 06101X0202. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 144

Illustration 123 - Le piézomètre 06101X0202. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision 145

Illustration 124 - Le piézomètre 06102X0606. - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. 146

Illustration 125 - Le piézomètre 06102X0606. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) 147

Illustration 126 - Le piézomètre 06102X0606. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision 148

Illustration 127 – Le débit de l'Autise à Saint-Hilaire-des-Loges. - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide. 149

Illustration 128 – L'Autise à St Hilaire des Loges. Représentation des quantiles (Prévision à long terme) ... 150

Illustration 129 - Tableau de prévision des volumes disponibles du sous bassin de l'Autize (Mm^3) pour maintenir un débit d'étiage de 0,25 m^3/s (valeurs indicatives) 150

Illustration 130 – Volumes disponibles en Mm^3 par rapport au QMNA5 en fonction de la période de retour de la pluie 153

Liste des annexes

Annexe 1 Bassin du Lay - Fiches des piézomètres

Annexe 2 Bassin Vendée/Sèvre Niortaise - Fiches des piézomètres

Annexe 3 Bassin de l'Autise - Fiches des piézomètres

Annexe 4 Présentation de l'outil TEMPO et exemples d'application

1. Introduction

Seconde zone humide nationale par sa superficie (100 000 hectares), le Marais Poitevin est d'un intérêt patrimonial majeur. Dans le Marais Poitevin, la gestion des eaux superficielles et des eaux souterraines représente un enjeu capital pour sa préservation.

Les corrélations pluie-niveau piézométrique-débit ont été analysées et sont en cours d'analyse dans les bassins versants de Poitou-Charentes par le Brgm en s'appuyant sur l'outil TEMPO. La DIREN Pays de la Loire a souhaité lancer une étude similaire sur la Vendée pour les bassins situés à la périphérie nord du marais poitevin : le Lay, la vendée, l'Autise. Ce travail a été financé par la DIREN et le Brgm.

Les objectifs de cette étude étaient les suivants :
- L'analyse de séries piézométriques du réseau départemental vendéen situé dans le secteur étudié, (la proposition est basée sur 27 piézomètres) afin de disposer d'historiques aussi représentatifs que possible de l'état de remplissage des réservoirs aquifères et de leur exploitation.
- L'utilisation d'une sélection de ces séries piézométriques (basée sur environ une quinzaine de piézomètres) pour élaborer des indicateurs pour la gestion des ressources en eaux souterraines en période d'étiage.
- Contribuer à la fixation de volumes "prélevables" en fonction des objectifs de gestion

Ce travail a été réalisé sur l'ensemble des piézomètres et des stations hydrométriques des bassins concernés. Pour quelques piézomètres, la chronique n'a pas permis un très bon calage du modèle (chronique trop courte ou changement de comportement lié à un changement d'environnement).

Concernant l'estimation des volumes disponibles pour les prélèvements, les volumes indiqués sont donnés à titre d'ordre de grandeur.

Ce rapport rend compte, pour chacun des trois bassins, des modélisations réalisées sur les chroniques (piézométriques et de débit) et de leur analyse.

2. Méthodologie

2.1. DEMARCHE SUIVIE

Ce travail repose sur la démarche suivante :

- Collecte des informations et des chroniques disponibles,
- Délimitation des zones cohérentes,
- Analyse du contexte des piézomètres,
- Recherche des stations pluie-ETP les plus représentatives des corrélations avec les chroniques piézométriques et hydrométriques,
- Mise au point des fonctions de transfert (calage sur les chroniques, en général sur une période de 10 à 15 ans),
- Utilisation des modèles en prévision,
- Approche sur les volumes disponibles,
- Synthèse

Cette démarche est détaillée dans les chapitres suivants.

Les annexes fournissent les éléments de connaissances plus détaillés concernant les piézomètres. En annexe 1, 2 et 3 se trouvent les fiches détaillées de chaque piézomètre par bassin. Pour chaque ouvrage, les caractéristiques principales sont reportées dans un tableau synthétique et sa situation est représentée sur un fond IGN et sur un fond de carte géologique.

La méthode et les outils sont détaillés en annexe 4 (Note méthodologique réalisée par le Brgm Poitou-Charentes à la demande de la DIREN pour mieux expliquer et vulgariser l'utilisation du logiciel TEMPO).

2.2. COLLECTE DES DONNEES

Cette phase préalable a nécessité la consultation de plusieurs partenaires. La liste des principales données collectées est fournie dans le tableau ci-après :

ORGANISME	DONNEES COLLECTEES
Conseil Général 85	Réseau piézométrique : chroniques (données disponibles sur le site internet ADES), coupes géologiques et techniques des ouvrages ; Rapports d'étude
DDAF 85	Prélèvements agricoles (Volumes 2006)
DIREN Pays de la Loire	Réseau hydrométrique des Pays de la Loire (données disponibles sur le site internet BD Hydro)
METEO France	Données météorologiques
Brgm - SGR Poitou-Charentes	Rapports d'étude effectués en partie Poitou-Charentes du Marais Poitevin

Illustration 1 – Principales données collectées et sources.

2.3. MISE EN ŒUVRE DE L'OUTIL TEMPO

Le traitement numérique des séries piézométriques et des débits est réalisé à l'aide du logiciel TEMPO du Brgm, logiciel dédié au "traitement du signal" (séries temporelles de mesures). En hydrologie/hydrogéologie, ce logiciel permet, entre autres possibilités :

- de décomposer des hydrogrammes et des chroniques piézométriques ;

- de faire de la prévision de débits ou de niveaux piézométriques.

Ce modèle de prévision, qui est relié fonctionnellement à un environnement EXCEL, permet d'estimer dans certaines configurations (données hydrométriques et piézométriques) les volumes disponibles.

2.3.1. Les modèles pluie-niveau piézométriques

Dans le cadre de cette étude, les variations piézométriques sont reconstituées à partir d'un modèle de transfert pluie/niveau au moyen de fonctions de transfert comme indiqué sur l'Illustration 2.

Dans sa formulation la plus générale, ce modèle est non linéaire de manière à prendre en compte les transferts au travers de la zone non saturée en présence d'une double porosité.

Dans ce cas, deux fonctions de transfert sont définies :

- l'une correspond à une réponse lente caractérisant la migration de l'eau au travers de la matrice ;

- l'autre correspond à une réponse rapide destinée à prendre en compte les écoulements au travers des macropores (ou de fractures).

De manière à minimiser le nombre de degrés de liberté du modèle, ces fonctions de transfert encore appelées **réponses impulsionnelles** sont définies par un modèle paramétrique : les fonctions de transfert sont des fonctions analytiques obtenues par le produit de convolution d'une gaussienne (recharge de la nappe) par une exponentielle (tarissement).

Par ailleurs, la pluie efficace est exprimée à partir de la pluie et de l'Evapotranspiration Potentielle (ETP) comme le montre l'Illustration 2.

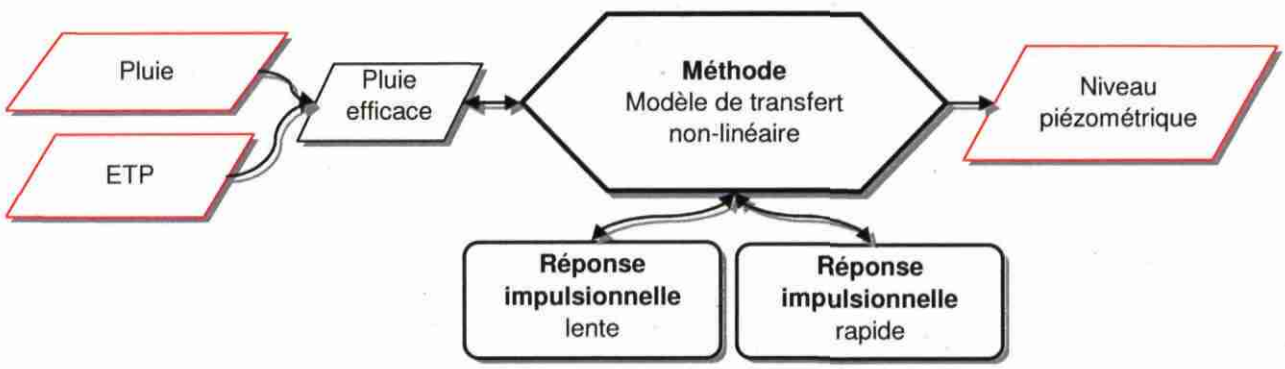


Illustration 2- Principe d'un modèle "pluie-niveau" à réponses impulsionnelles

Le niveau piézométrique en sortie est exprimé par rapport au niveau basses eaux. Lorsque le temps de régulation du niveau piézométrique est inférieur à une année *(Illustration 4)*, le niveau basses eaux $Z\min$ est calculé de sorte que $Z\min = \overline{Z} - 2.5.S$ où $\overline{Z}$ est la moyenne du niveau piézométrique calculée sur la période d'observation et S son écart-type estimé, ce qui correspond à une période de retour de 160 ans (approximation gaussienne).

Les données piézométriques et de débit sont parfois influencées par des prélèvements, qui peuvent être variables dans le temps (par exemple saisonniers pour l'irrigation). Il peut s'agir de l'influence d'un pompage voisin du piézomètre d'observation ou bien des influences conjuguées de nombreux pompages se traduisant alors dans la nappe captée par un cône de dépression qui peut s'étendre plus ou moins suivant les caractéristiques de l'aquifère et l'importance de la nappe.

En fonction du régime annuel des prélèvements, de leur évolution dans le temps, cela peut se traduire dans la chronique piézométrique par des cycles courts ou bien par une tendance à la baisse (par exemple une tendance linéaire), qui peut se manifester durablement si les prélèvements sont en croissance régulière ou si la nappe est surexploitée.

Lorsque le niveau piézométrique est influencé par des pompages, une tendance doit être éventuellement prise en compte, ce qui revient à faire varier le niveau de base au cours du temps. Lorsque l'impact des pompages est important, une fonction d'entrée spécifique aux pompages est utilisée (Illustration 3). La **fonction « Peigne »** utilisée sur le bassin du Lay est représentée en Illustration 4.

Dans cette fonction « Peigne », seule l'amplitude relative des pompages importe (l'unité est arbitraire puisque les variables d'entrée sont réduites) : le peigne est défini en Mars de chaque année de manière à anticiper les pompages. L'amplitude est estimée à partir de piézomètres très influencés tel que 05861X0113/SF2. La réponse impulsionnelle du niveau piézométrique aux pompages est calculée lors du calage du modèle de transfert. Cette réponse impulsionnelle affecte à la fonction d'entrée une inertie qui permet de reproduire l'impact des prélèvements saisonnières.

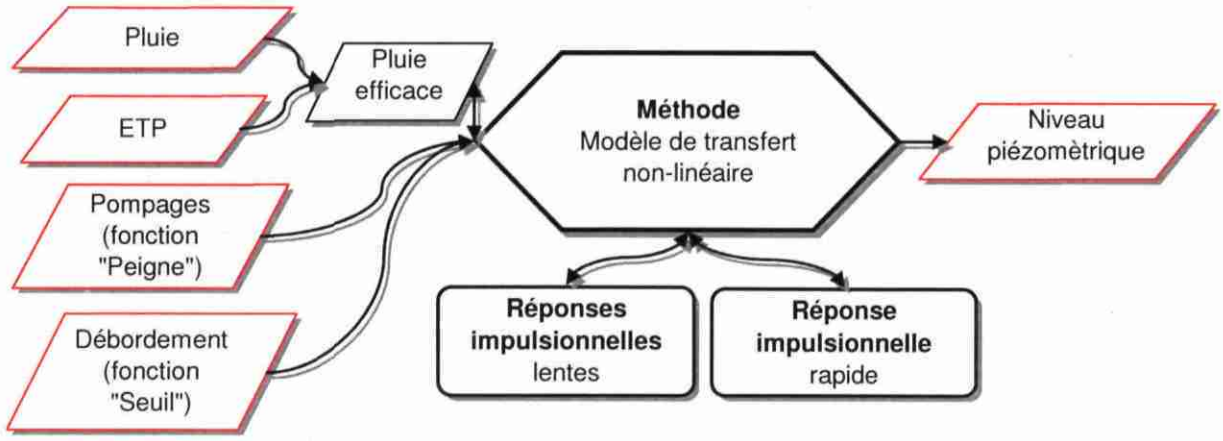


Illustration 3 - Principe d'un modèle "pluie-niveau" avec prise en compte des pompages ainsi que d'un seuil de débordement

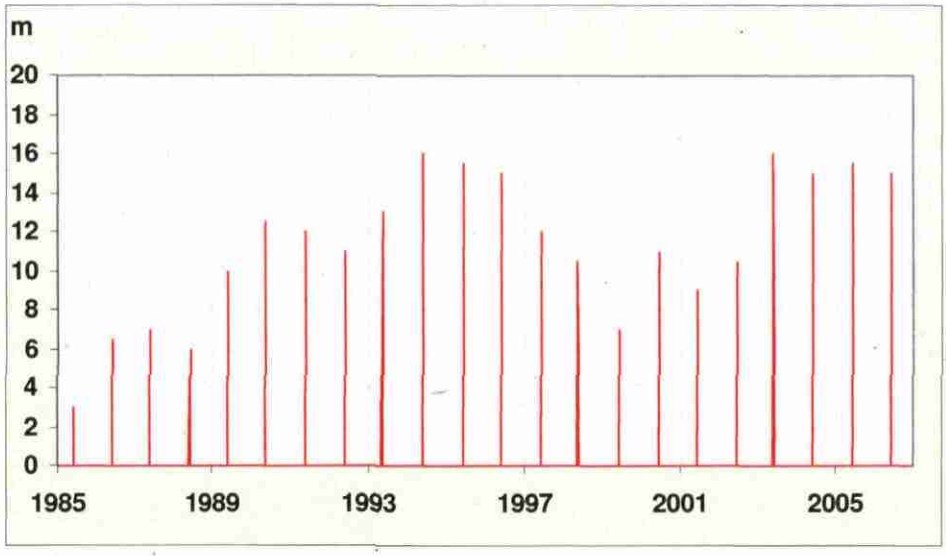


Illustration 4 – Fonction « Peigne » utilisée pour simuler les pompages du bassin du Lay.

Dans certains cas, les variations piézométriques mettent en évidence un seuil haut qui ressemble à un **seuil de débordement** mais qui peut résulter de la montée de la nappe d'un niveau aquifère peu transmissif à un niveau supérieur très transmissif. Ceci est particulièrement visible lorsque le niveau supérieur est karstifié.

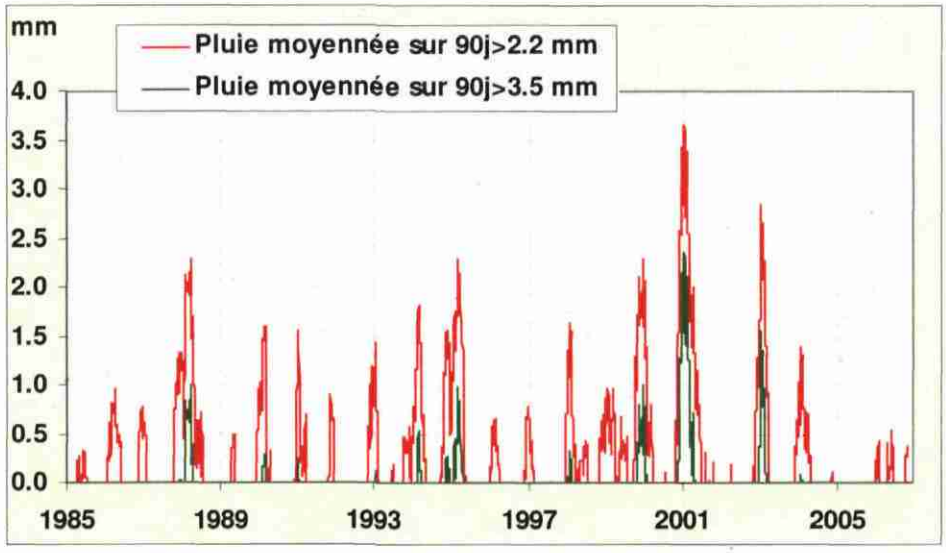


Illustration 5 – Fonction « Seuil » utilisée pour simuler le débordement de la nappe d'un milieu peu transmissif dans un milieu plus transmissif. Deux seuils sont utilisés en fonction de la fréquence du débordement.

2.3.2. Les modèles « pluie-niveau-débit »

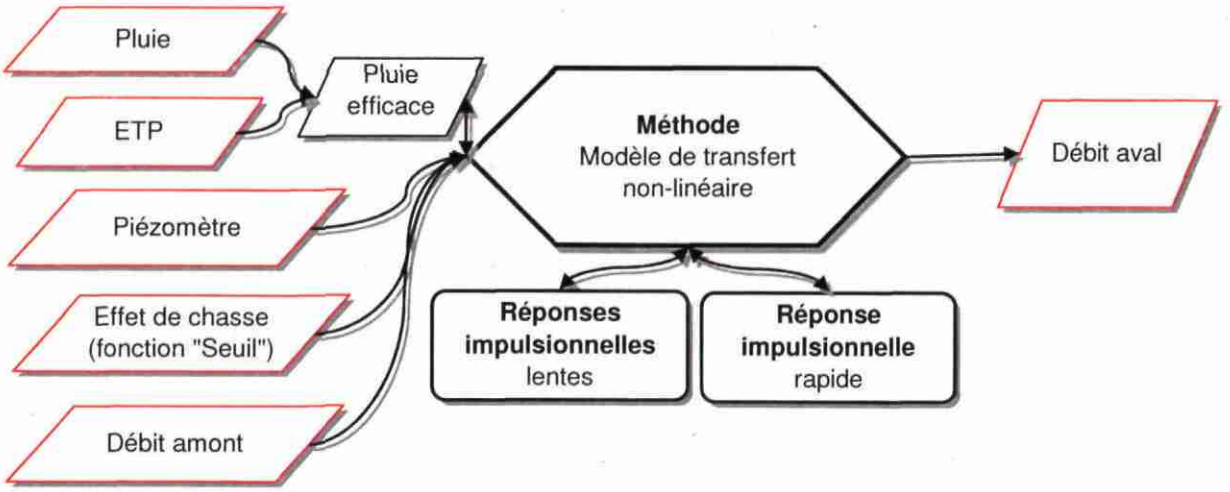


Illustration 6 - Principe d'un modèle "pluie-niveau-débit" à réponses impulsionnelles

Les modèles Pluie-Niveau-Débit fonctionnent selon le même principe mais le modèle de transfert est cette fois à 2 entrées, la pluie efficace et le niveau piézométrique (Illustration 6). La composante lente s'apparente aux écoulements souterrains. La composante rapide représente le ruissellement. Elle peut également être associée à la mise en charge rapide d'une nappe alimentant le cours d'eau lors de la mise en continuité hydraulique du réseau de fractures, suite à des épisodes de pluie abondants et prolongés. Dans certains cas, le débordement de la nappe d'un aquifère peu transmissif dans un aquifère karstifié induit des crues du cours d'eau. Ce phénomène appelé « Effet de chasse » doit être pris en compte par une fonction d'entrée « Seuil » comme pour les piézomètres. Dans le cas d'un débordement, la fonction seuil permet de simuler un prélèvement dans la nappe alors que dans le cas d'un effet de chasse, cette même fonction permet de simuler une alimentation du cours d'eau. Des pompages peuvent également être pris en compte.

En présence d'une station jaugée située en amont, une nouvelle variable d'entrée représente le débit observé à cette station de telle sorte que le sous bassin considéré par le modèle de transfert soit limité en amont par cette station.

Dans le cadre de cette étude, étant donné la situation relative des ouvrages de suivi piézométrique (réseau géré par le Conseil Général 85) et des stations hydrométriques (réseau géré par la DIREN Pays de la Loire), la modélisation pluie-niveau-débit n'a pu prendre en compte un niveau piézométrique en entrée que pour 4 stations (sur les 12 modélisées) : le Lay à Mareuil (station N3301610) ; la Smagne à Sainte-Pexine (N3222010) ; la Vendée à Pissotte (N7121810) ; l'Autise à Saint-Hilaire-des-Loges (N5101710).

2.4. UTILISATION DES MODELES EN PREVISION

2.4.1. Principe de la simulation

Le modèle de prévision des niveaux piézométriques et des débits fonctionne à partir de pluies et d'ETP simulées, qui constituent les entrées des modèles de transfert. Le niveau piézométrique ainsi simulé est utilisé en entrée du modèle « Pluie-Niveau-Débit » pour les stations hydrométriques dont la modélisation prend en compte une chronique piézométrique en entrée (Illustration 7).

De manière à estimer avec précision les périodes de retour des séries simulées, un nombre important de séries de pluie et d'ETP (ici 128) sont simulées. Ces séquences (ou séries) sont simulées par un générateur de manière aléatoire en tenant compte d'un certains nombre de conditions déduites de l'analyse d'une séquence observée (distribution des hauteurs de pluies, propriétés temporelles des divers évènements). Le pas d'échantillonnage des séries simulées est celui des séries observées.

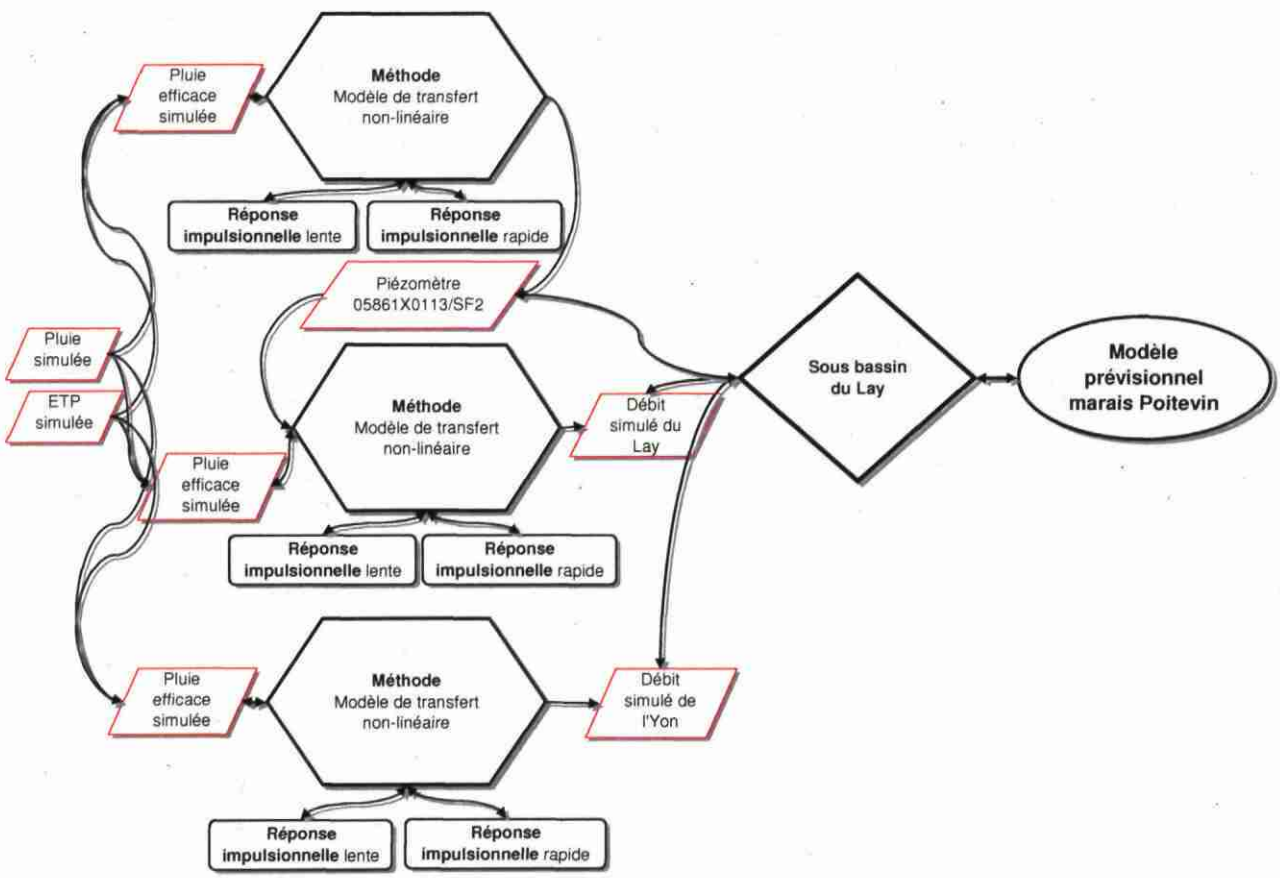


Illustration 7 – Schéma simplifié d'un modèle prévisionnel à partir des différents objets : méthodes et sous bassins.

Sur la base de ces séries simulées en entrée, le processus stochastique consiste à simuler plusieurs réalisations de la sortie du modèle (niveau piézométrique, débit). Ces réalisations sont analysées par le biais des quantiles. Les quantiles sont calculés pour chaque pas de temps, à ce titre ils ne correspondent pas à une réalisation particulière de la sortie. Ils doivent être interprétés de manière statistique, indiquant pour chaque pas de temps la valeur de la sortie en fonction de sa période de retour.

Les quantiles sont représentés pour une prévision à long terme (année 2011 alors que la date d'émission de la prévision est le 08/10/2006) de manière à les rendre indépendants des conditions initiales du système. La prévision à long terme est une caractéristique immuable du bassin.

2.4.2. Approche de volumes disponibles

Une fois la fonction de transfert établie entre le niveau piézométrique considéré comme représentatif de l'état de recharge de la nappe et le débit du cours d'eau, **la prévision des volumes disponibles consiste à simuler des débits correspondant à différentes périodes de retour** (Illustration 8). L'incidence des pompages sur le débit du cours d'eau est alors simulée en appliquant un rabattement sur le niveau piézométrique, ce qui produit une baisse du débit. Le volume d'eau prélevé correspondant à ce rabattement, ramené à l'échelle du bassin, n'est autre que la somme des écarts des débits, le débit non influencé pour une période de retour donnée et le débit influencé correspondant à cette même période de retour.

Lorsqu'on se fixe un objectif d'étiage (seuil d'étiage à ne pas dépasser), le rabattement correspondant est calculé par inversion, duquel est déduit le volume disponible à l'échelle du bassin. Ce rabattement qui concerne l'ensemble du sous bassin peut être modulé mois par mois en fonction d'un plan de gestion fixé a priori.

Le QMNA5 calculé par le modèle TEMPO correspond au débit simulé en situation de 5 ans sec pour un volume de prélèvements nul. Le QMNA5 simulé par le modèle est par conséquent différent du QMNA5 émanant de la Banque Hydro (mode de calcul différent / influence des prélèvements identifiée par l'outil non prise en compte).

Dans le cas d'une modélisation de débit sans chronique piézométrique représentative de l'état de la nappe en entrée, cette approche est mal adaptée et permet tout au plus d'obtenir un ordre de grandeur.

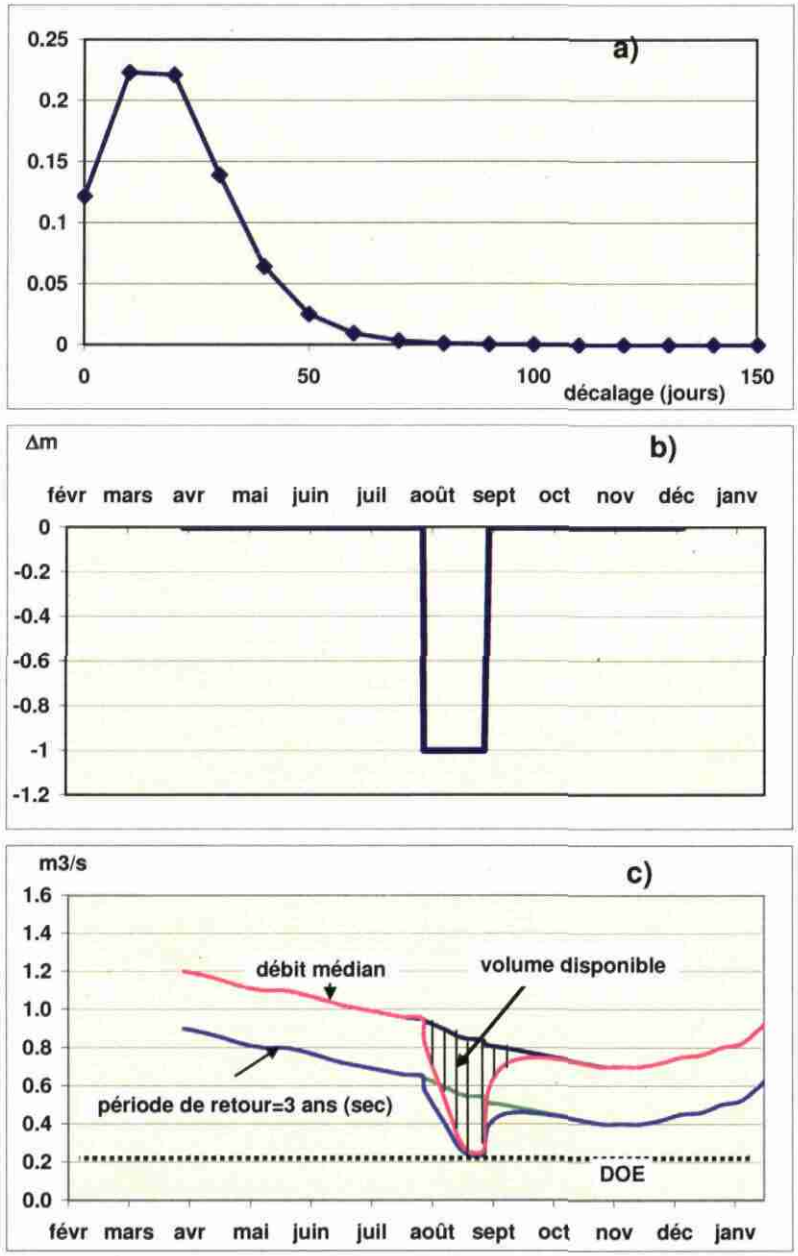


Illustration 8 – a) La fonction de transfert (ou réponse impulsionnelle) entre les variations piézométriques et le débit du cours d'eau représente la variation du débit suite à une variation de courte durée (égale au pas d'échantillonnage, soit 10 jours) du niveau piézométrique. Par définition, sa surface est ramenée à l'unité – b) Rabattement (m) appliqué sur le niveau piézométrique considéré comme représentatif de l'état de recharge de la nappe – c) Le volume disponible est la somme des écarts des débits (influencé et non influencé) de telle sorte que le débit influencé atteigne exactement le DOE (Débit Objectif d'Etiage).

2.5. LES DONNEES CLIMATOLOGIQUES

Elles comprennent les données pluviométriques et d'évapotranspiration potentielle. Différentes stations climatologiques sont utilisées au pas décadaire : Fontenay-le-Comte, la Rochelle, la Roche-sur-Yon, Marans, Nantes, Niort, Poitiers, Saintes.

La pondération des chroniques de pluie permet d'optimiser une combinaison linéaire pour explique au mieux une chronique piézométrique ou une chronique de débit. Pour cela les poids associés à chaque chronique de pluie est calculé de telle sorte que la fonction d'objectif représentée par le corrélogramme croisé :

Combinaison linéaire -> Débit du Lay à Mareuil

ait une surface maximale pour un décalage appartenant au segment [0, T] où T est le temps de concentration du système (en nombre d'incréments).

Pour un débit donné, la combinaison optimale des séries pluviométriques ne fait généralement apparaître que les pluviomètres les plus représentatifs. Ceux qui sont éliminés sont soit redondants soit non représentatifs. Les pluviomètres dont le poids est le plus important ne sont pas nécessairement ceux qui sont situés le plus près de a station de jaugeage ; ils peuvent éventuellement se situer à l'extérieur du bassin d'alimentation. C'est que l'analyse corrélatoire des pluies et des débits fait apparaître des influences climatiques à grande longueur de corrélation qui ne sont pas nécessairement triviales au sein même du sous-bassin.

L'optimisation des pluies (régionalisation) conduit à la combinaison linéaire suivante :

O_BV_Lay=0.12*P_LaRochelle+0.70*P_Nantes+0.18*P_Poitiers

L'ETP utilisée est obtenue à la station de La Rochelle. Elle est représentative de l'ensemble des bassins.

2.6. REPRESENTATION DU MODE DE FONCTIONNEMENT DES BASSINS VERSANTS RESTITUEE PAR LA MODELISATION

Chaque bassin versant est au mieux caractérisé par un débit à l'exutoire et un piézomètre représentatif de l'état de recharge de la nappe qui contribue au soutien du débit d'étiage. Les niveaux piézométriques ainsi que les débits sont représentés à l'aide de 4 graphiques comme le montrent les deux exemples suivants (Illustrations 9 et 10).

2.6.1. Analyse des chroniques piézométriques

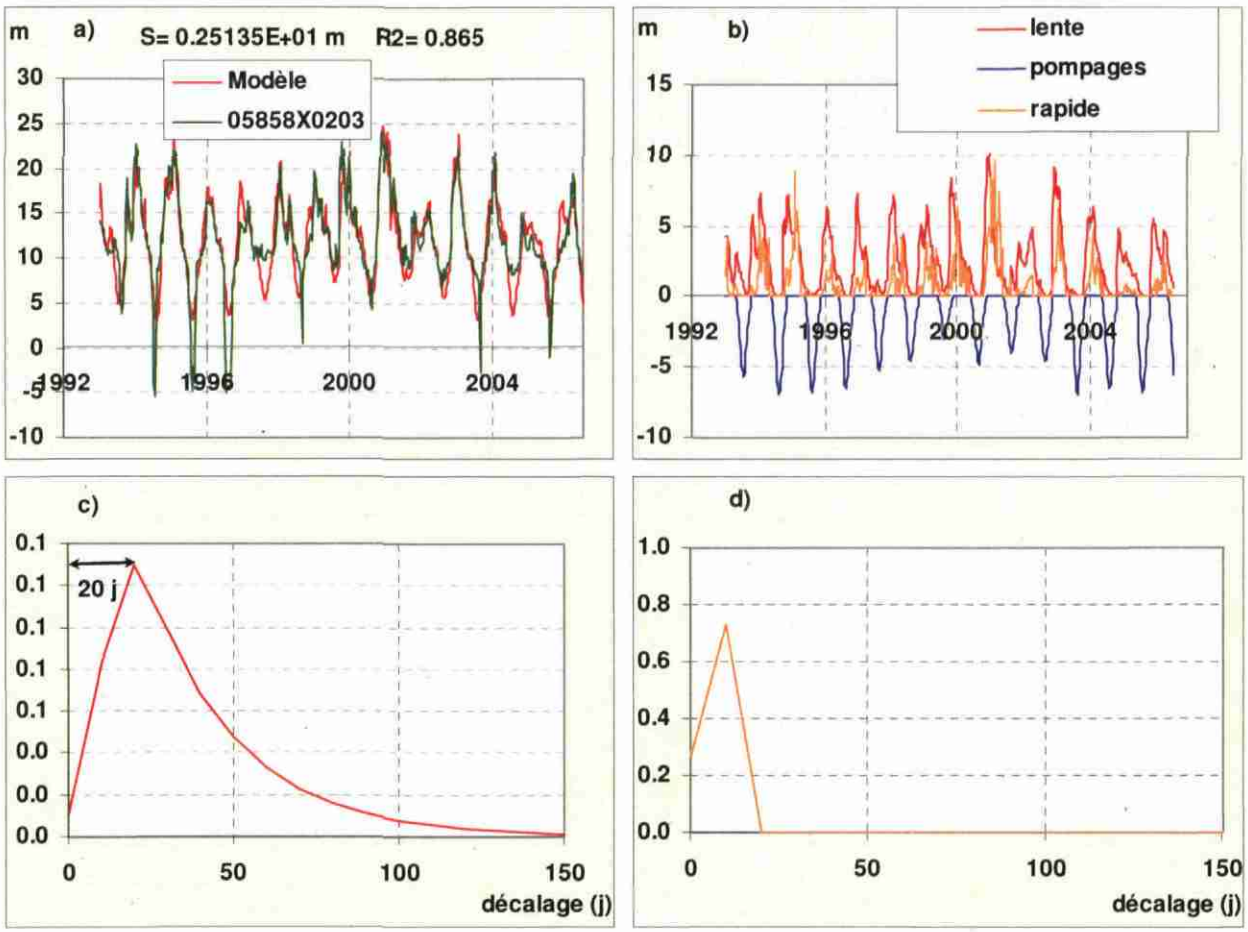


Illustration 9 – Le piézomètre 05858X0203 - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique observé – b) Les différentes composantes des variations piézométriques – c) La réponse impulsionnelle lente – d) La réponse impulsionnelle rapide.

L'analyse du fonctionnement du piézomètre 05858X0203, au travers des graphes a, b, c et d de l'Illustration 9, peut être synthétisée de la manière suivante :

a) lors de la comparaison du modèle au niveau piézométrique, des différences peuvent mettre en évidence l'effet des pompages sur le niveau piézométrique en basses eaux ou tout dysfonctionnement qui doit être interprété.

b) parmi les différentes composantes des variations piézométriques, la composante rapide se réfère aux processus d'infiltration au travers du réseau de fractures de la zone non saturée. L'effet des pompages est clairement mis en évidence.

c) La réponse « lente », qui est positive, représente la réponse du niveau piézométrique suite à un événement de pluie isolé. Elle renseigne sur la durée des processus de recharge et de vidange de la nappe. Le temps de recharge est dans ce cas rapide (temps de concentration de l'ordre de

20 jours). Les aires des réponses impulsionnelles sont proportionnelles aux amplitudes des variations piézométriques correspondantes *(b)*. En cas de débordement de la nappe, la réponse est négative car elle équivaut à un pompage dans la nappe lorsque la pluie dépasse un certain seuil, ce qui a pour effet de limiter la montée de la nappe lorsque celle-ci franchit la zone de contact entre l'aquifère inférieur peu transmissif et l'aquifère supérieur plus transmissif. Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente sont celle du niveau piézométrique à la pluie efficace et celle caractérisant le débordement. L'une et l'autre de ces fonctions de transfert s'applique sur la pluie efficace.

d) la réponse impulsionnelle rapide résulte généralement d'un transfert de pression au travers du réseau de fractures après des pluies abondantes et prolongées. Par convention, l'aire de la réponse impulsionnelle rapide vaut 1 ; c'est la raison pour laquelle elle n'est pas représentée sur le même graphique que les réponses lentes dont la somme des aires vaut 1, ceci pour éviter toute confusion dans l'interprétation.

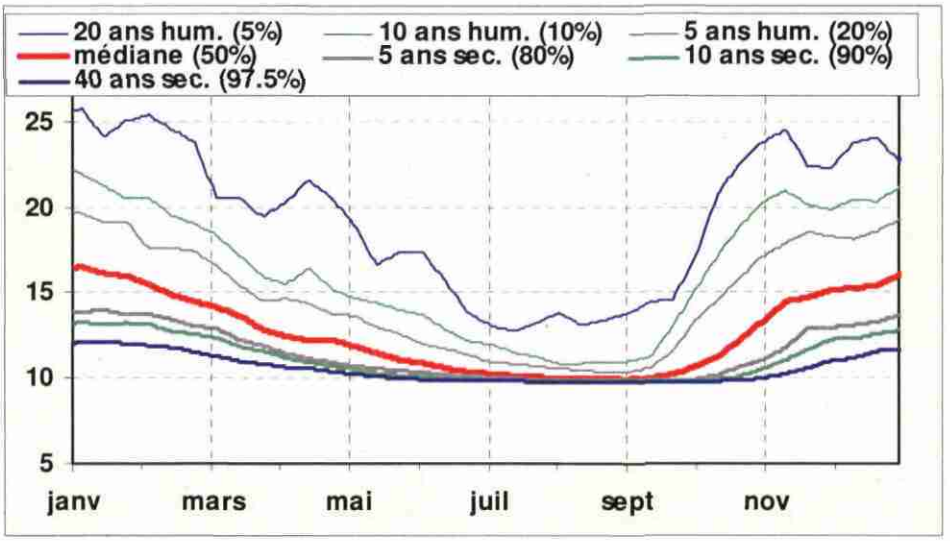


Illustration 10 – Représentation des quantiles (Prévision à long terme).

Les quantiles sont représentés pour une prévision à long terme (année 2011 alors que la date d'émission de la prévision est le 08/10/2006) de manière à les rendre indépendants des conditions initiales du système. Cette prévision doit être distinguée de la prévision à court terme (par exemple prévisions pour l'étiage 2007) qui, elle, doit être remise à jour régulièrement en fonction des conditions météorologiques. La prévision à court terme devient de plus en plus précise au fur et à mesure que la date d'émission de la prévision s'approche de la fin de la période de recharge (Avril). La prévision à long terme, quant à elle, est une caractéristique immuable du bassin.

La méthodologie pour l'utilisation du modèle en prévision est explicitée au chapitre 2.4.

Les courbes données par le modèle utilisé en prévision sont superposées à la chronique pour améliorer la compréhension du comportement de la nappe et affiner la caractérisation de l'impact des prélèvements.

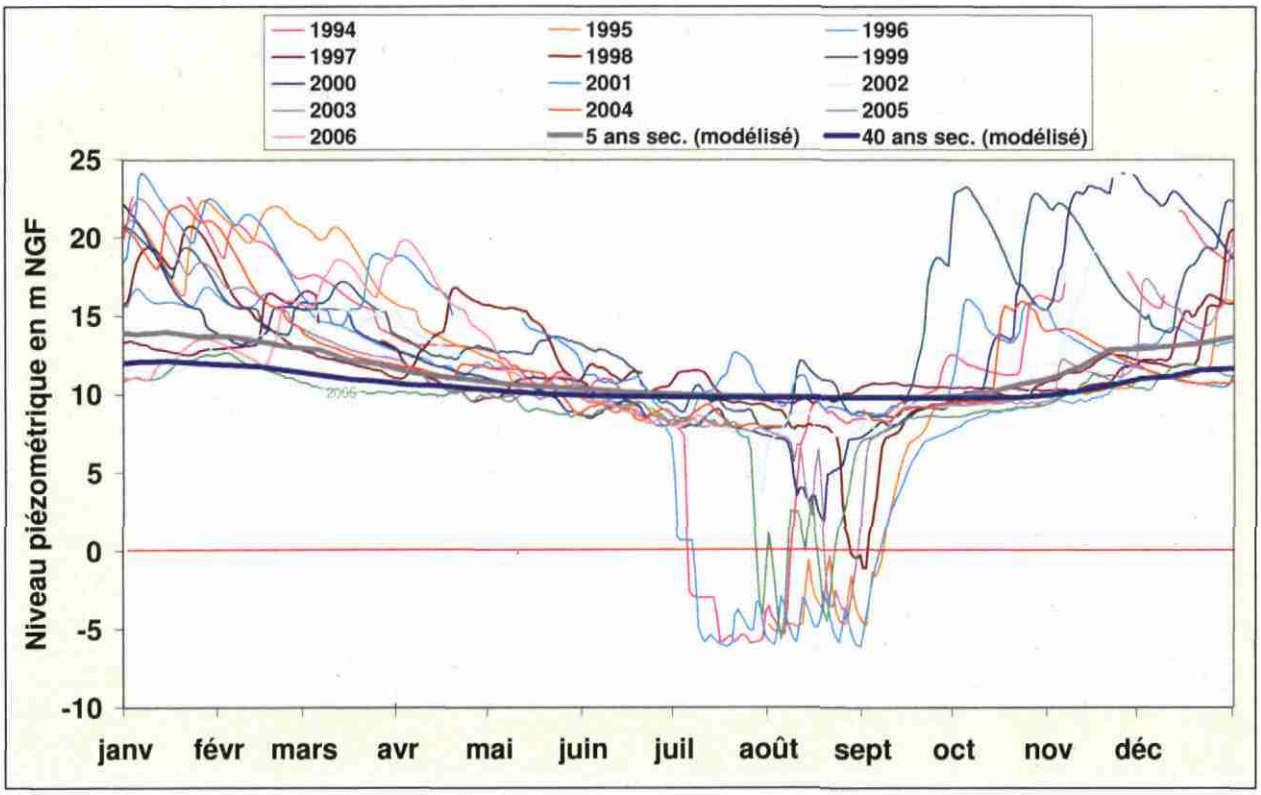


Illustration 11 – Superposition des courbes 5 ans sec et 40 ans sec modélisées et de la chronique.

C'est sur cette illustration que se base la proposition d'indicateurs de gestion. Des indicateurs de gestion sont proposés pour les ouvrages situés en bordure du marais soit 12 ouvrages sur la zone Nord du Marais Poitevin (déjà utilisés dans le cadre des groupes d'experts).

Dans cette partie, l'analyse des piézomètres repose sur la modélisation réalisée avec le logiciel TEMPO dans le cadre de la recherche d'indicateurs de gestion par le BRGM, sur les chroniques et sur les travaux de Calligée pour le bassin du Lay.

Les propositions formulées ici sont basées sur la compréhension du fonctionnement du milieu et des relations nappe/eaux superficielles en bordure du marais.

Pour chacun des bassins versants et chacun des piézomètres pris en compte, il est proposé des indicateurs. Ces valeurs sont fixées à partir de l'observation des courbes piézométriques. Pour la majorité des ouvrages situés en bordure du marais, le niveau de la nappe est soutenu par le réseau superficiel du marais.

Ainsi, pour chaque ouvrage, différents niveaux sont identifiés dans ce chapitre pour servir de base à l'établissement de niveaux d'objectifs.

2.6.2. Analyse des chroniques de débit

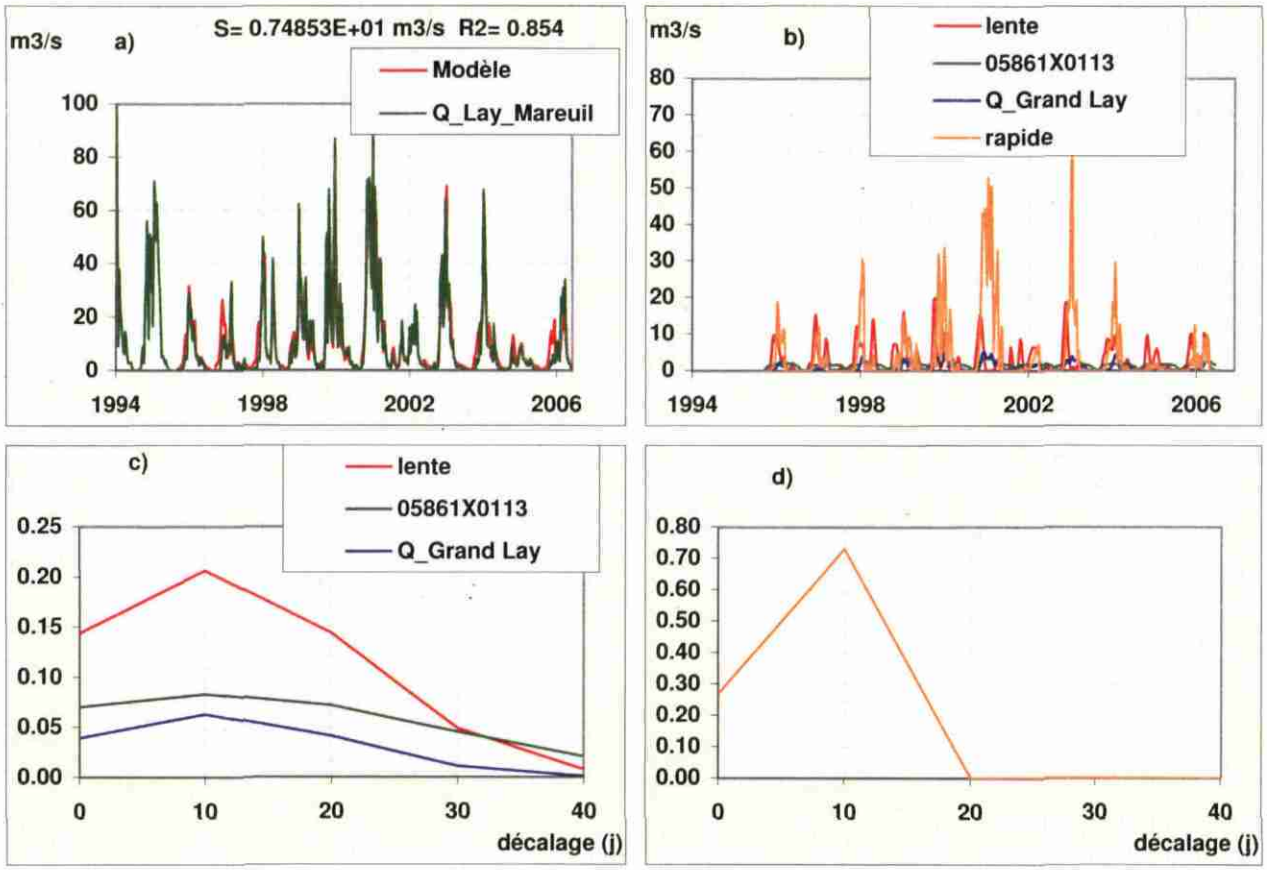


Illustration 12 – Le débit du Lay à Mareuil - a) Comparaison du modèle au débit observé – b) Les différentes composantes du débit – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente – d) La réponse impulsionnelle rapide.

L'analyse du débit du Lay à Mareuil, au travers des graphes a, b, c et d de l'Illustration 12, fait apparaître :

a) la comparaison du modèle au débit observé. Les étiages sont fortement contraints par le niveau piézométrique en entrée.

b) les différentes composantes du débit. Le piézomètre 05861X0113 permet d'expliquer de manière satisfaisante le soutien des étiages par la nappe du Jurassique car la composante « lente » (qui représente la contribution des eaux souterraines non prise en compte par le piézomètre) ainsi que la composante rapide (qui représente le ruissellement) sont faibles en périodes de basses eaux.

Remarque : Lors de l'analyse de chroniques de débits de stations hydrologiques associées à des territoires pour lesquels on ne dispose pas de piézomètre, là réponse lente est assimilée à la contribution des eaux souterraines.

c) les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente. Les aires des réponses impulsionnelles sont proportionnelles à la contribution des différentes composantes qui leur sont associées *(b)*.

d) la réponse impulsionnelle rapide représente le ruissellement. Là encore, l'aire de la réponse rapide vaut 1, c'est la raison pour laquelle elle est représentée sur un graphe différent des réponses lentes dont la somme des aires vaut 1.

2.6.3. Approche des volumes disponibles

Les volumes disponibles pour les prélèvements sont estimés par rapport à un débit minimal et en fonction de la période de retour de la pluie, pour un scénario de répartition des prélèvements.

Dans le cadre de cette étude, pour les stations dont la modélisation intègre une chronique piézométrique en entrée (le Lay à Mareuil ; la Vendée à Pissotte ; l'Autise à Saint-Hilaire-des-Loges), plusieurs estimations de volume ont été faites :

- selon plusieurs hypothèses de débit minimal (avec le scénario de prélèvement n°1)
- selon plusieurs scénarii de répartition des prélèvements dans l'année pour un même débit réservé (différents scénarii présentés en
- Illustration 13) afin d'apprécier l'évolution des volumes disponibles en fonction de la répartition des prélèvements dans l'année.

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Janvier	0 %	0 %	0 %	0 %
Février	0 %	0 %	10 %	0 %
Mars	0 %	0 %	30 %	0 %
Avril	10 %	0 %	40 %	5 %
Mai	20 %	0 %	20 %	10 %
Juin	20 %	20 %	0 %	20 %
Juillet	25 %	40 %	0 %	30 %
Août	25 %	40 %	0 %	25 %
Septembre	0 %	0 %	0 %	10 %
Octobre	0 %	0 %	0 %	0 %
Novembre	0 %	0 %	0 %	0 %
Décembre	0 %	0 %	0 %	0 %

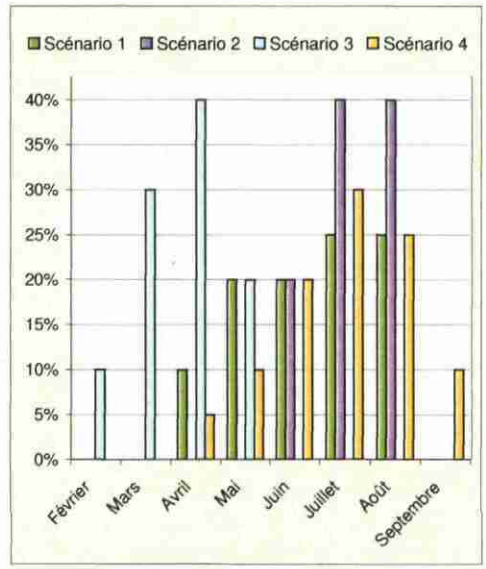


Illustration 13 – Tableau de rappel de l'hypothèse de travail Pourcentage des prélèvements mensuel.

Concernant les stations pour lesquelles aucune chronique piézométrique n'a pu être intégrée en entrée du modèle, aucune fonction de transfert n'a pu être établie entre un niveau

piézométrique représentatif de l'état de recharge de la nappe et le débit du cours d'eau. Dans ce cas, l'approche du volume disponible est donc moins pertinente.

Dans le but d'évaluer un ordre de grandeur, l'estimation a malgré tout été réalisée pour chacune de ces stations selon le scénario de prélèvements 1 et avec un débit minimal égal au QMNA5 simulé par le modèle, pour différentes périodes de retour de la pluie (Illustration 14).

T.C.	20 ans hum.	10 ans hum.	5 ans hum.	médiane	5 ans sec.
TOTAL	11.4	6.3	3.4	0.5	0.0

Illustration 14 – Volumes disponibles en Mm^3 par rapport au QMNA5 simulé en fonction de la période de retour de la pluie.

Remarque importante

Selon les cas, les modèles des différents débits sont calibrés de telle sorte :

1) **qu'ils ne soient pas influencés par les pompages saisonniers. De cette manière, les volumes estimés doivent être considérés comme volumes disponibles nets,**

2) **qu'ils intègrent explicitement les pompages grâce à l'utilisation d'une fonction « Peigne » en entrée. Là encore, les volumes estimés doivent être considérés comme volumes disponibles nets car les pompages ne sont pas pris en compte dans les prévisions (fonction « Peigne »=0).**

Dans tous les cas, les volumes disponibles obtenus à partir des prévisions de débit sont des volumes nets à l'exception toutefois des prélèvements permanents, AEP et prélèvements industriels, qui sont, eux, non comptabilisés.

3. Le Marais Poitevin

3.1. CONTEXTE GENERAL, DELIMITATION DE ZONES DE GESTION COHERENTES

Le Marais Poitevin est situé sur deux régions : les Pays de la Loire et le Poitou-Charentes. La présente étude concerne les bassins versants de la partie vendéenne du Marais Poitevin qui s'étendent de la façade atlantique du département de la Vendée jusqu'au département des Deux Sèvres.

Géologiquement, le Marais Poitevin se situe à la rencontre de deux entités géologiques majeures : la bordure sud du Massif Armoricain et la limite septentrionale du Bassin Aquitain (Illustration 15). Ainsi, dans le Sud de la Vendée, on peut distinguer quatre régions :

- le socle armoricain au Nord (en marron sur l'Illustration 15), composé par les schistes, granites et gneiss du Paléozoïque ;

- le secteur nord de la plaine sud vendéenne (en vert). Il correspond aux plateaux liasiques entaillés par les vallées comme la Smagne, la Vendée ou l'Autise ;

- la « plaine » (en jaune sur la carte en Illustration 15) formant un vaste plateau de 500 km^2 d'âge Jurassique Moyen (Dogger), de relief peu marqué s'inclinant doucement vers le Sud pour s'ennoyer sous le marais ;

- l'extrême sud de la Vendée, dépression comblée au Quaternaire par les sédiments argileux marins, ou Bri (en blanc avec figurés verts en Illustration 15), déposés pendant la transgression flandrienne. C'est une région plate à la cote +2 à +3m NGF, drainée par de nombreux canaux.

La structure tectonique est marquée par plusieurs failles dont la direction est NW-SE. Ces fracturations d'orientation « sud-armoricaines » datent de l'orogenèse hercynienne. Les failles généralement sub-verticales ont des rejets parfois importants (plusieurs dizaines de mètres à Saint-Aubin-la-Plaine). Elles se situent pour la plupart dans une zone centrale entre Fontenay-le-Comte et La Claye.

Ces failles sub-parallèles en blocs abaissés ou surélevés constituent une structure appelée en « touches de piano ». Les principaux compartiments effondrés (grabens), comme ceux de Sainte-Gemme-la-Plaine et de Nalliers, concentrent les écoulements tandis que les blocs remontés (horsts) forment des dômes piézométriques (région de Corpe ou de Saint-Aubin-la-Plaine).

Un autre réseau de failles moins important s'oriente orthogonalement au premier et correspond au réseau de fractures secondaires qui conditionnent en partie la productivité de l'aquifère de la nappe du Lias inférieur.

Sur la surface des calcaires de la plaine (Dogger), un réseau karstique se développe jouant un rôle essentiel dans la circulation des eaux et la productivité des nappes aquifères.

Dans le cadre de cette étude, cet espace géographique a été subdivisé en 3 grandes entités :

- le bassin du Lay en grande partie constitué par des terrains de socle ;
- le bassin de la Vendée auquel est adjointe la zone des marais au Nord de la Sèvre Niortaise. La partie amont de ce bassin versant correspond à du socle. Il est à noter la quasi-absence de circulation superficielle dans la partie du bassin versant où affleure le Dogger, ce qui traduit l'importance des circulations souterraines.
- le bassin de l'Autise avec une partie amont triangulaire correspondant au socle, bien drainé par le réseau superficiel, et une partie aval correspondant aux terrains calcaires de l'Infra-Toarcien et du Dogger. Ce bassin est partagé entre Vendée et Deux-Sèvres.

En Vendée, le réseau hydrographique est très contrasté entre le Nord et le Sud. En effet, au Nord, les cours d'eau prennent naissance dans le bocage vendéen, dans les terrains schisteux et gréseux du socle. La faible perméabilité de ces terrains favorise donc un réseau dense de cours d'eau.

Aux abords de la plaine jurassique, les cours d'eau deviennent plus rares, le réseau se simplifie. Les formations calcaires perméables de la plaine jurassique ne sont drainées que par les principales rivières. Le réseau hydrographique est quasiment absent sur les terrains calcaires karstiques du Dogger (en jaune sur la carte en Illustration 15).

En revanche, les argiles imperméables du marais (Bri) ont favorisé l'élaboration d'un réseau très dense de canaux drainant le marais.

Plusieurs tronçons de rivières s'assèchent totalement en période d'étiage.

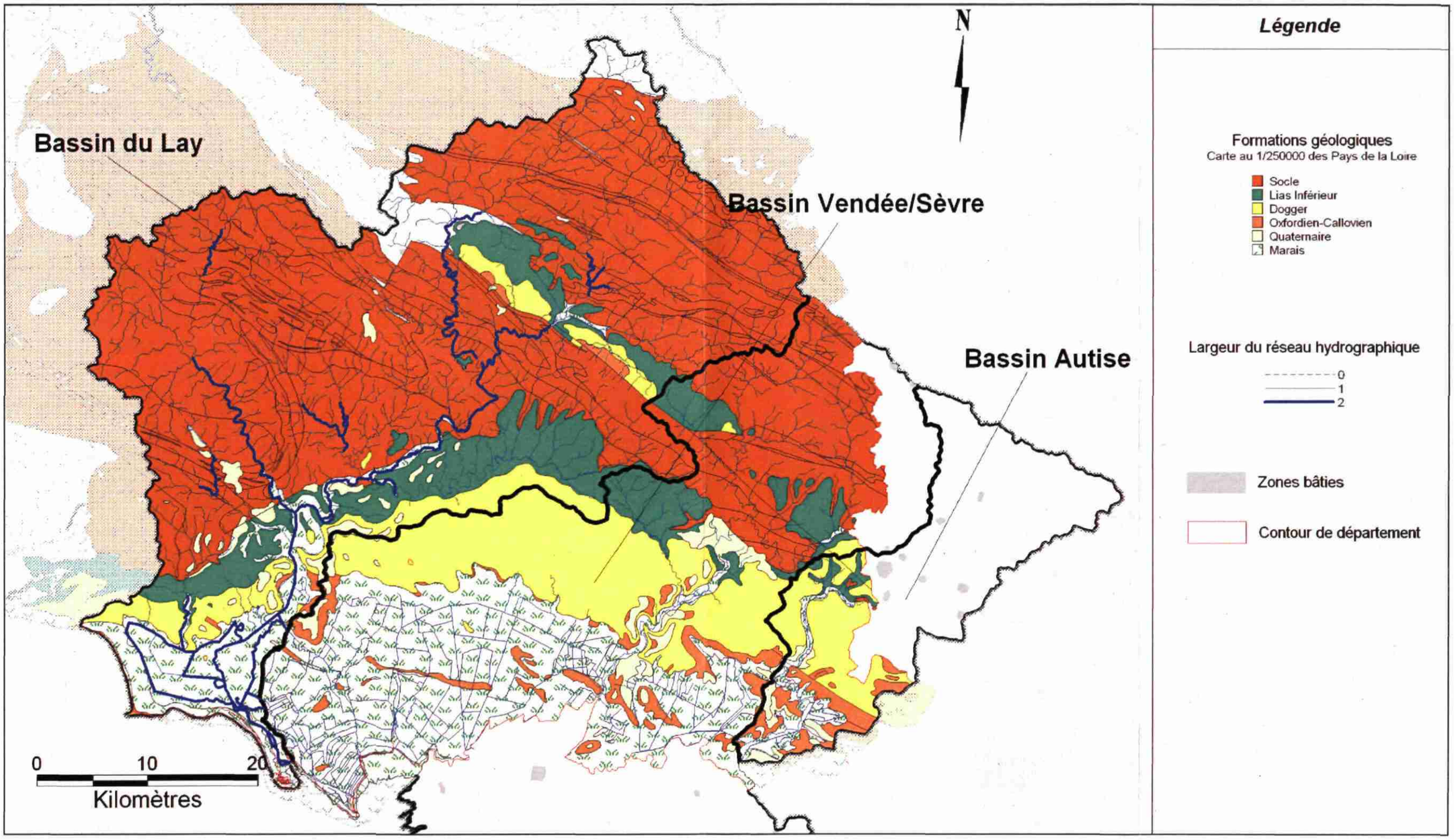


Illustration 15 – Carte géologique simplifiée et contours des zones de gestion.

3.2. LA GEOLOGIE

Les formations géologiques rencontrées dans le secteur sont représentées dans le log stratigraphique (Illustration 16).

3.2.1. Le Paléozoïque

Essentiellement composé de gneiss, granites et schistes, le socle affleure au Nord de la zone d'étude. Selon les rares forages profonds effectués dans les marais, les terrains paléozoïques sous-jacents au secondaire et formant la base de la stratigraphie sont des schistes (exemple : forage 06093X0118).

3.2.2. Le Mésozoïque (Jurassique)

La base du recouvrement jurassique débute par un niveau d'argiles rouges au-dessus desquelles viennent des argiles vertes où sont intercalés des bancs dolomitiques. C'est l'**Infra-Lias**.

Le Jurassique inférieur (Lias)

L'**Hettangien-Sinémurien** (ou Sinémuro-Hettangien) est représenté par des calcaires compacts à structure oolithique qui se placent au somment du Lias inférieur. Ces terrains sont des calcaires jaunes bruns plus ou moins décalcifiés et dolomitisés.

Le **Pliensbachien** débute généralement par des calcaires gréseux plus ou moins conglomératiques qui ravinent le Lias inférieur. Un faciès argilo-calcaire pétri d'oolithes ferrugineuses surmonte ces calcaires dont le sommet est bioturbé et oxydé (sous-étage du Carixien).

Au dessus, le Domérien, deuxième sous-étage composant le Pliensbachien, est constitué par des bancs calcaires plus ou moins argileux qui alternent avec des lits marneux plus minces.

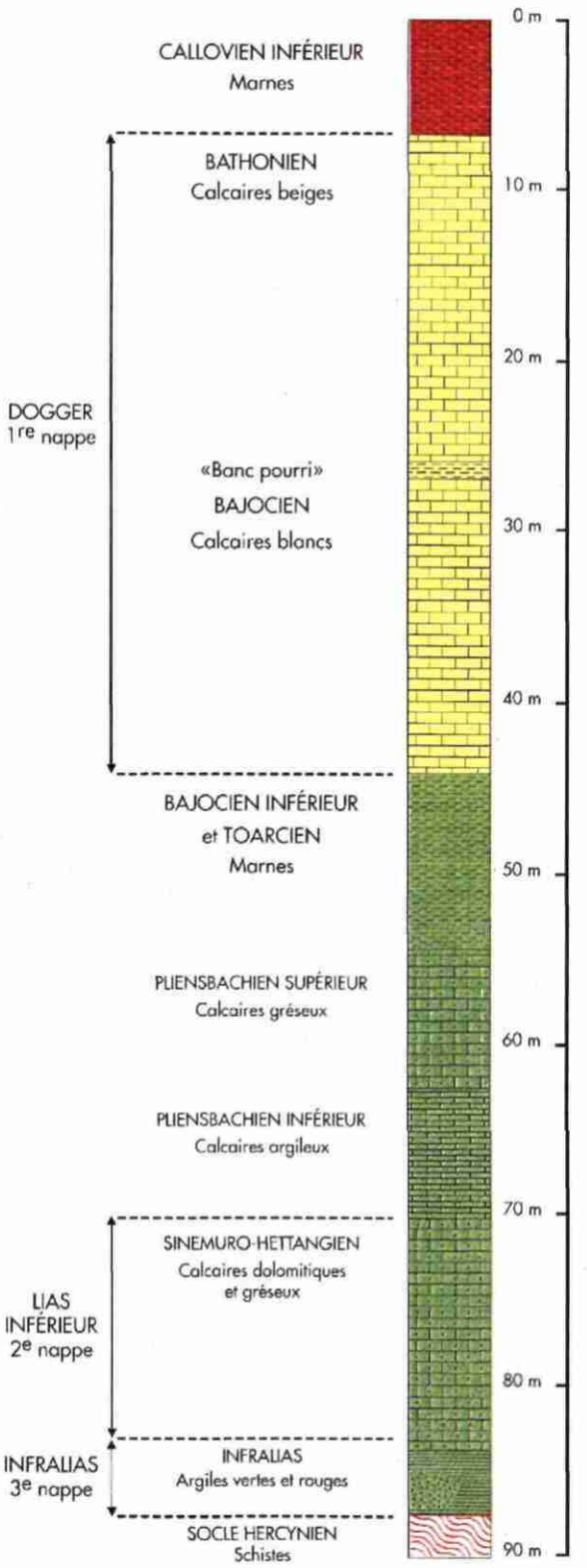


Illustration 16 – Log stratigraphique (Conseil Général de Vendée)

En raison de sa faible épaisseur, l'**Aalénien** n'est pas distingué du **Toarcien.** Les deux étages sont globalement représentés par un même ensemble marneux continu qui se présente comme suit (de bas en haut) :

- 3 m de marnes grises à intercalations calcaires ;
- 8 m de marnes plus épaisses avec moins de bancs calcaires ;
- 10 m de marnes avec nombreuses intercalations de calcaire argileux gris ;
- 2 m de marnes et calcaires argileux en bancs peu épais ;
- 0.30 m de calcaire argileux contenant des oolithes ferrugineuses.

Le Jurassique moyen (Dogger)

A la base du **Bajocien**, on trouve un calcaire argileux à spongiaires alternant avec des marnes compactes. Au-dessus viennent un calcaire gris argileux en bancs peu épais puis un niveau calcaire graveleux blanchâtre.

Le **Bathonien** se décompose de la manière suivante :

- *Le Bathonien inférieur :* il comprend des calcaires graveleux, des marno-calcaires en bancs minces (le « banc pourri » des anciens auteurs), des calcaires graveleux blanchâtres à ponctuations ferrugineuses.

- *Le Bathonien moyen :* c'est un calcaire blanchâtre, micro-graveleux. Il peut renfermer des spongiaires abondants dans certains bancs.

- *Le Bathonien supérieur :* c'est un calcaire graveleux terminé par un banc remarquable très fossilifère de calcaire gris roux compact conglomératique.

Le **Callovien** n'affleure guère en-dehors du Marais et de ses bordures. Il comporte deux couches marneuses imperméables alternant avec deux assises plus dures où dominent les calcaires argileux.

Cette succession lithostratigraphique détermine deux grands systèmes aquifères d'importance régionale séparés par les marnes du Toarcien (Aalénien) :

- **l'Infra-Toarcien : aquifère multicouche correspondant aux calcaires, dolomies et grès de l'Hettangien au Pliensbachien ;**
- **le Dogger : aquifère calcaire karstique du Bathonien-Bajocien.**

3.3. LES RESEAUX DE MESURES

3.3.1. Le réseau piézométrique de Vendée

Pour l'exploitabilité des eaux souterraines du Marais Poitevin, les points piézométriques utilisés dans l'étude sont ceux issus du réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines de la Vendée (RDESOUP85). Ce réseau départemental de suivi des eaux souterraines est constitué de 41 piézomètres, dont 5 abandonnés, 13 qui appartiennent au réseau de bassin Loire-Bretagne et 5 qui appartiennent au réseau national. Les premières mesures remontent à 1985. La mise en place des piézomètres s'échelonne ensuite jusqu'à 1998. Le gestionnaire de ce réseau est le Conseil Général de Vendée.

Dans les bassins concernés par ce travail, ce réseau compte 25 piézomètres. La répartition de ces points de mesures est présentée par la carte ci-dessous (Illustration 17). Chaque ouvrage fait l'objet d'une fiche détaillée en Annexe de ce rapport. Leurs caractéristiques principales sont récapitulées en tableau (Illustration 18).

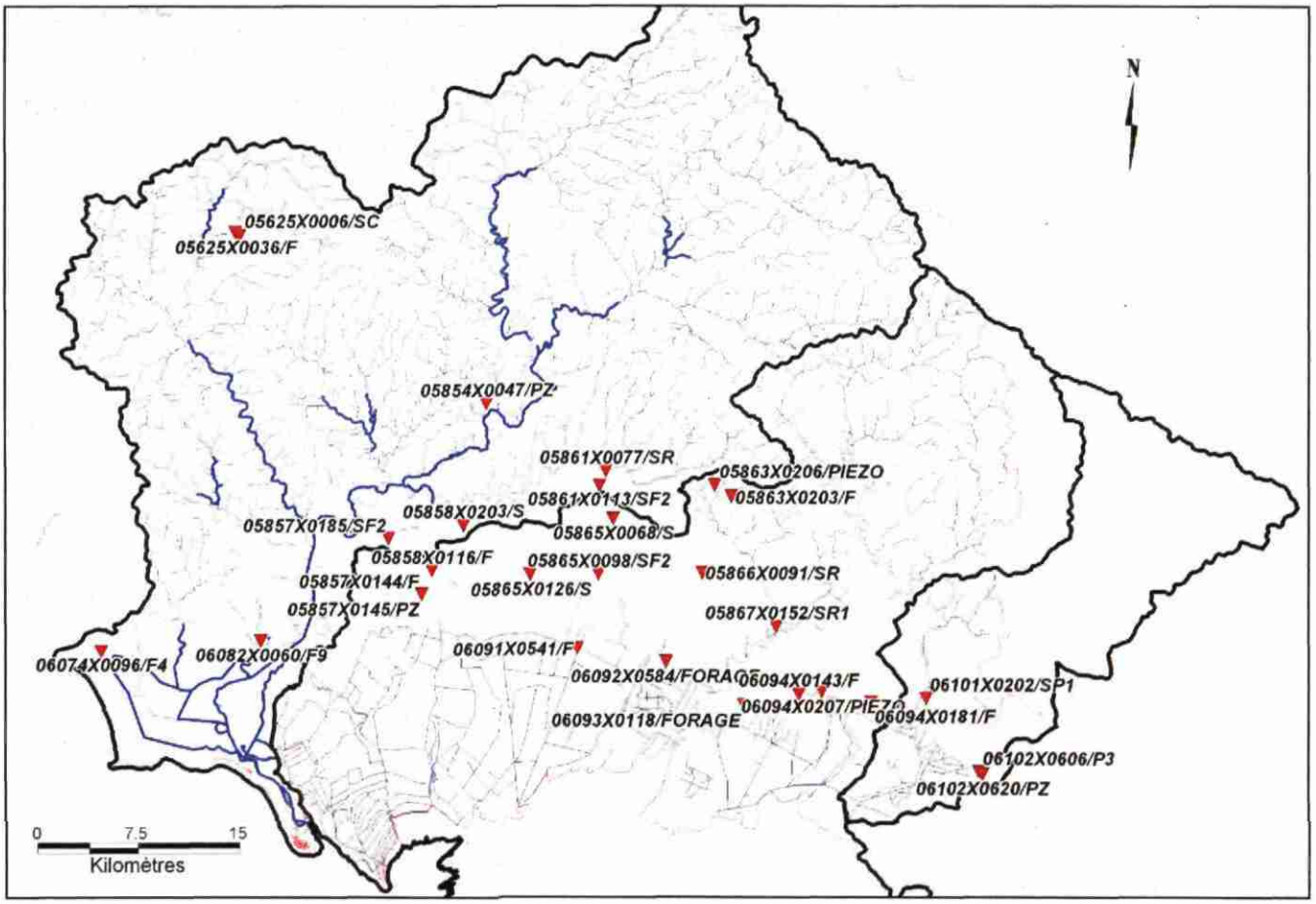


Illustration 17 – Carte de localisation des piézomètres du Conseil Général de Vendée dans la zone d'étude.

ZONE DE GESTION	INDICE	LIBELLE	Commune	XL2	YL2	Altitude (m NGF)	Profondeur (en m)	Mise en service	Périodicité	Fermeture	Aquifère suivi		Masse d 'eau		SECTEUR (Bassin versant)		INDICE	ZONE DE GESTION
LAY	05625X0036/F	forage des Ajoncs	LA ROCHE-SUR-YON	315 940	2 195 600	89.91	70	23/11/1993	journalier		SOCLE	Libre	4030	Socle du BV du Marais Poitevin	N3	le lay & ses affluents	05625X0036/F	LAY
	05854X0047/PZ	forage du Bois Sorin	BOURNEZEAU	334 660	2 182 880	55.5	16	15/05/1992	journalier		SOCLE	Libre	4030	Socle du BV du Marais Poitevin	N3	le lay & ses affluents	05854X0047/PZ	
	05861X0113/SF2	forage de la la Ville Morte	THIRE	343 140	2 176 770	51.93	53	20/09/1987	journalier		INFRA-TOARCIEN	Captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N3	le lay & ses affluents	05861X0113/SF2	
	05857X0185/SF2	*forage*	*PEAULT*	*327 400*	*2 172 890*	*27.36*	*71*	*10/10/1986*	*journalier*		INFRA-TOARCIEN	Captif	*4042*	*Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée*	N3	le lay & ses affluents	*05857X0185/SF2*	
	05858X0203/S	forage de la Chaume	CORPE	332 950	2 173 850	26.95	70	05/01/1993	journalier		DOGGER et INFRA-TOARCIEN	Captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N3	le lay & ses affluents	05858X0203/S	
	06074X0096/F4	forage de l'Aurière	LONGEVILLE-SUR-MER	305 800	2 164 480	4.26	38	05/09/1990	journalier		DOGGER	Libre	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N3	le lay & ses affluents	06074X0096/F4	
	06082X0060/F9	forage des Caillettes	SAINT-BENOIST-SUR-MER	317 770	2 165 280	3.44	33	15/11/1996	journalier		DOGGER	Semi-captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N3	le lay & ses affluents	06082X0060/F9	
VENDEE/SEVRE NIORTAISE	05865X0068/S	forage du Petit Magnil	SAINT-ETIENNE-DE-BRILLOUET	344 160	2 174 300	39.8	72.2	30/09/1985	journalier		INFRA-TOARCIEN	Captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N8	la sevre niortaise de la vendee (nc) à la mer & côtiers du chenal de la	05865X0068/S	VENDEE/SEVRE NIORTAISE
	05865X0098/SF2	forage du Gd Crochet	NALLIERS	343 030	2 170 220	26.01	89	31/07/1990	journalier		INFRA-TOARCIEN	Captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N8	la sevre niortaise de la vendee (nc) à la mer & côtiers du chenal de la	05865X0098/SF2	
	05858X0116/F	forage	LUCON	330 640	2 170 500	33	95	05/10/1992	journalier		INFRA-TOARCIEN	Captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N8	la sevre niortaise de la vendee (nc) à la mer & côtiers du chenal de la	05858X0116/F	
	05863X0206/PIEZO	forage des vergnères	SAINT-MARTIN-DES-FONTAINES	351 730	2 176 790	67.65	33	31/03/1995	journalier		INFRA-TOARCIEN	Captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N7	la vendee & ses affluents	05863X0206/PIEZO	
	05863X0203/F	forage	MARSAIS-SAINTE-RADEGONDE	352 970	2 175 950	41.5	25	09/12/1994	journalier		INFRA-TOARCIEN	Captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N7	la vendee & ses affluents	05863X0203/F	
	05866X0091/SR	forage du bourg	PETOSSE	350 780	2 170 310	48	76.9	31/05/1992	journalier		INFRA-TOARCIEN	Captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N7	la vendee & ses affluents	05866X0091/SR	
	05865X0126/S	forage du Tous Vents	SAINT-AUBIN-LA-PLAINE	337 925	2 170 150	10.22	46	20/12/1988	journalier		DOGGER	Semi-captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N8	la sevre niortaise de la vendee (nc) à la mer & côtiers du chenal de la	05865X0126/S	
	06091X0541/F	forage de la Bonde coteau	NALLIERS	341 450	2 164 700	3.5	50	20/08/1990	journalier		DOGGER	Captif	4126	Calcaires et marnes captifs sous Flandrien du Lias et Dogger du Sud vendée	N8	la sevre niortaise de la vendee (nc) à la mer & côtiers du chenal de la	06091X0541/F	
	05857X0144/F	forage	LUCON	329 850	2 168 750	7.42	98	10/10/1985	journalier		DOGGER et INFRA-TOARCIEN	Captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N8	la sevre niortaise de la vendee (nc) à la mer & côtiers du chenal de la	05857X0144/F	
	05857X0145/PZ	forage	LUCON	329 850	2 168 745	7.57	0	10/10/1985	journalier		DOGGER	Libre	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N8	la sevre niortaise de la vendee (nc) à la mer & côtiers du chenal de la	05857X0145/PZ	
	06092X0584/FORAGE	forage du Breuil	LE LANGON	348 100	2 163 660	4.35	15	30/06/1990	journalier		DOGGER	Semi-captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N8	la sevre niortaise de la vendee (nc) à la mer & côtiers du chenal de la	06092X0584/FORAGE	
	05867X0152/SR1		FONTENAY-LE-COMTE	356 340	2 166 310	4.71	25	31/08/1987	journalier		DOGGER	Semi-captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N7	la vendee & ses affluents	05867X0152/SR1	
	06093X0118/FORAGE	forage de Chottard	MONTREUIL	353 920	2 160 470	3.99	93	30/05/1992	journalier		DOGGER et INFRA-TOARCIEN	Captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N6	la sevre niortaise de l'autize (nc) à la vendee (nc)	06093X0118/FORAGE	
	06094X0143/F	forage de Billaude	DOIX	358 075	2 161 250	4.78	70	14/05/1996	journalier		DOGGER	Semi-captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N6	la sevre niortaise de l'autize (nc) à la vendee (nc)	06094X0143/F	
	06094X0207/PIEZO	forage	FONTAINES	359 800	2 161 480	4	46	14/05/1996	journalier		DOGGER	Semi-Captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N6	la sevre niortaise de l'autize (nc) à la vendee (nc)	06094X0207/PIEZO	
	06094X0181/F	forage de Chalais	SAINT-PIERRE-LE-VIEUX	363 450	2 160 700	3	36	16/08/1989	journalier		DOGGER	Semi-captif	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N6	la sevre niortaise de l'autize (nc) à la vendee (nc)	06094X0181/F	
AUTISE	06101X0202/SP1	forage du Gd Nati	OULMES	367 590	2 160 990	10.2	41	10/07/1987	journalier		DOGGER	Libre	4042	Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée	N5	l'autize & ses affluents	06101X0202/SP1	AUTISE
	06102X0606/P3	*forage d'Aziré*	*BENET*	*371 560*	*2 155 580*	*4.5*	*25*	*22/08/1990*		*21/09/2005*	*DOGGER*	*Libre*	*4042*	*Calcaires et marnes du Lias et Dogger libre du Sud vendée*	N5	l'autize & ses affluents	*06102X0606/P3*	

Illustration 18 - Tableau des caractéristiques des piézomètres pris en compte dans l'étude par zone de gestion

3.3.2. Le réseau de stations de débit

La DIREN gère un réseau de mesures des débits des rivières. Les données de ces stations de jaugeage ont été collectées sur Internet via le site de la banque HYDRO : www.hydro.eaufrance.fr.

Les chroniques utilisées et disponibles sont variables selon les stations (à partir de 1985 pour les plus anciennes). Ce réseau comptabilise 12 stations sur le secteur : 7 stations situées sur le bassin du Lay, 2 stations sur le bassin de l'Autise et 3 stations sur la Vendée – Sèvre niortaise.

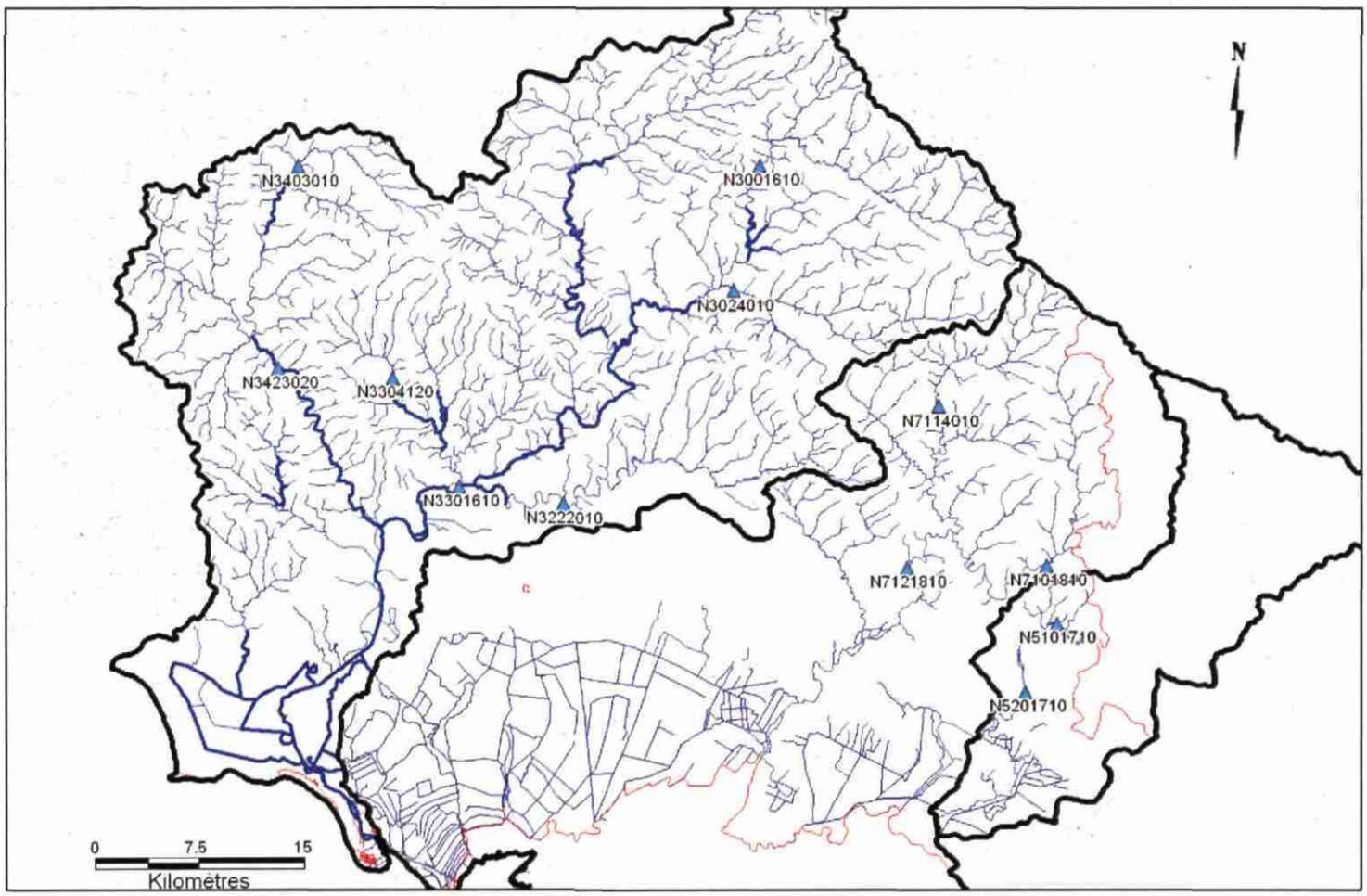


Illustration 19 – Carte de localisation des stations de débit de la DIREN dans la zone d'étude.

3.4. DESCRIPTION DES BASSINS VERSANTS

3.4.1. Bassin versant du Lay

L'Illustration 22 présente la carte géologique synthétique du bassin. Les piézomètres ainsi que les stations hydrométriques y sont localisés. Sur cette carte sont également positionnés les ouvrages de prélèvement référencés en Banque de données du Sous-Sol (BSS).

Au Nord, une grande partie du bassin du Lay est constitué par des terrains du Massif Armoricain (granite, gneiss, schistes, grès...). Ces terrains sont surmontés au Sud par des terrains sédimentaires jurassiques qui représentent une frange d'environ 5 km à l'Est et 15 km au Sud-Ouest du bassin. Ces formations jurassiques s'enfoncent vers le centre du Marais Poitevin selon une pente de l'ordre de 8 pour 1000.

Dans la série sédimentaire, à la base de ce recouvrement jurassique, on observe les calcaires dolomitiques et gréseux du Lias inférieur, d'une puissance de 12 m environ. L'Hettangien-Sinémurien est représenté par des calcaires compacts à structure oolithique. C'est le principal niveau aquifère de l'ensemble multicouche du Lias encore appelé « Infra-Lias ». Ce niveau aquifère est libre au Nord de la plaine et devient captif sous les marnes du Lias supérieur au Sud de celle-ci. Le socle hercynien et/ou les argiles infraliasiques constituent la base de l'aquifère (

Illustration 20).

Parmi les piézomètres situés dans ce bassin du Lay (7), seuls trois ouvrages suivent uniquement cet aquifère. Ces trois piézomètres sont en nappe captive (05858X0203, 05861X0113, 05857X0185).

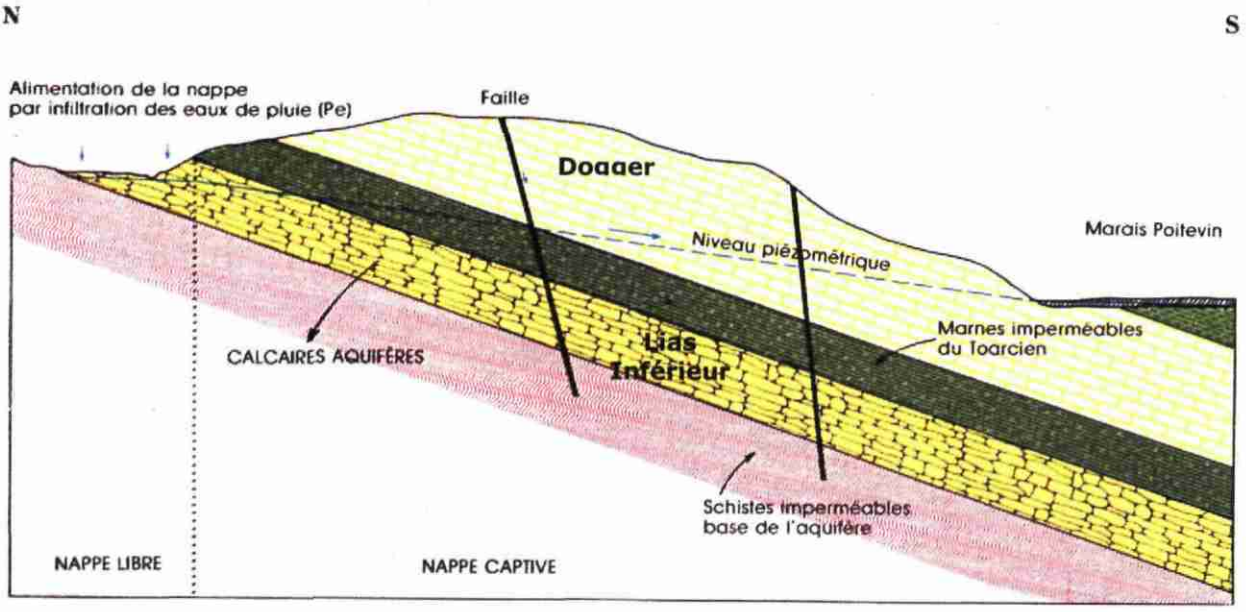


Illustration 20 – Nappe du Lias inférieur (source : Conseil Général de Vendée).

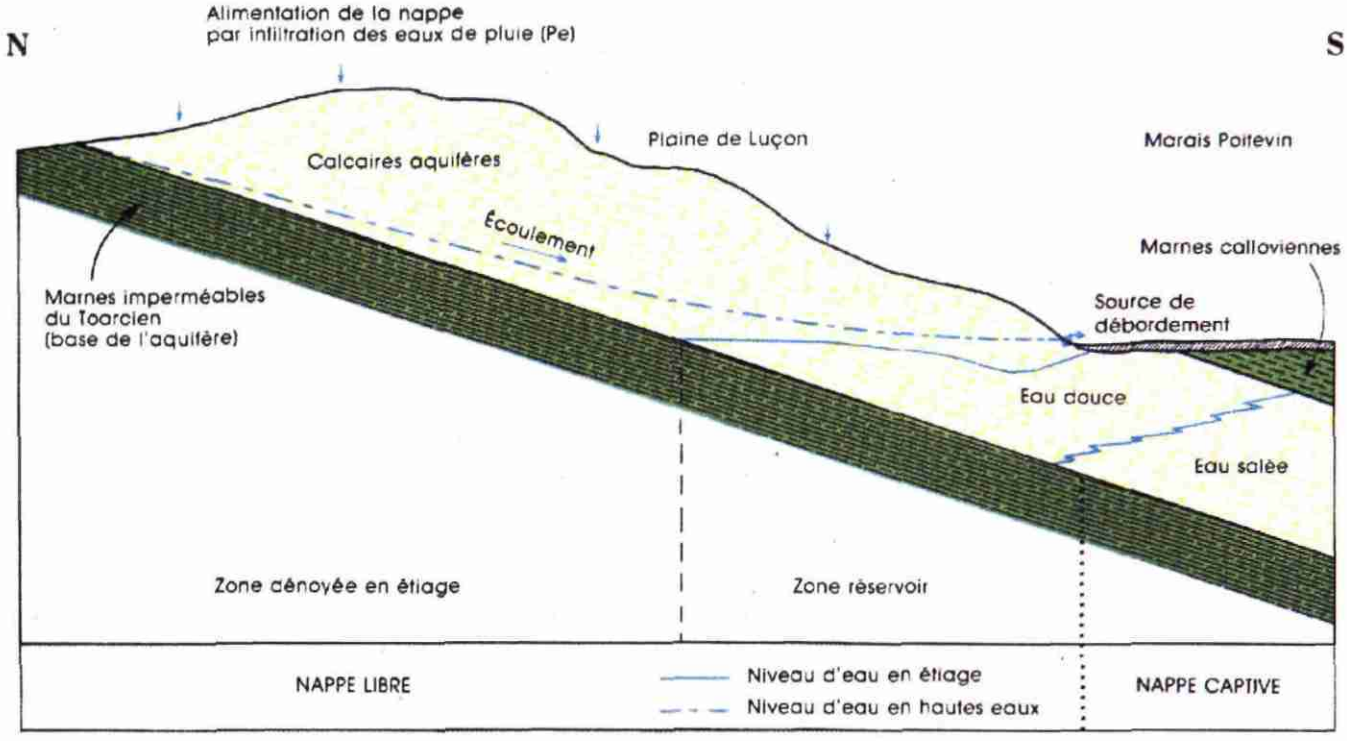
Au-dessus des marnes imperméables du Toarcien-Aalénien et de la base du Bajocien, le Dogger (Bajocien et Bathonien) est composé de calcaires graveleux plus ou moins crayeux blancs beiges, altérés et diaclasés sur la première dizaine de mètres. L'épaisseur totale du Dogger est d'une quarantaine de mètres. Un « banc pourri » sépare les calcaires bajociens et les calcaires bathoniens.

Au niveau du Marais Poitevin, la nappe du Dogger devient captive sous les marnes du Callovien (Illustration 21). La nappe du Dogger est donc verticalement bien délimitée entre les marnes du Toarcien et celles du Callovien. Dans le bassin du Lay, les affleurements du Dogger sont moins étendus que ceux du Lias.

L'aquifère du Dogger est très karstique surtout dans sa partie superficielle. En profondeur c'est l'importance de la fracturation qui conditionne la productivité de la nappe. Sous le Marais, l'aquifère devient moins productif et les eaux sont en générale salée. En bordure du Marais, cette nappe vient alimenter des sources de débordement qui contribuent aux apports en eau douce du marais. En été, le niveau de la nappe, sous l'effet de son exploitation, descend en général très nettement au-dessous du niveau des eaux superficielles.

Les deux piézomètres qui suivent cette nappe sont situés à l'extrême Sud Ouest du bassin (06074X0096 et 06082X0060). La nappe du Dogger y est libre. Son alimentation se fait par infiltration directe de la pluie dans les formations.

Illustration 21 – Nappe du Dogger (source : Conseil Général de Vendée).



BASSIN VERSANT DU LAY

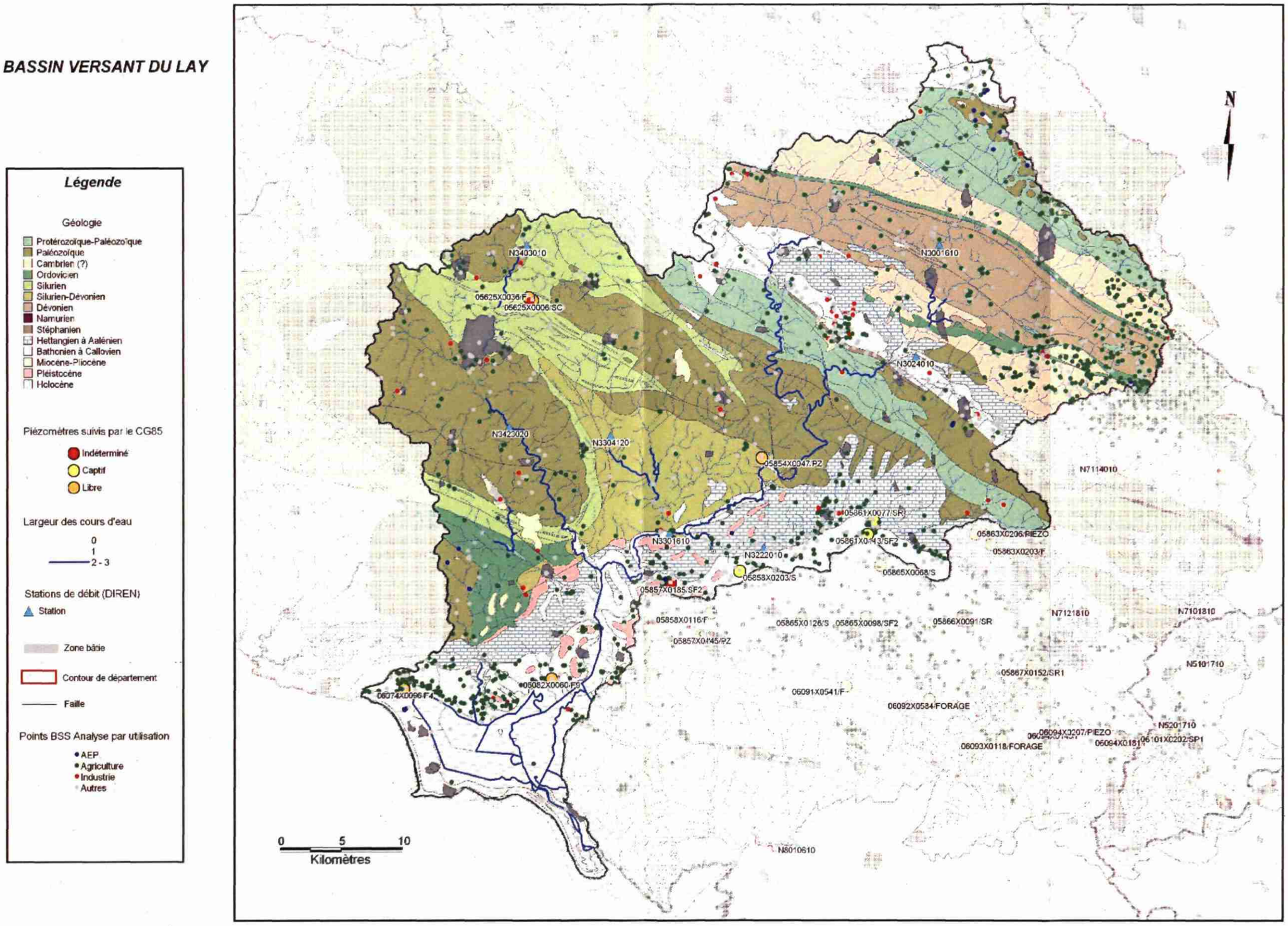


Illustration 22 - Géologie et hydrogéologie du bassin versant du Lay

3.4.2. Bassin versant de la Vendée / Sèvre Niortaise.

L'Illustration 23 présente une carte géologique et hydrogéologique du bassin sur laquelle sont localisés les piézomètres ainsi que les stations hydrométriques. Sur cette carte sont également positionnés les ouvrages de prélèvement référencés en Banque de données du Sous-Sol (BSS).

Le bassin versant de la Vendée

La Vendée s'écoule depuis le Nord-Est vers le Sud-Ouest. Le contexte géologique de ce bassin versant est similaire à celui du Lay. Le secteur Nord-Est du bassin versant est une zone de socle constituée de schistes, de gneiss et de granites appartenant au Massif Armoricain.

Au Sud affleurent les calcaires et marnes du Jurassique.

Les schistes sont imperméables et forment la base de l'aquifère infra-Toarcien. Les marnes du Toarcien délimitent le mur de l'aquifère du Dogger. Les deux nappes sont suivies par 4 piézomètres :

- 1 suit le Dogger : 05867X0152 ;
- 3 suivent l'Infra-Toarcien : 05863X0203 ; 05863X0206 ; 05866X0091.

La zone des marais au Nord de la Sèvre Niortaise

A cet ensemble a été adjoint une importante zone de marais de part et d'autre du débouché de la Vendée dans la Sèvre Niortaise. Les terrains rencontrés dans cette zone sont le Bri flandrien au cœur des marais et les calcaires du Dogger sur la partie nord du secteur. Le Dogger est très peu parcouru par des cours d'eau en raison de sa forte perméabilité, seules les grandes rivières drainent la surface topographique. Les formations sédimentaires sont les mêmes que celles décrites pour le bassin versant du Lay.

Douze piézomètres sont localisés sur ce secteur :

- 9 suivent le Dogger : 06094X0143, 06094X0181, 06094X0207, 05857X0145, 05865X0126, 06091X0541, 06092X0584, 06093X0118, 05857X0144 ;
- 3 suivent l'Infra-Toarcien : 05858X0116, 05865X0068, 05865X0098.

3.4.3. Bassin versant de l'Autise

L'Illustration 24 présente une carte géologique du bassin sur laquelle sont localisés les piézomètres ainsi que les stations hydrométriques. Sur cette carte sont également positionnés les ouvrages de prélèvement référencés en Banque de données du Sous-Sol (BSS).

Le bassin versant de l'Autise est situé à l'extrémité est de la zone d'étude. Seule la partie aval du bassin versant de l'Autise est vendéenne. En amont du bassin, l'Autise draine le socle armoricain puis s'écoule sur la plaine jurassique constituée de Lias et de Dogger pour enfin déboucher dans les marais.

A l'amont, sur le socle, le réseau hydrographique est dense et le bassin est en forme d'éventail ce qui traduit un bon drainage. A l'arrivée sur les calcaires de l'Infra-Toarcien surtout du Dogger, les eaux de l'Autise ont tendance à se perdre dans les nappes. Le tronçon en amont du marais est souvent en grande partie à sec, et le cours de la rivière apparaît « perché » par rapport à la nappe. Le réseau hydrographique redevient plus dense sur le Callovien marneux et sur les argiles du Bri.

Ce bassin versant est suivi par deux piézomètres en région Pays de la Loire : 06101X0202 et 06102X0606/P3 (suivi terminé depuis le 21/09/2005).

BASSIN VERSANT DE LA VENDEE / SEVRE NIORTAISE

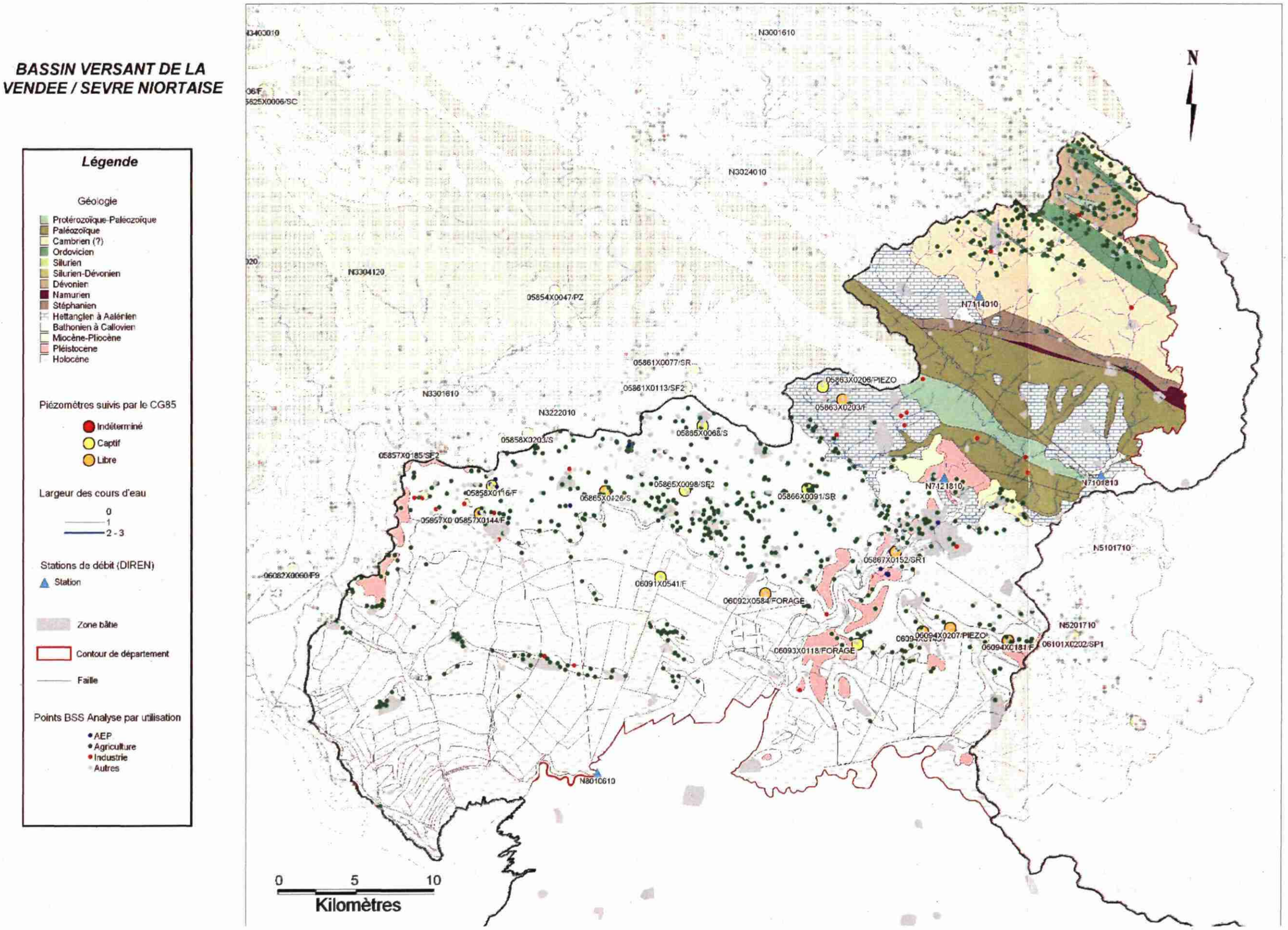


Illustration 23 - Géologie et hydrogéologie du bassin versant de la vendée / Sèvre Niortaise

BASSIN VERSANT DE L'AUTIZE

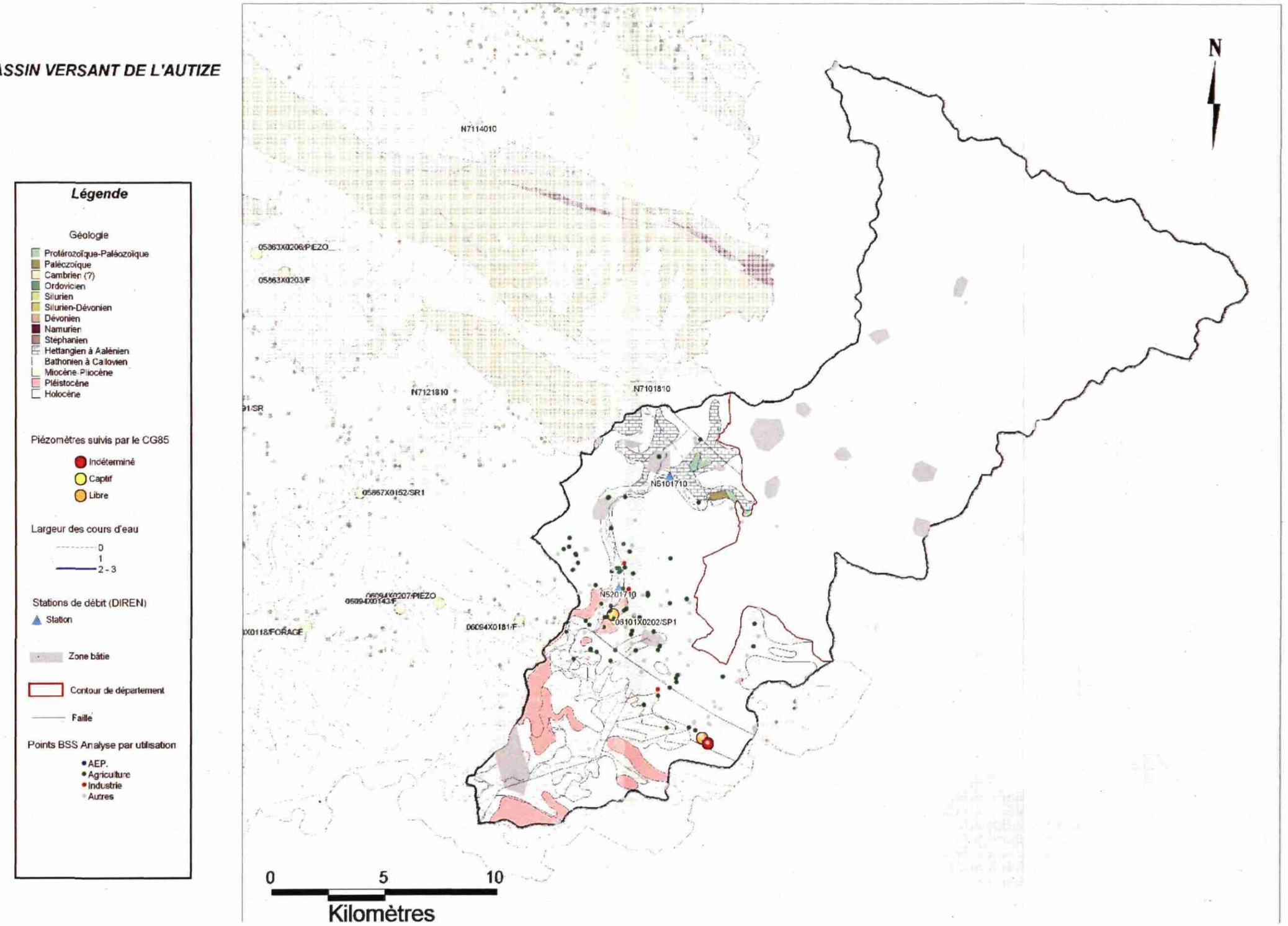


Illustration 24 - Géologie et hydrogéologie du bassin versant de l'Autise

4. Bassin du Lay - Modélisation

4.1. ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES ET PROPOSITION D'INDICATEURS

4.1.1. Socle

Piézomètre 05625X0036/F – Forage des Ajoncs (La Roche-sur-Yon)

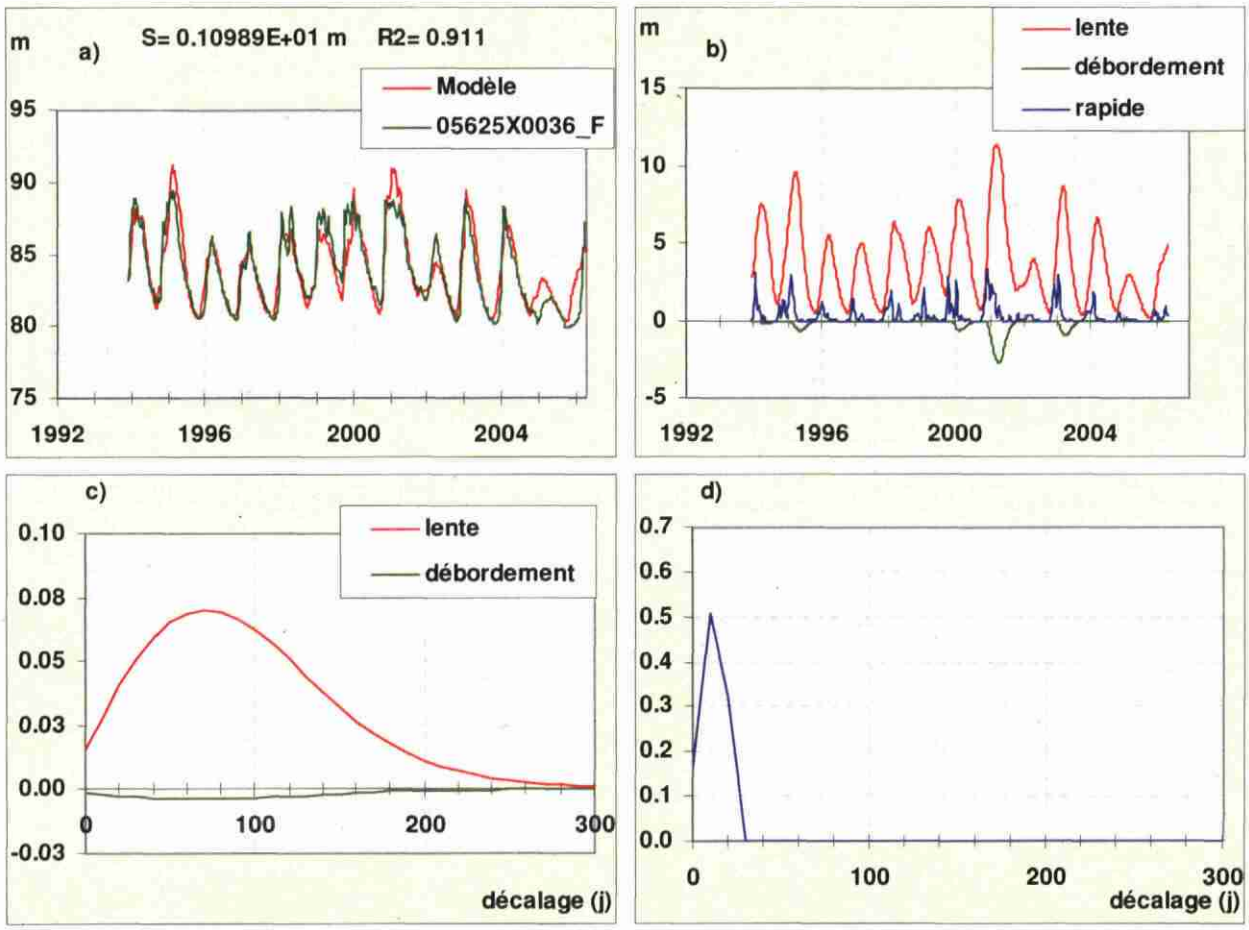


Illustration 25 - Le piézomètre 05625X0036. a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Ce piézomètre est situé au Nord-Est de la Roche-sur-Yon, dans le socle à une altitude de 90 m NGF et sa profondeur est de 70 m.

Parmi les différentes composantes des variations piézométriques, la composante rapide qui est ici très faible se réfère aux processus d'infiltration au travers du réseau de fractures de la zone non saturée. Un seuil haut est mis en évidence à la cote 88,7 m qui semble correspondre à l'altitude de la vallée qui s'ouvre au niveau du site industriel à proximité (présence d'étangs).

La modélisation met en évidence des transferts lents prépondérants. Après un épisode de pluie, la composante rapide se manifeste immédiatement et va en augmentant pendant 10 jours puis diminue jusqu'à ne plus apparaître au bout de 30 jours. La composante lente (comportement libre), connaît un maximum environ 2.5 mois après l'épisode pluvieux et le passage total de l'impulsion de pluie ne s'observe qu'au bout d'environ 8 mois.

Le modèle est particulièrement bien calé. La chronique ne montre pas d'impact de pompages.

En prévision à long terme (Illustration 26), le modèle donne un niveau piézométrique d'étiage voisin de 81 m NGF en année sèche.

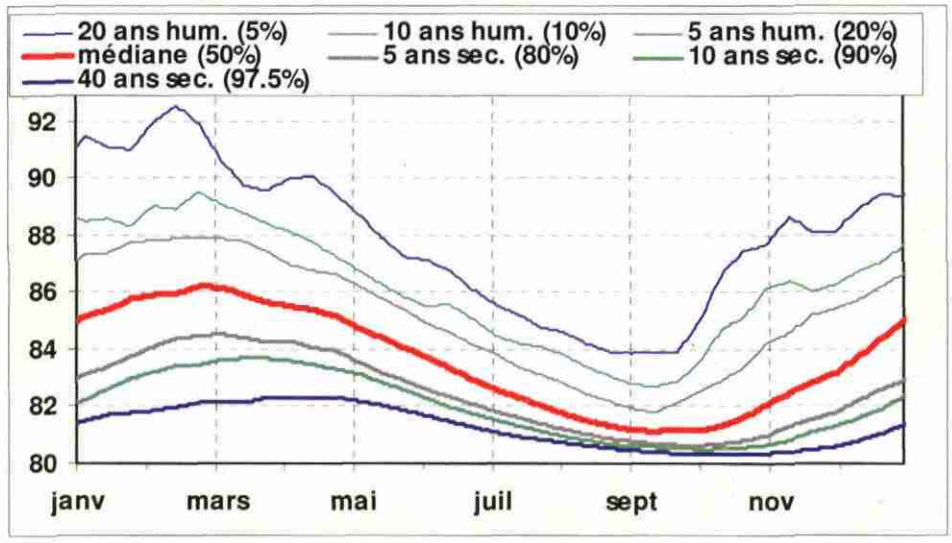


Illustration 26 - Le piézomètre 05625X0036. Représentation des quantiles (Prévision à long terme).

La superposition des courbes théoriques (5 ans sec et 40 ans sec) et de la chronique réelle (Illustration 27) met en évidence une bonne cohérence entre le modèle théorique et les observations (en particulier les courbes de tarissement). Les niveaux mesurés en 2005présentent des valeurs comparables aux résultats donnés par le modèle pour une fréquence de retour de type « 40 ans sec »..

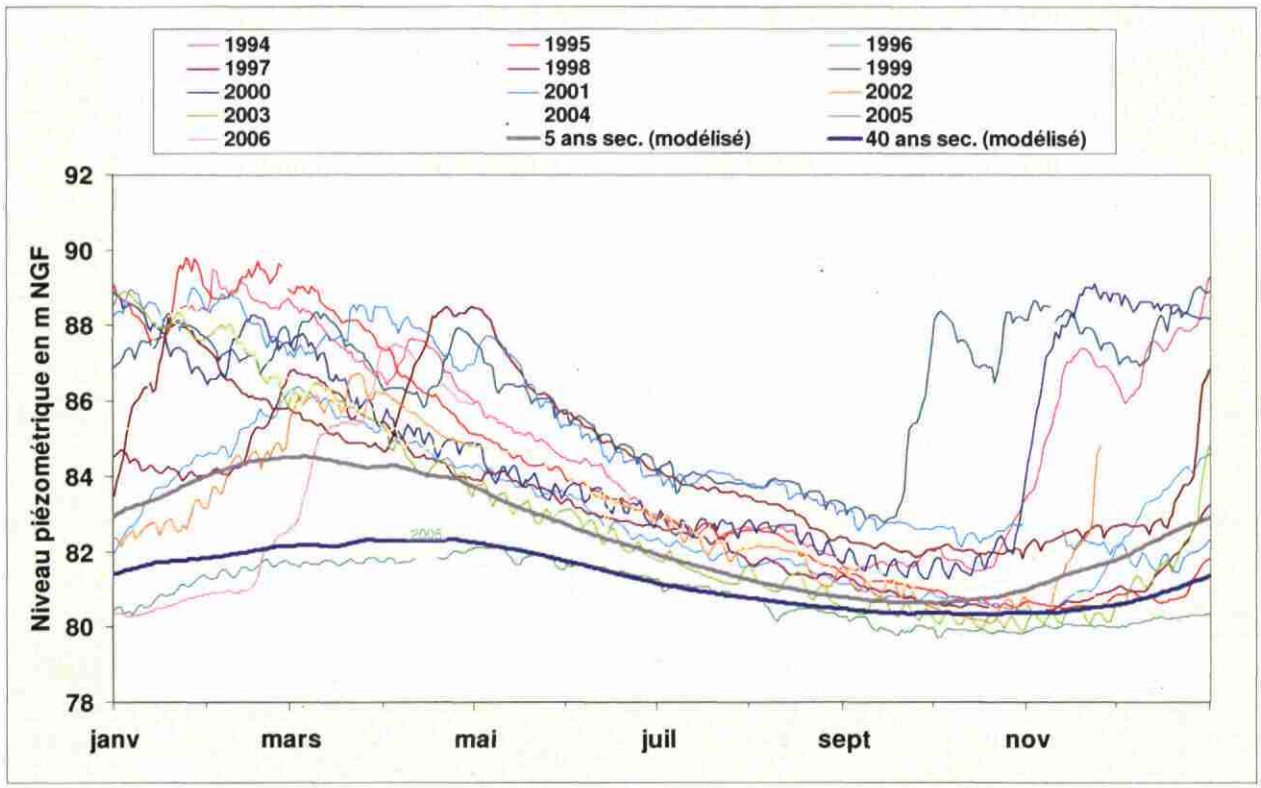


Illustration 27 - Le piézomètre 05625X0036. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision

Piézomètre 05854X0047/PZ – Forage du Bois Sorin (Bournezeau)

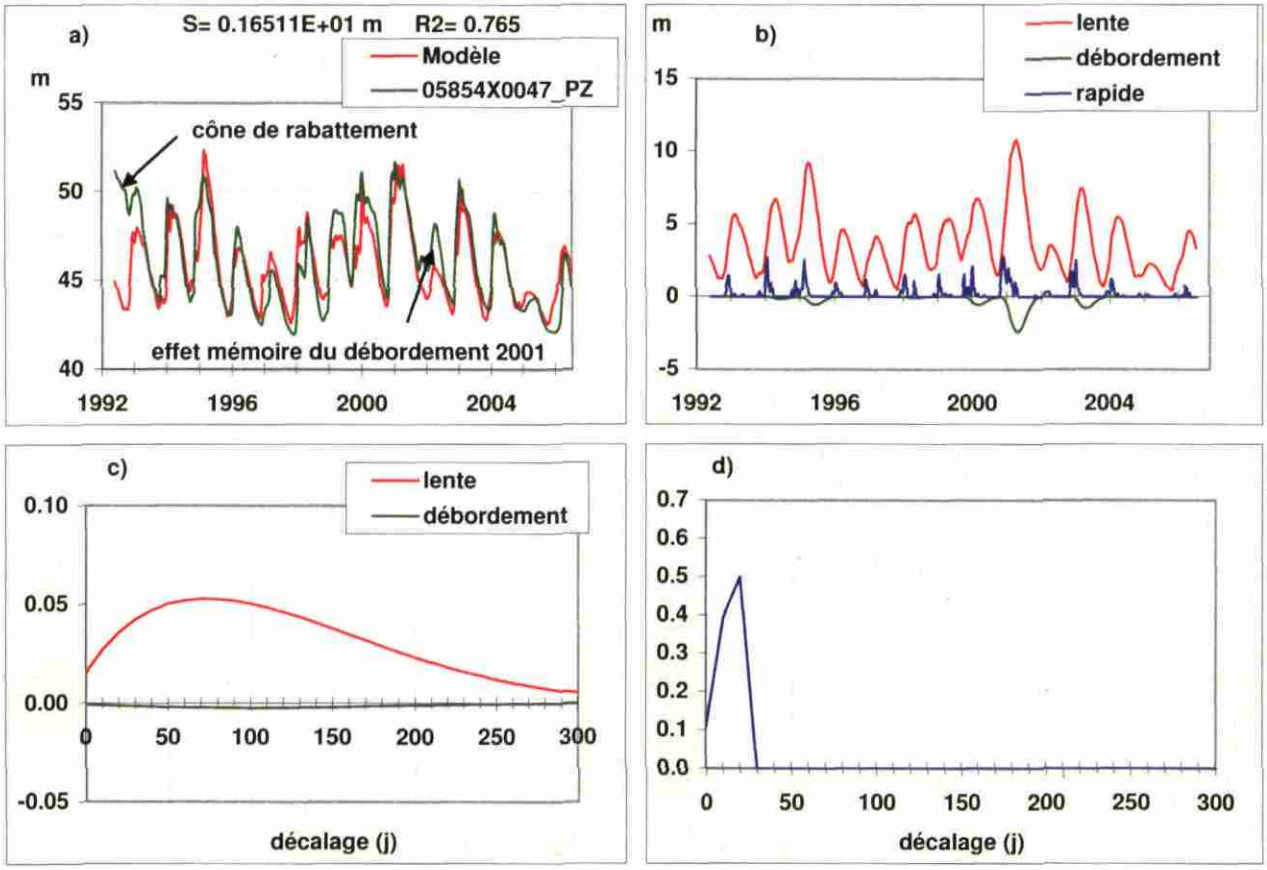


Illustration 28 - Le piézomètre 05854X0047. a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Le forage du Bois Sorin se situe dans le socle à une altitude de 55 m NGF et sa profondeur est de 16 m. De même que pour le piézomètre précédent, les transferts lents apparaissent prépondérants. La réponse à une impulsion de pluie se traduit également de façon similaire.

Le calage apparaît cependant moins bon que pour le piézomètre précédent. L'année 2002 est mal expliquée par le modèle en raison d'un effet mémoire du débordement intervenu en 2001. Il est possible que l'eau de la nappe soit restée piégée dans la partie supérieure de l'aquifère jusqu'à ce qu'une continuité hydraulique soit rétablie dans la zone non saturée.

La difficulté de caler le début de la chronique (jusqu'à l'été 1993) indique un changement de conditions dans l'environnement du piézomètre. Ce piézomètre semble sous l'influence du cône de rabattement d'un prélèvement permanent (annuel). Selon les données BSS, ce point se situe en effet à proximité d'un captage AEP.

La composante « lente » se manifeste par un pic autour de 2 mois et le passage complet de l'impulsion s'effectue en 8 mois. Le débordement observé correspondrait à un « débordement » dans un niveau superficiel plus transmissif.

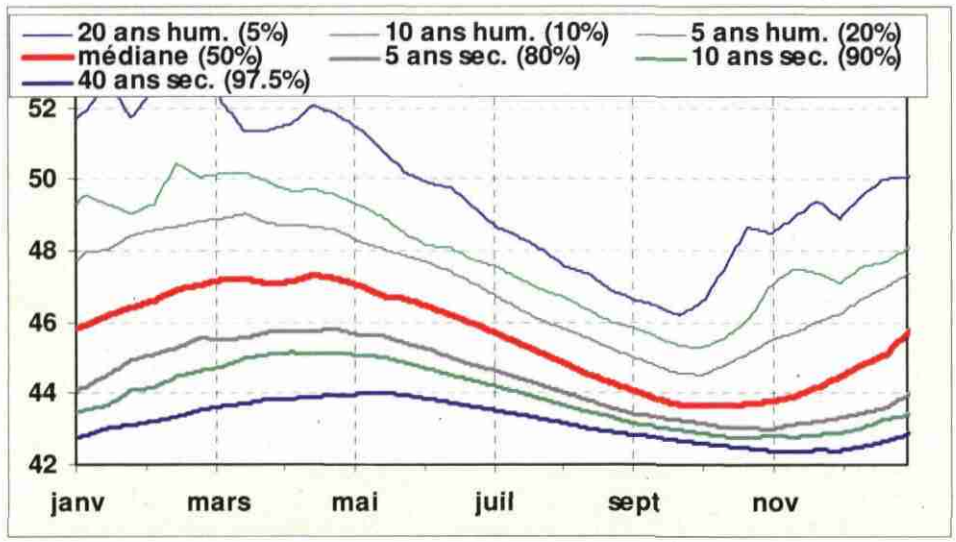


Illustration 29 – Le piézomètre 05854X0047. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

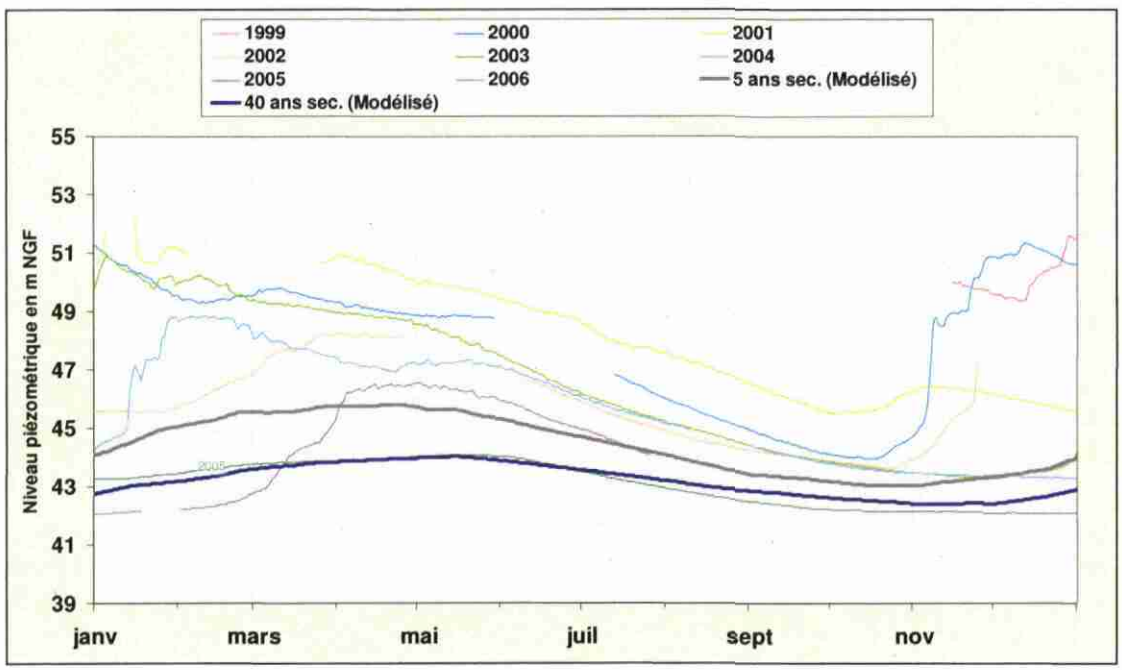


Illustration 30 - Le piézomètre 05854X0047. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision

Le niveau d'étiage en année sèche donné par le modèle utilisé en prévision est autour de 43 m NGF (Illustration 29).

Comme pour le piézomètre précédent, les courbes théoriques (5 ans sec et 40 ans sec) données par le modèle utilisé en prévision correspondent bien aux observations. L'année 2005 épouse là aussi à la courbe 40 ans sec donnée par le modèle (Illustration 30).

Synthèse

En résumé, bien que ces deux piézomètres soient dans des secteurs éloignés (l'un se situe dans la vallée de l'Yon et l'autre dans celle du Lay) et dans des formations différentes, ils caractérisent un aquifère de socle qui apparaît comme homogène. Dans les deux cas, le battement annuel est de l'ordre de 10 m, les transferts lents sont prédominants avec une réaction à une impulsion de pluie maximale au bout de 2 mois et le passage complet de l'impulsion au bout de 8 mois.

Toutefois, la modélisation du premier (05625X0036/F) est nettement plus satisfaisante, ce qui en fait un piézomètre plus approprié à la gestion. Il est plus représentatif de l'état de la ressource souterraine du socle.

En domaine de socle, malgré l'existence d'eau souterraine, la densité du réseau hydrographique souligne la prépondérance des ruissellements sur l'infiltration.

4.1.2. Infra-Toarcien

Piézomètre 05861X0113/SF2 – Forage de la Ville Morte (Thiré)

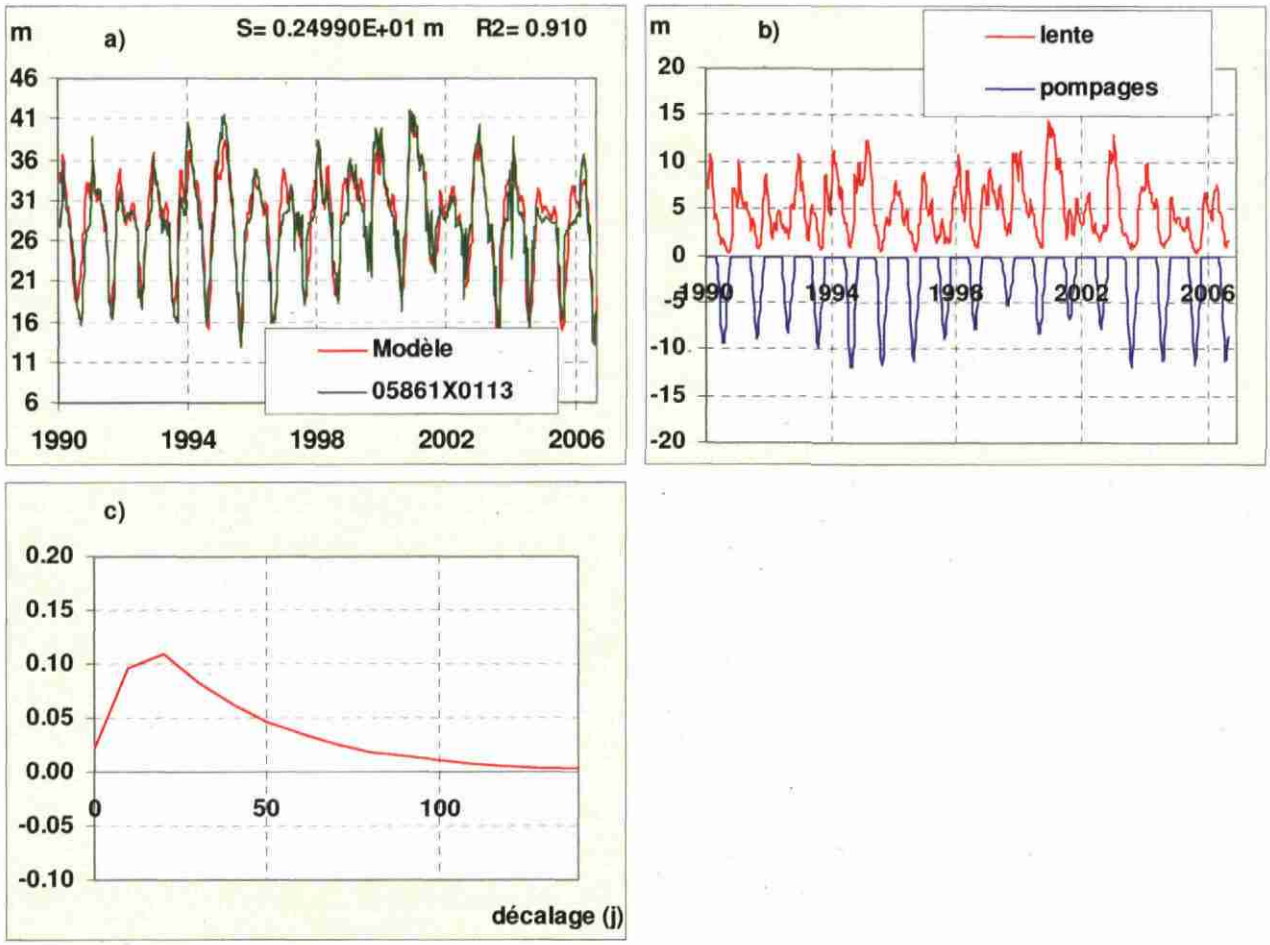


Illustration 31 - Le piézomètre 05861X0113. - a) Comparaison du modèle (avec fonction pompage) au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente.

Ce forage de la Ville Morte se situe au Sud du bassin versant du Lay, à une altitude de 52 m NGF. Il atteint 53 m de profondeur.

Le caractère captif de la nappe se traduit par sa mise en pression instantanée suite à un épisode de pluie (Illustration 31c) et par l'absence de transferts rapides. La réaction suite à cet épisode de pluie atteint un pic au bout d'un mois et s'efface complètement après 3 mois.

La chronique piézométrique met en évidence un impact significatif des prélèvements saisonniers sur la nappe de l'Infra-Toarcien. L'ampleur de la baisse du niveau piézométrique induite par l'effet des pompages est plus importante que sa baisse naturelle (Illustration 31b).

Le piézomètre 05861X0113, bien que très influencé par les pompages, est utilisé en entrée du modèle de transfert du débit du Lay à Mareuil. Le calage du modèle sur la chronique est particulièrement bon comme en témoigne un R^2 à 0,91.

Aucune cote de débordement n'est observée.

En mode prévision (Illustration 32), le modèle ne prend pas en compte la fonction « pompages » et restitue des variations piézométriques « naturelles ». Le niveau d'étiage non influencé donné par le modèle utilisé en prévision se situe aux alentours de 27 m NGF en année médiane. Cette cote correspond à celle d'une source située à environ 1,2 km vers le Nord-Est.

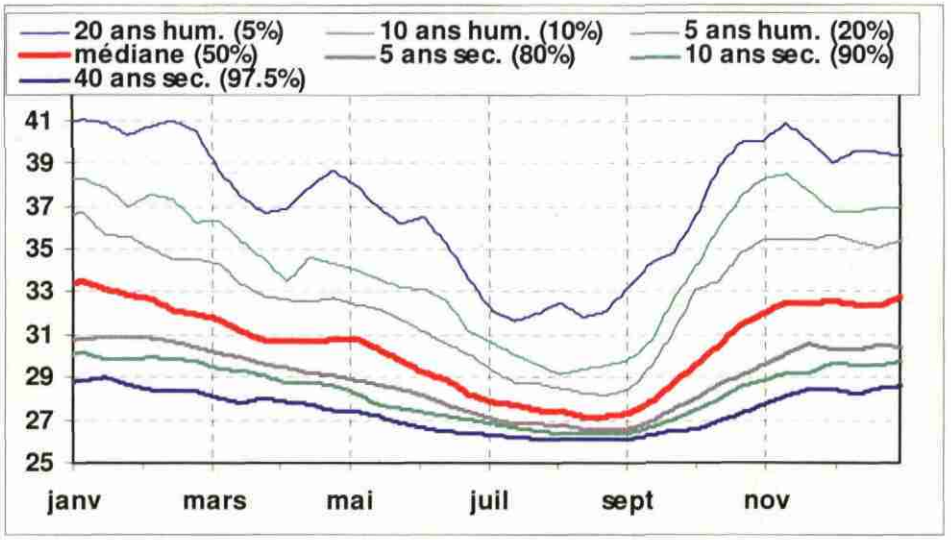


Illustration 32 – Le piézomètre 05861X0113. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

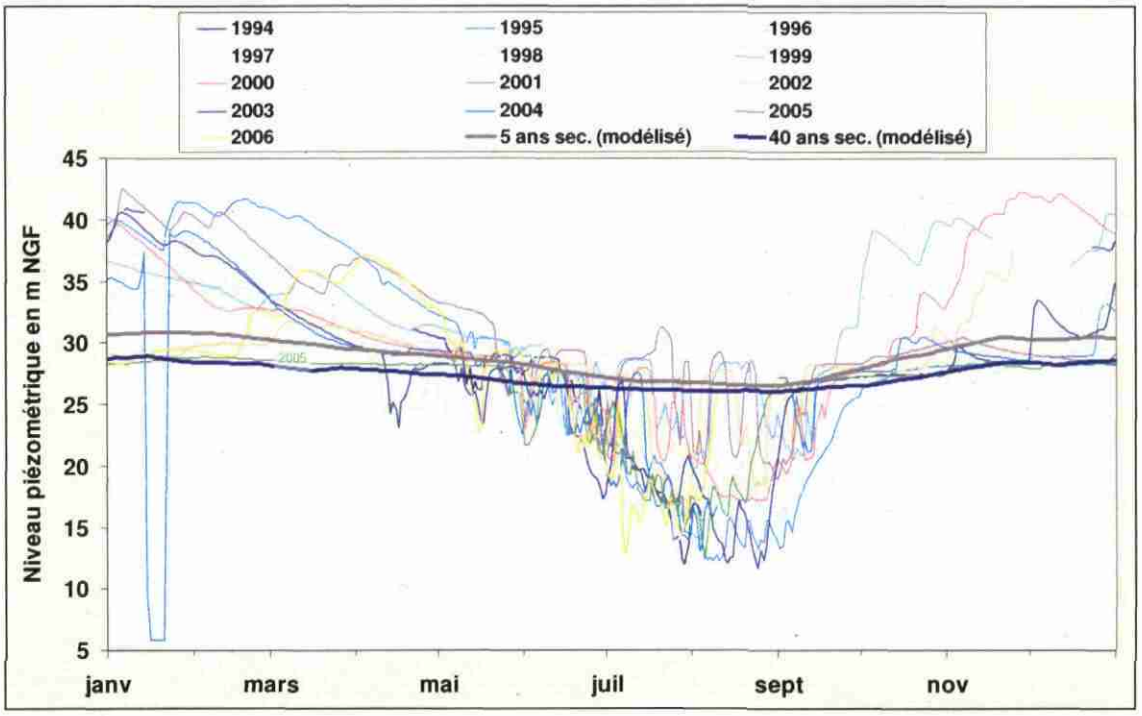


Illustration 33 - Le piézomètre 05861X0113. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision

L'Illustration 33 superpose les courbes théoriques (5 ans sec et 40 ans sec) obtenues par le modèle utilisé en prévision (niveaux « naturels ») et la chronique observée.

Ce graphique met en évidence l'impact significatif des prélèvements saisonniers sur la nappe de l'Infra-Toarcien depuis le mois de mai jusqu'à fin septembre. La baisse du niveau induite par les prélèvements saisonniers est de l'ordre 10 m c'est-à-dire à peu près du même ordre que les fluctuations annuelles.

On voit également que la nappe est très réactive puisque le niveau remonte assez rapidement (1 à 2 mois) suite à la période de prélèvements pour retrouver des valeurs plus «naturelles» au mois d'octobre.

Piézomètre 05857X0185/SF2 – Forage (Peault)

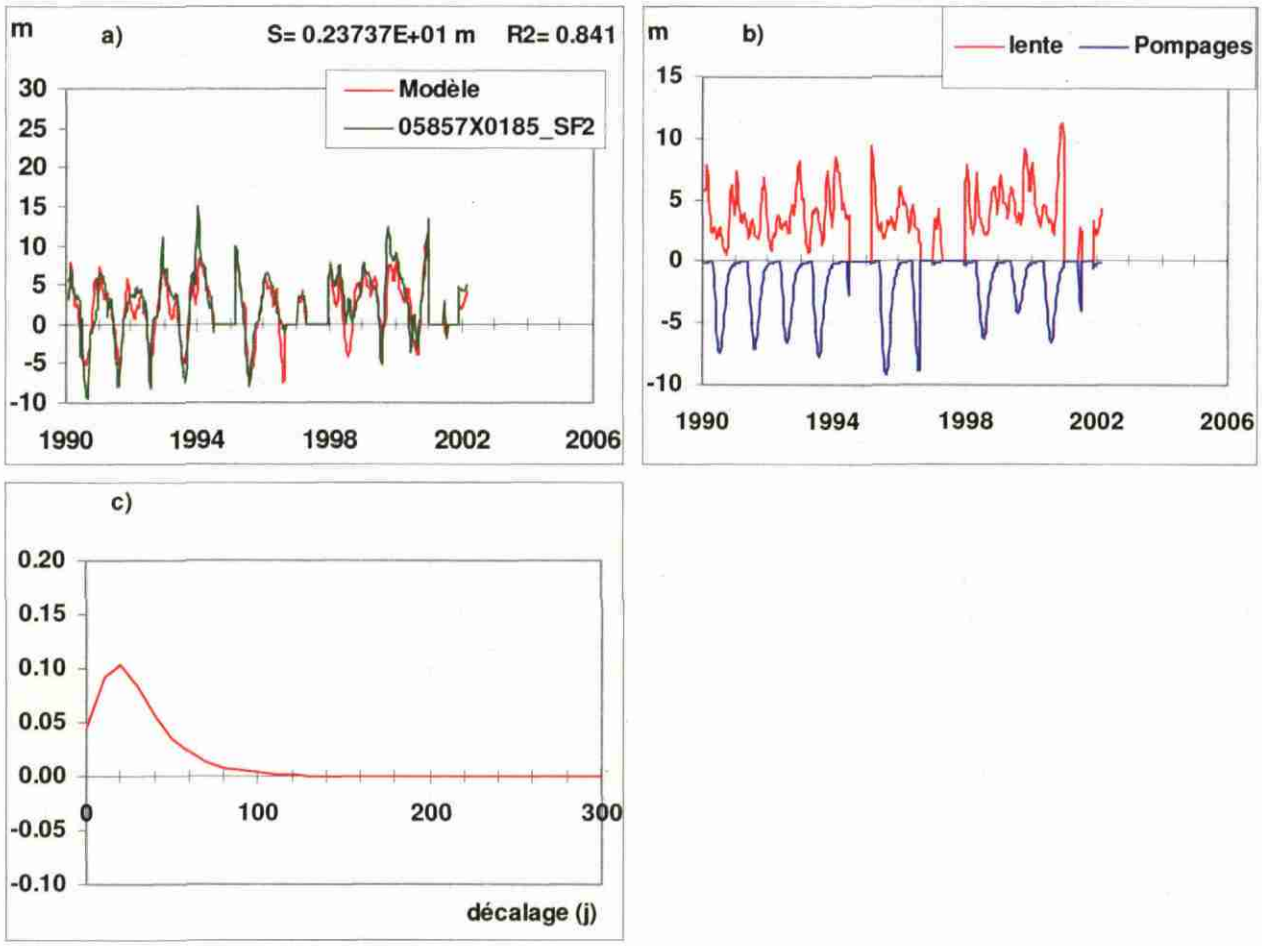


Illustration 34 - Le piézomètre 05857X0185. a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente

Le piézomètre 05857X0185 (Illustration 34) se situe à une altitude de 27 m NGF et sa profondeur atteint 71 m. Il est situé au Sud du bassin du Lay non loin de la confluence avec l'Yon.

La mise en pression instantanée suite à un épisode de pluie (Illustration 34c) souligne le caractère captif de la nappe qui se trouve sous recouvrement du Dogger. La réaction suite à cet épisode de pluie indique une faible inertie du système (pic à 25 jours et passage complet après 3 mois).

Le piézomètre 05857X0185 est très influencé par les pompages saisonniers (Illustration 34 b et c). De même qu'au droit du piézomètre 05861X0113, la composante « pompages » est au moins aussi importante que la composante « lente » naturelle. Toutefois, cette composante « pompages » apparaît certaines années moyennement calibrée (cf. chapitre 2 – Méthodologie) : sous-évaluée en 1990, 1994 et 1999 et surdimensionnée en 1996 et 1998.

Les pompages font descendre le niveau piézométrique nettement au-dessous du 0 m NGF (niveau de la mer). En revanche, le modèle donne une cote d'étiage « naturelle » nettement supérieure au 0 m NGF (1,50 m NGF en 5 ans sec). L'impact des forages est aussi bien observable sur l'Illustration 36 qui superpose la chronique piézométrique observée aux courbes 5 ans sec et 40 ans sec que restitue le modèle utilisé en prévision.

Aucune cote de débordement n'est observée.

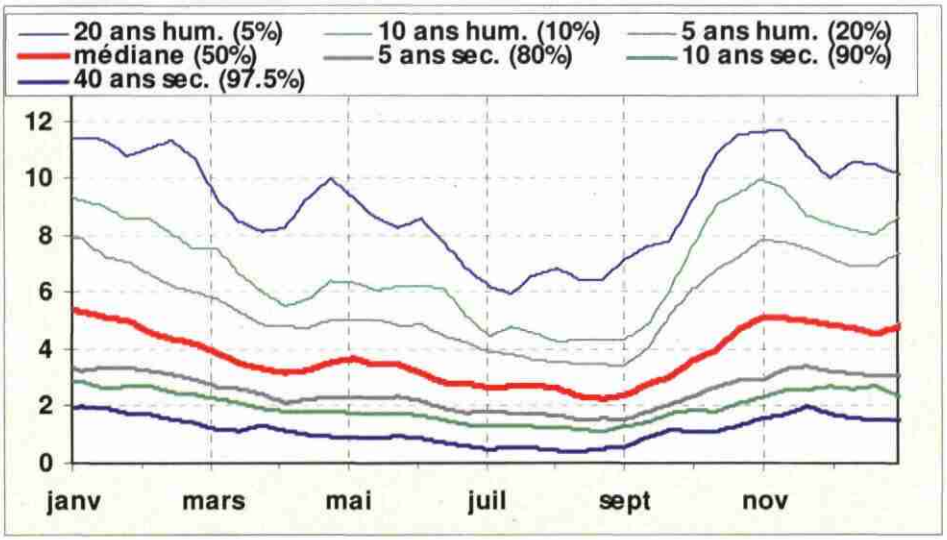


Illustration 35 - Le piézomètre 05857X0185. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

L'Illustration 36 met en évidence la chute importante du niveau de la nappe de l'Infra-Toarcien à partir du mois de juin sous l'effet des prélèvements. On peut également voir sur cette illustration que la baisse induite par les prélèvements est au moins aussi importante que les fluctuations naturelles de la nappe (de l'ordre de 10 m).

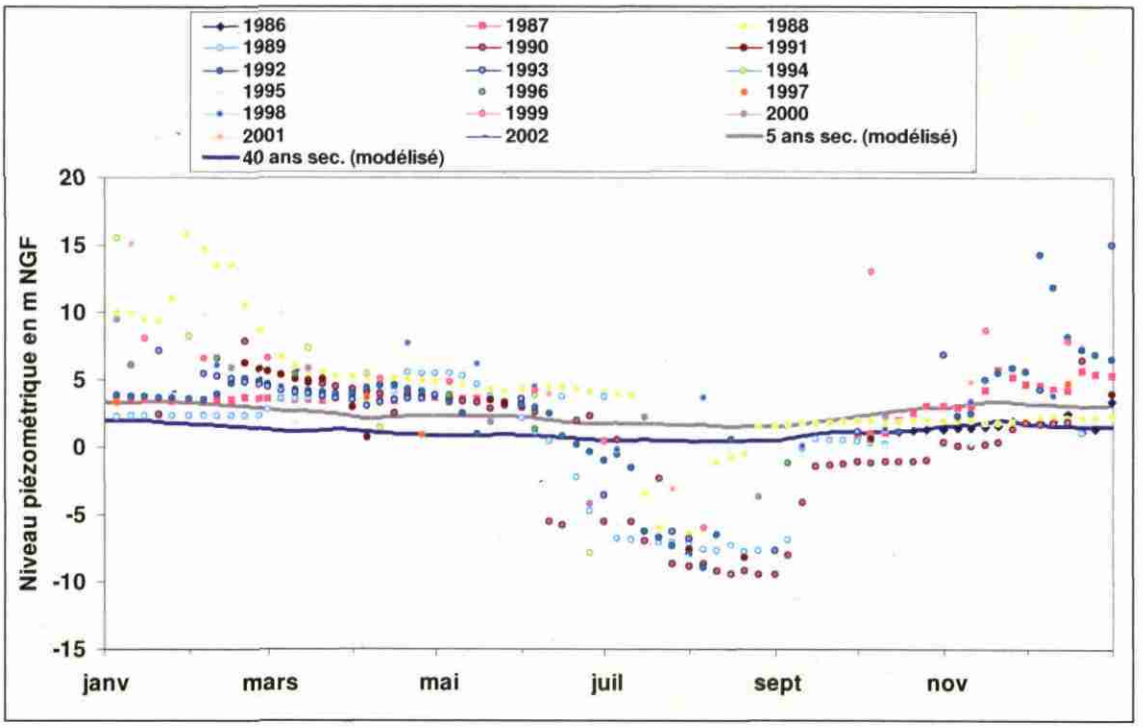


Illustration 36 - Le piézomètre 05857X0185. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision

Synthèse

Les deux piézomètres du bassin du Lay montrent là aussi un comportement relativement homogène de la nappe de l'Infra-Toarcien :

- absence de composante rapide ;
- mise en charge instantanée ;
- inertie assez moyenne avec une réaction maximale à une pluie au bout de « seulement » 1 mois et un retour à l'état initial au bout de 3 mois ;
- impact important des pompages avec des rabattements supplémentaires au droit du forage pouvant atteindre 10 m (battements naturels du même ordre de grandeur).

4.1.3. Dogger

Piézomètre 05858X0203/S – Forage de la Chaume (Corpe)

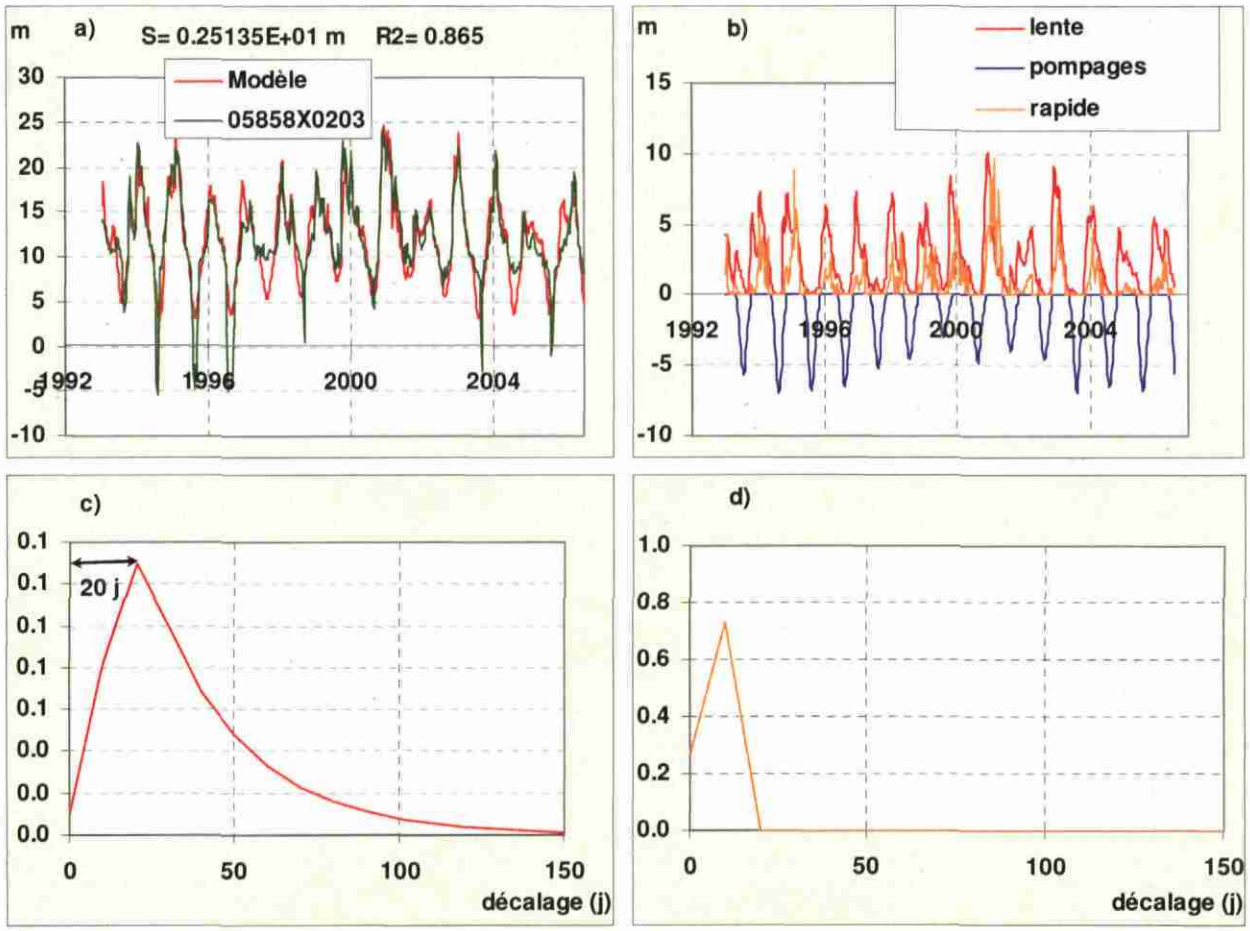


Illustration 37 – Le piézomètre 05858X0203. - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide

A Corpe, **le piézomètre 05858X0203 suit à la fois l'aquifère du Dogger et celui de l'Infra-Toarcien.** Son altitude est de 27 m et sa profondeur est de 70 m.

Ce piézomètre est très influencé par les pompages. En plus de la composante lente, la modélisation met également en évidence une composante «rapide» significative qui représente la recharge via le réseau de fractures.

De par sa conception, ce piézomètre présente un mélange de comportement de la nappe libre du Dogger (composante rapide) et de la nappe captive de l'Infra-Toarcien (composante lente, impact des pompages important).

Les réponses impulsionnelles soulignent la faible inertie du système. Suite à une impulsion de pluie, le passage total de la composante lente se fait en 3 mois avec un pic à 20 jours. Celui de la composante rapide s'effectue en une vingtaine de jours avec un pic au dixième jour.

Aucune cote de débordement n'est observée.

Le piézomètre 05858X0203, bien que très influencé par les pompages, est utilisé en entrée du modèle de transfert du débit de la Smagne à Sainte Pexine.

La côte d'étiage «naturelle» donnée pour une année sèche par le modèle se situe à 10 m NGF, ce qui semble correspondre à la côte de la rivière du Lay (située à proximité).

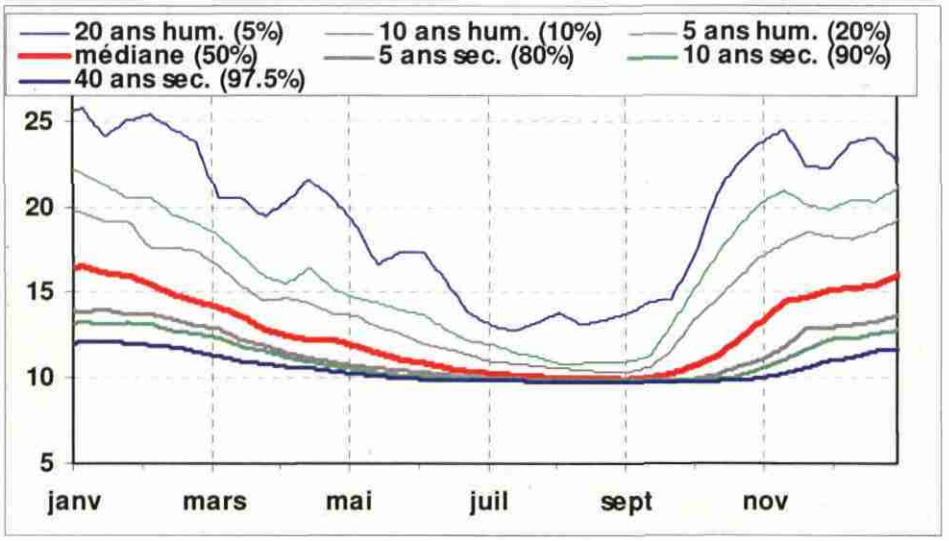


Illustration 38 – Le piézomètre 05858X0203. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

En superposant les courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision à la chronique observée, l'influence des pompages sur le niveau piézométrique est mise en évidence. La baisse de niveau induite au cours du début d'été est de plus de 10 m c'est-à-dire du même ordre que la fluctuation naturelle de la nappe dans l'année. L'impact est tel qu'un niveau d'étiage de la nappe très inférieur à 0 m NGF (soit environ 15 m au-dessous du niveau d'étiage « naturel » donné par le modèle) a été atteint en 1994, 1995, 1996, 1998 et – plus récemment- en 2003 et 2005.

L'Illustration 39 montre aussi l'importante réactivité de la nappe (déjà mise en évidence par les réponses impulsionnelles - Illustration 37). Le niveau de la nappe retrouve une cote plus naturelle en environ 1 mois après l'arrêt des prélèvements saisonniers.

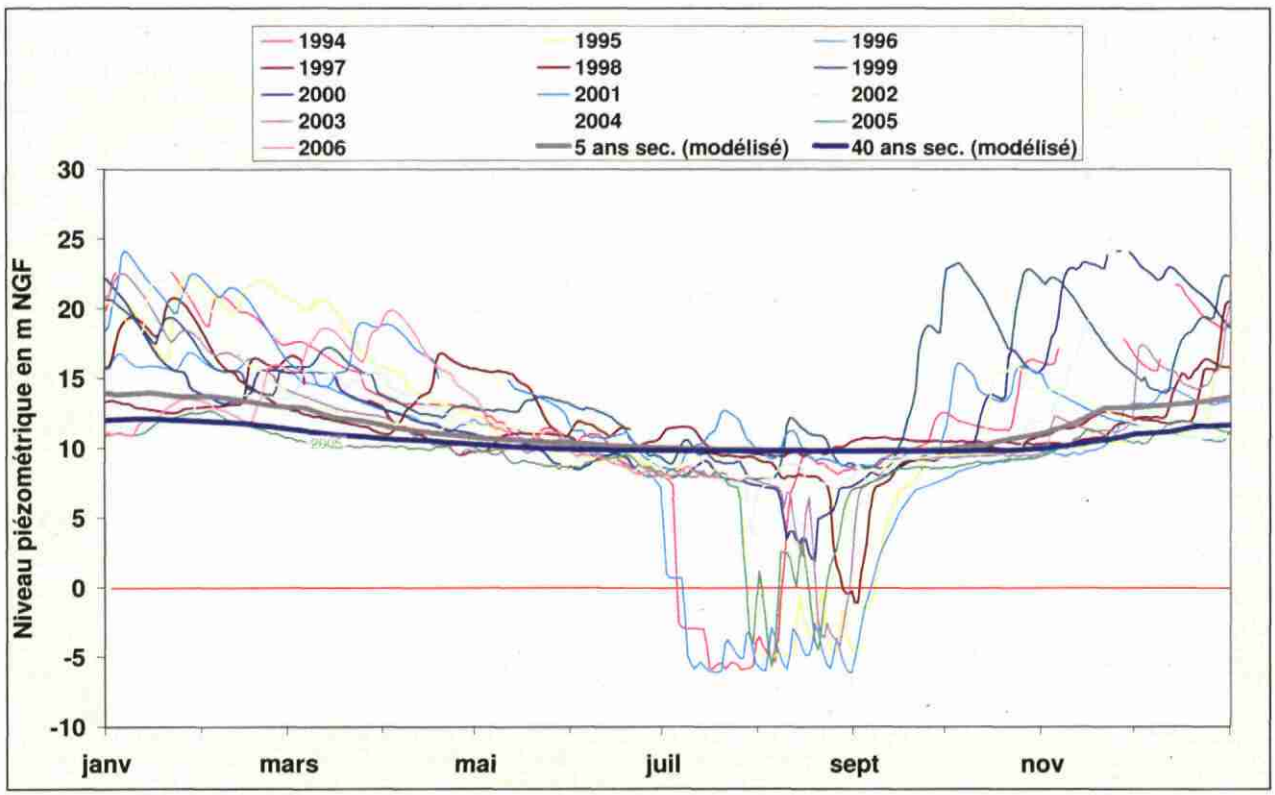


Illustration 39 - Le piézomètre 05858X0203. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision

Piézomètre 06074X0096/F4 – Forage de l'Aurière (Longeville-sur-Mer)

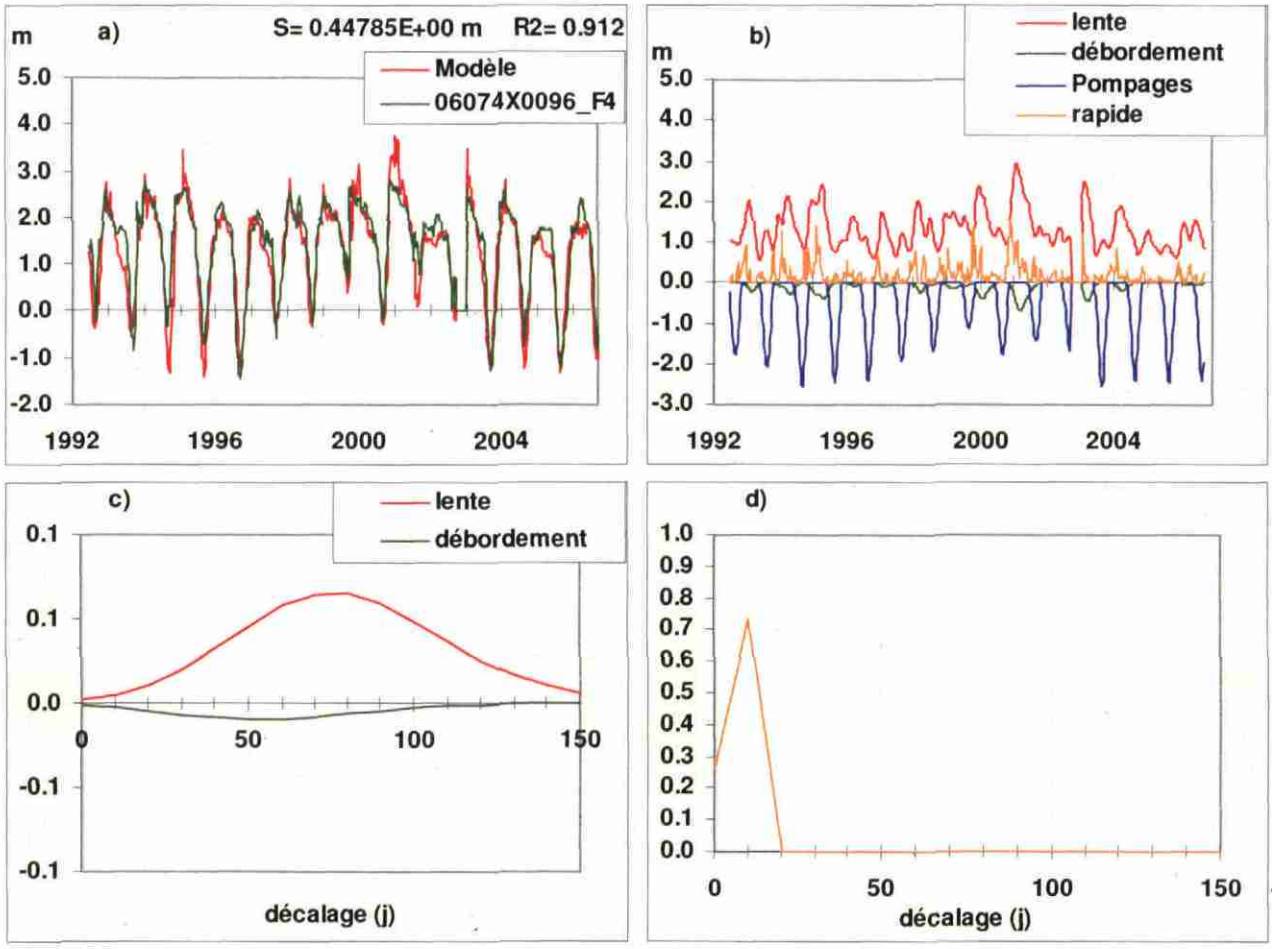


Illustration 40 - Le piézomètre 06074X0096. - a) Comparaison du modèle (avec fonction de pompage) au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Le forage de l'Aurière à Longeville-sur-Mer (06074X0096), de 38 m de profondeur, suit l'aquifère du Dogger à proximité du marais (moins de 200 m). La corrélation entre le modèle et la chronique est très satisfaisante (R^2 = 0,912), sauf pour la période de fin de printemps/début d'été.

La modélisation traduit un comportement de nappe libre. Suite à une impulsion de pluie, la réaction de la nappe n'est pas immédiate. Cette réaction est maximale au bout de 2 mois et devient négligeable à partir de 4 mois. La composante rapide (recharge via le réseau de fractures) est ici significative (pointe au bout de 10 jours).

L'écart perceptible sur l'Illustration 40a est bien mis en évidence sur l'Illustration 42. **Cet écart traduit un équilibre entre les eaux souterraines et les eaux superficielles** au cours de cette période. Le modèle enregistre une baisse du niveau de la nappe faute de pluie efficace alimentant

la nappe alors que la chronique reste à un palier jusqu'aux environs du 15 juin. Ce palier est situé autour de 1,7 m NGF et correspond aux niveaux des eaux superficielles à cette époque de l'année. Ce palier indique un soutien de la nappe par le réseau superficiel. La chronique chute ensuite sous l'impact des pompages. ***Ce comportement particulier concerne tous les piézomètres situés en bordure du marais et captant la nappe du Dogger.***

La chronique présente un seuil haut (seuil de débordement) voisin de la cote 2,50 m NGF qui semble correspondre à la cote des eaux superficielles dans le marais. Cette cote varie dans le temps très vraisemblablement en fonction du niveau des eaux superficielles. Ces débordements sont soulignés dans l'Illustration 40b.

Cet ouvrage est très influencé par les pompages (Illustration 40b et Illustration 42)**.** La cote d'étiage de la nappe donnée par le modèle serait naturellement autour de 1,10 m NGF tandis que le niveau piézométrique descend au dessous de -1 m NGF du fait des pompages saisonniers environnants. Le rabattement supplémentaire généré par les pompages peut atteindre 2 à 3 m.

Suite à la période des prélèvements saisonniers, la lente remontée du niveau piézométrique traduit la faible réactivité de la nappe. L'effet des pompages ne s'estompe qu'à partir du mois de novembre soit 3 à 4 mois après la fin de la période de prélèvements (Illustration 42).

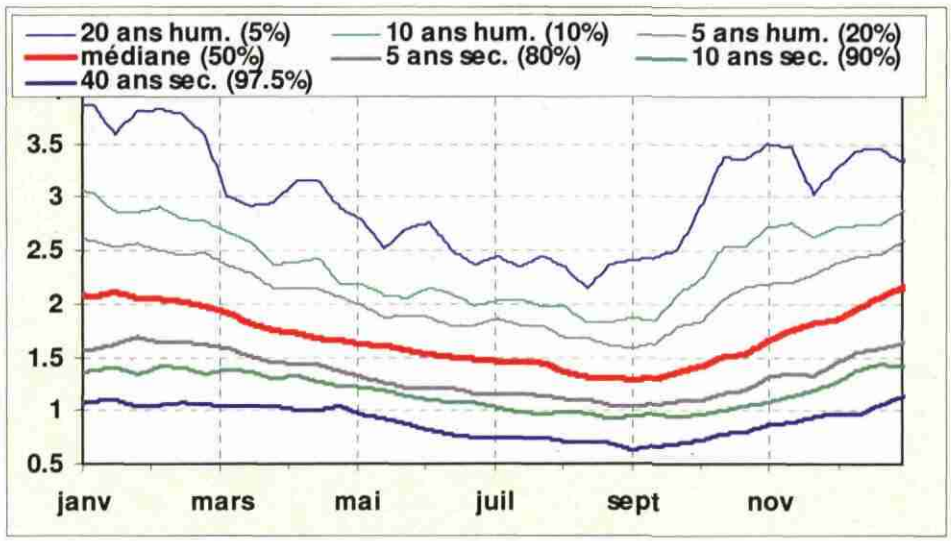


Illustration 41 – Le piézomètre 06074X0096. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

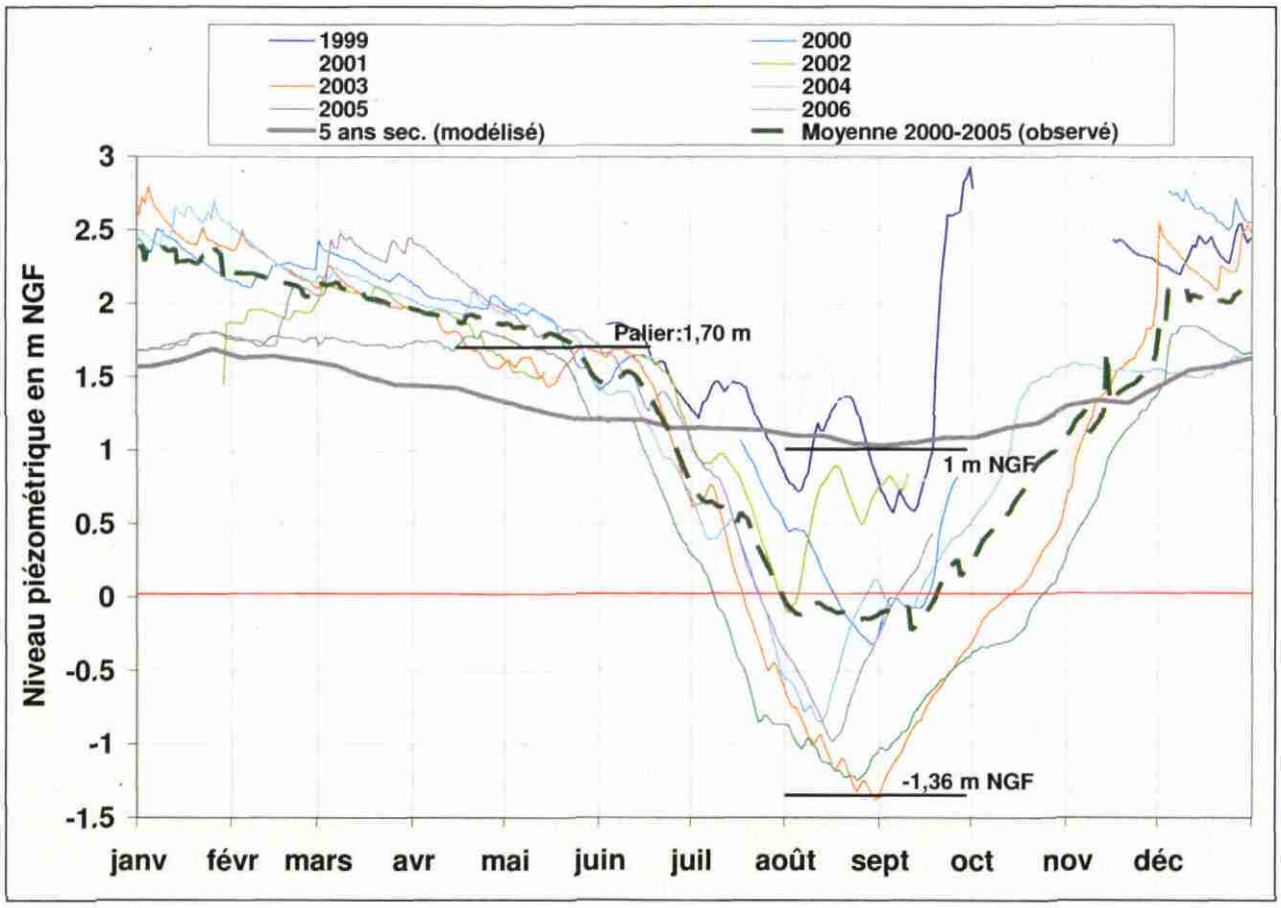


Illustration 42 - Le piézomètre 06074X0096. Superposition de la chronique réelle et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec

Situé en bordure du marais, cet ouvrage est pris en compte pour la définition d'indicateurs de gestion.

Pour le printemps et le début de l'été, le niveau du palier (autour de 1,70 m NGF) est à prendre en compte pour la fixation d'un niveau d'objectif.

Passé cette période, le niveau d'objectif est à fixer en tenant compte de la cote d'étiage en année sèche donnée par le modèle (environ 1 m NGF). En tout état de cause, 0 m NGF constitue le niveau à ne pas dépasser pour que la nappe puisse regagner un niveau plus « naturel » avant la mi-novembre et ne pas risquer de déplacement du biseau salé.

Piézomètre 06082X0060/F9 – Forage des Caillettes (Saint-Benoist-sur-Mer)

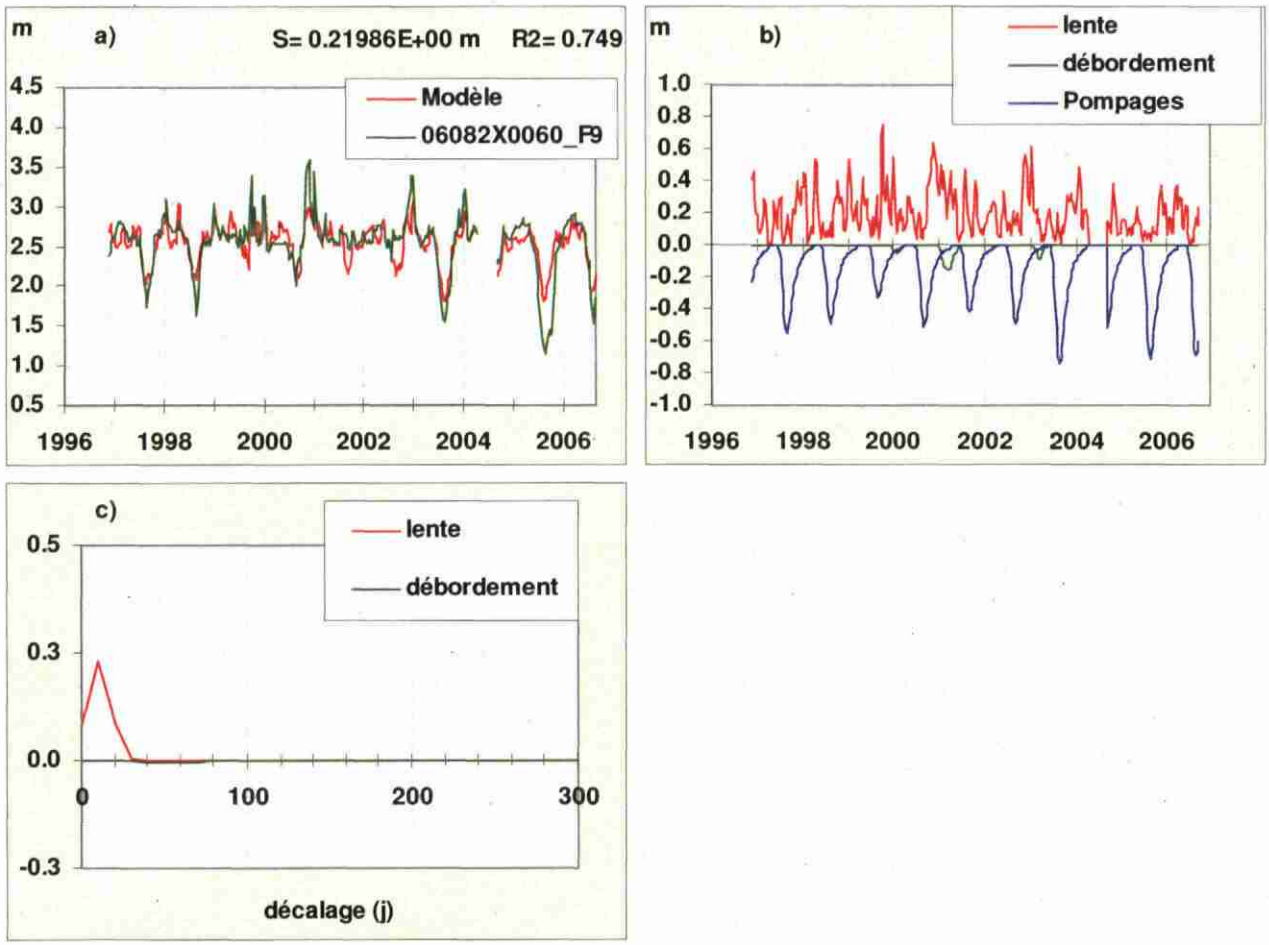


Illustration 43 - Le niveau piézomètrique 06082X0060. - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle

Ce piézomètre, de 33 m de profondeur, se situe dans la bordure du marais à Saint-Benoist-sur-Mer. Les calcaires du Dogger sont ici recouverts par 2 m d'argile.

Au droit de ce piézomètre, la nappe du Dogger peut donc être considérée comme semi-captive, ce qui est confirmé par la réponse impulsionnelle « lente » qui indique une charge immédiate de la nappe suite à un épisode pluvieux. En revanche, le système présente une faible inertie (retour à l'état initial en 1 mois).

Le seuil de débordement à 3,50 m NGF correspond quant à lui à la cote de la tête de l'ouvrage.

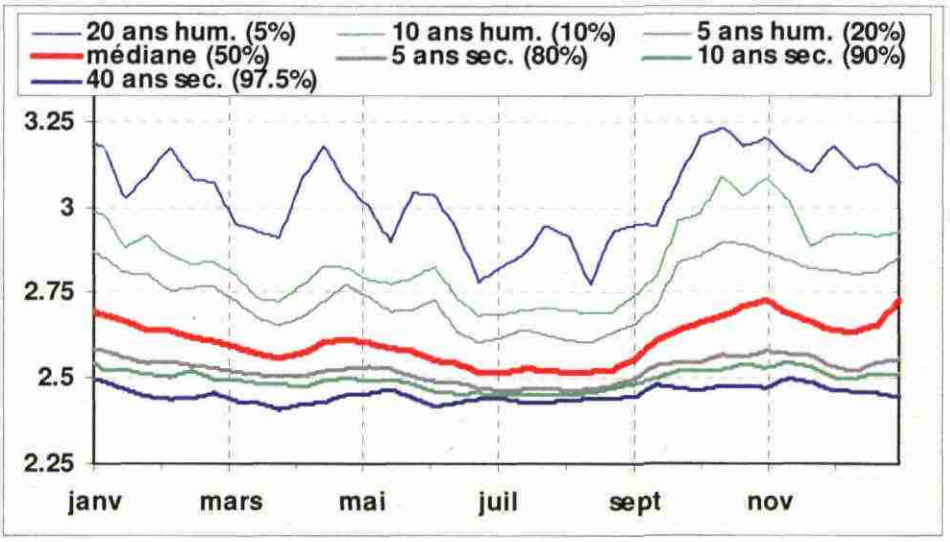


Illustration 44 - Le piézomètre 06082X0060. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

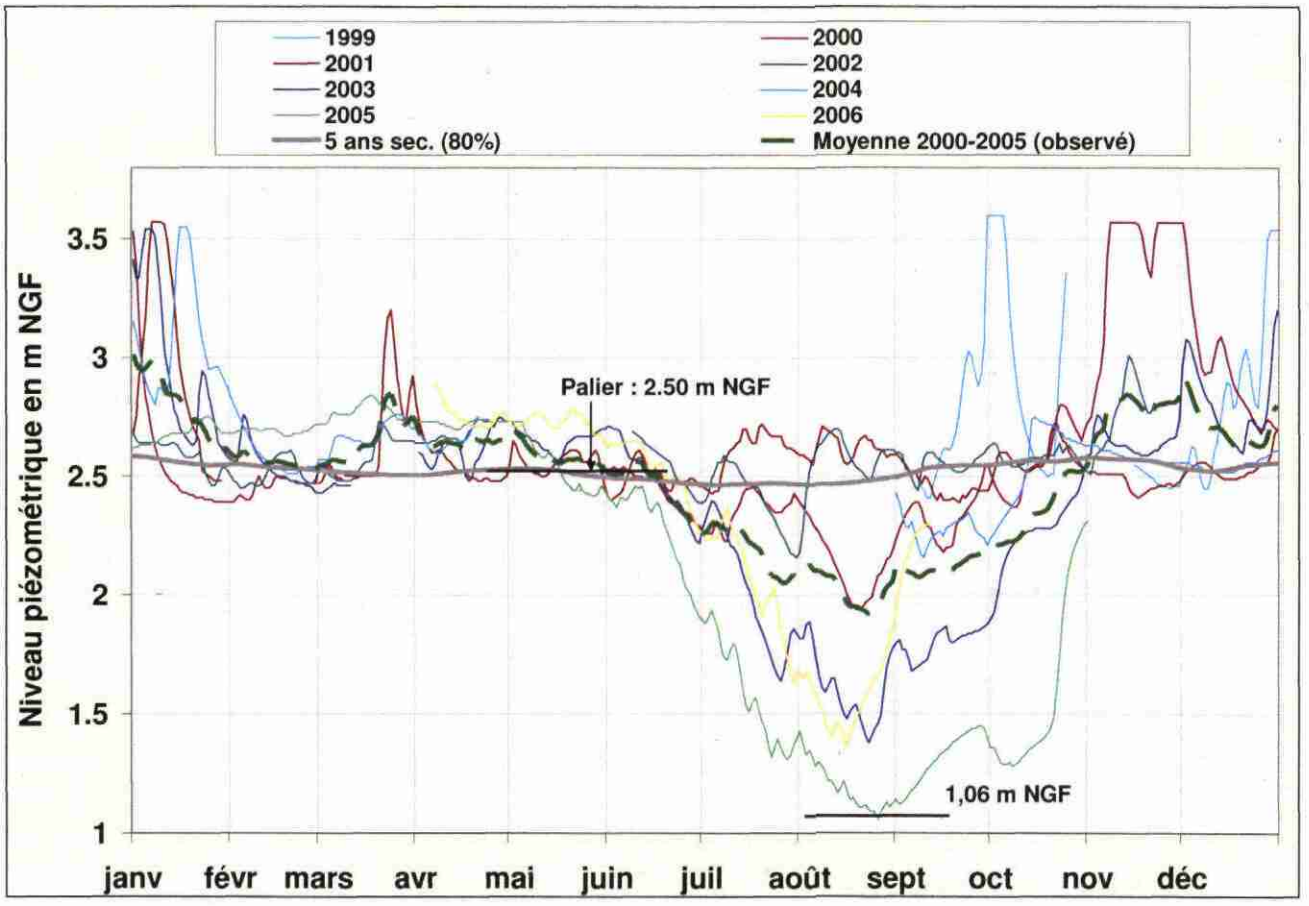


Illustration 45 - Le piézomètre 06082X0060. Superposition de la chronique réelle et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec

Le niveau piézométrique est très influencé par les pompages (Illustration 43b et Illustration 45). Il est par ailleurs fortement contraint par le réseau de surface ce qui se traduit sur la chronique par le palier aux alentours de 2,50 m NGF. Ce niveau correspond aux cotes du réseau superficiel qui soutient la nappe jusqu'à fin juin (palier). En 2001 (année très humide) le niveau piézométrique s'est même maintenu au-dessus de ce palier tout l'été.

En dehors de la période impactée par les prélèvements, les battements de la nappe sont faibles (ordre de grandeur : 1 m).

Comme le piézomètre 06074X0096, cet ouvrage est pris en compte pour la définition d'indicateurs de gestion.

En termes d'indicateurs, le niveau du palier (2,50 m NGF) est à prendre en compte pour le début de l'été. Ensuite, les niveaux à prendre en compte sont la cote d'étiage restituée par le modèle (légèrement inférieure à 2,50 en année sèche) et la cote moyenne 2000- 2005 des niveaux observés (1,90 m NGF).

Pour le niveau dit «de crise» (niveau ne devant pas être dépassé), la courbe «Moyenne 2000-2005» peut être prise en compte pour fixer un objectif raisonnable.

4.1.4. Bilan de l'analyse des chroniques piézométriques

Les piézomètres situés en **domaine de socle** (05625X0036/F et 05854X0047/PZ) ont des réponses impulsionnelles similaires. La décomposition du signal montre des composantes « lentes » de l'ordre de 8 mois. La réponse à un épisode pluvieux se fait progressivement. La modélisation révèle le comportement libre de l'aquifère ainsi que sa structure liée à la fissuration et à l'altération relativement superficielle. La densité du réseau hydrographique rappelle toutefois que les ruissellements y sont nettement prépondérants par rapport aux infiltrations vers la nappe. Par ailleurs, on ne note aucun impact de pompages saisonniers.

L'analyse met par ailleurs en évidence un comportement différent caractéristique entre les aquifères de l'Infra-Toarcien et celui du Dogger.

Les piézomètres de l'Infra-Toarcien caractérisent une nappe captive (mise en charge immédiate par transfert de pression), avec une composante lente mais traduisant une faible inertie (pic au bout de 1 mois et passage de l'impulsion d'une pluie en 3 mois), et avec un impact des pompages très important pouvant atteindre 10 m (soit le même ordre de grandeur que les battements naturels).

Sur les piézomètres, la nappe du Dogger présente un comportement de nappe libre (mise en charge différée). Sur Aurière, une impulsion de pluie atteint son maximum d'incidence en 2 mois et disparaît en 4 mois. L'impact des pompages est significatif (de l'ordre de 1 à 3 m) mais plus modéré que pour la nappe infra-toarcienne (jusqu'à 10 m). Mais ce qui caractérise surtout la nappe du Dogger (sur les deux piézomètres analysés), c'est une interconnexion importante avec le réseau superficiel.

En termes d'indicateurs de gestion, les piézomètres situés en bordure du marais pris en compte (06074X0096 – Aurière à Longeville-sur-Mer et 06082X0060 – Caillettes à Saint Benoist sur Mer) suivent la nappe du Dogger.

L'analyse des chroniques de ces deux piézomètres fait apparaître une nette différence de comportement de la nappe (à Aurière, plus à l'Ouest, la nappe se situe à un niveau plus haut et se montre moins réactive) mettant en évidence une composante Est-Ouest du gradient piézométrique.

4.2. ANALYSE DES CHRONIQUES DE DEBIT ET APPROCHE DES VOLUMES DISPONIBLES

Le débit du Grand Lay à Saint Prouant (Station N3001610) - Pas de piézomètre

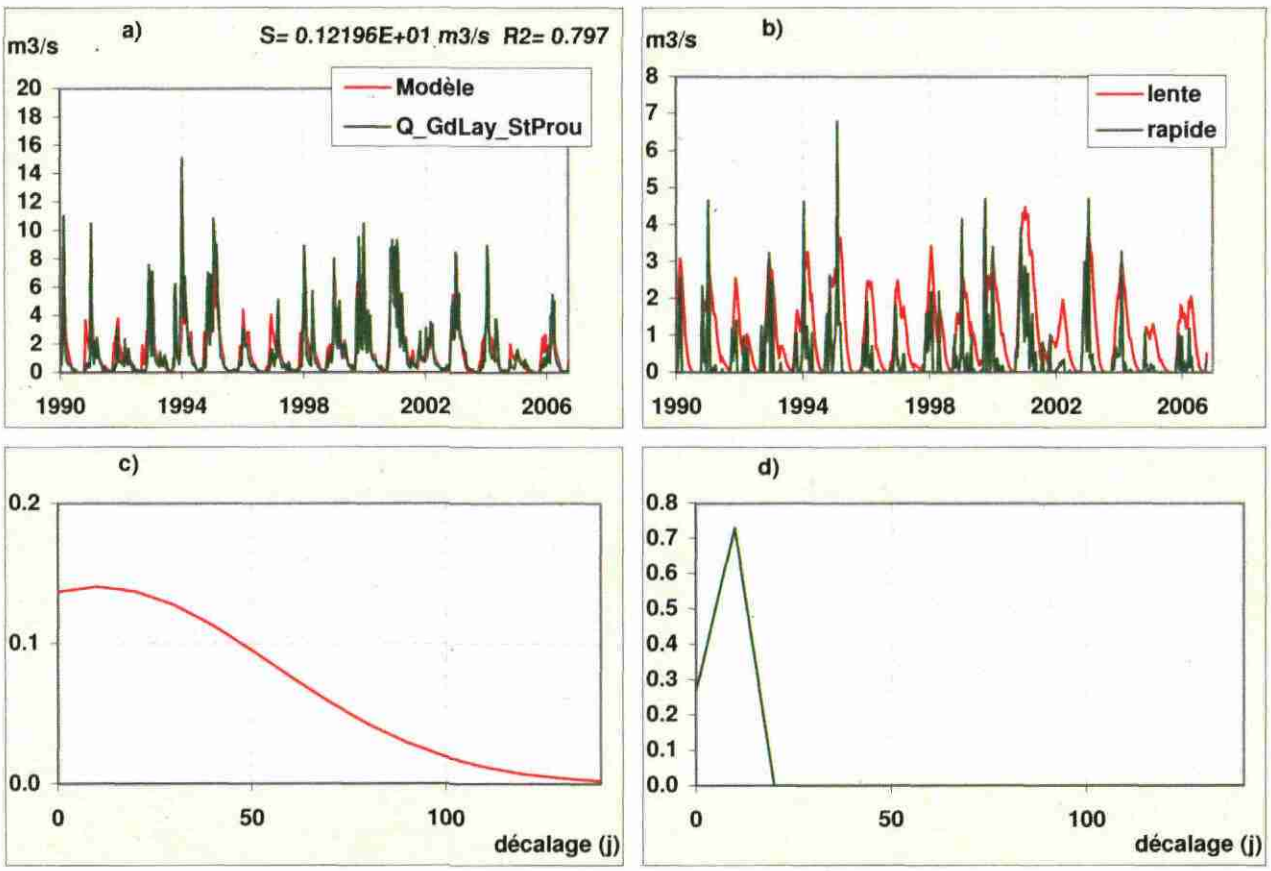


Illustration 46 - Le débit du Grand Lay à Saint Prouant (pas de piézomètre). - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Situé à l'amont du bassin du Lay, le débit de cette station ne peut-être corrélé avec aucun piézomètre puisqu'il n'en existe pas plus en amont du bassin. La surface du bassin versant amont est de 131 km² (BdHydro).

Le modèle est moyennement ajusté sur la chronique en période de crue. Il est mieux calé en période d'étiage. Il restitue **une composante rapide (ruissellement superficiel) et une composante plus lente (contribution des eaux souterraines au débit) à peu prés équilibrées** (Illustration 46). **A l'étiage, la faible inertie du système (plus d'impact d'une pluie efficace au bout de 100 jours pour la composante lente) ne permet pas le soutien du débit de la rivière.**

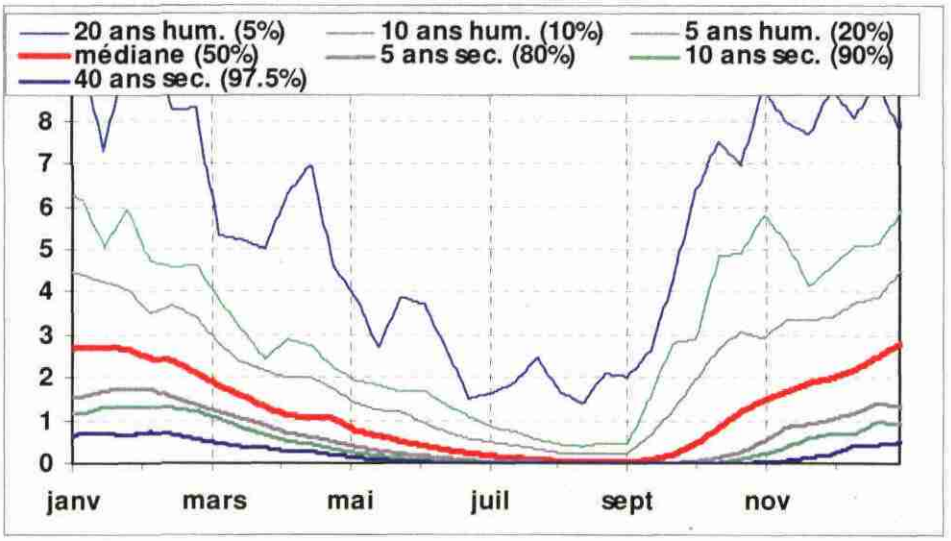


Illustration 47 – Le débit du Grand Lay à Saint Prouant. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Le cours d'eau est souvent à sec à partir de juillet (voire en juin pour les années sèches) jusqu'en septembre. Bien qu'aucune fonction de transfert ne soit établie entre le débit et une chronique piézométrique, le volume disponible a été évalué. Si l'on se fixe comme objectif la courbe « 5 ans secs » du modèle (équivalent au QMNA5), les volumes disponibles en année humide sont donnés en Illustration 48, en considérant le plan de prélèvement défini (scénario 1).

T.C.	20 ans hum.	10 ans hum.	5 ans hum.	médiane	5 ans sec.
TOTAL	11.4	6.3	3.4	0.5	0.0

Illustration 48 – Tableau des volumes disponibles en Mm^3 par rapport au QMNA5 en fonction de la période de retour de la pluie

Le débit du Louing à Chantonnay (Station N3024010) - Pas de piézomètre

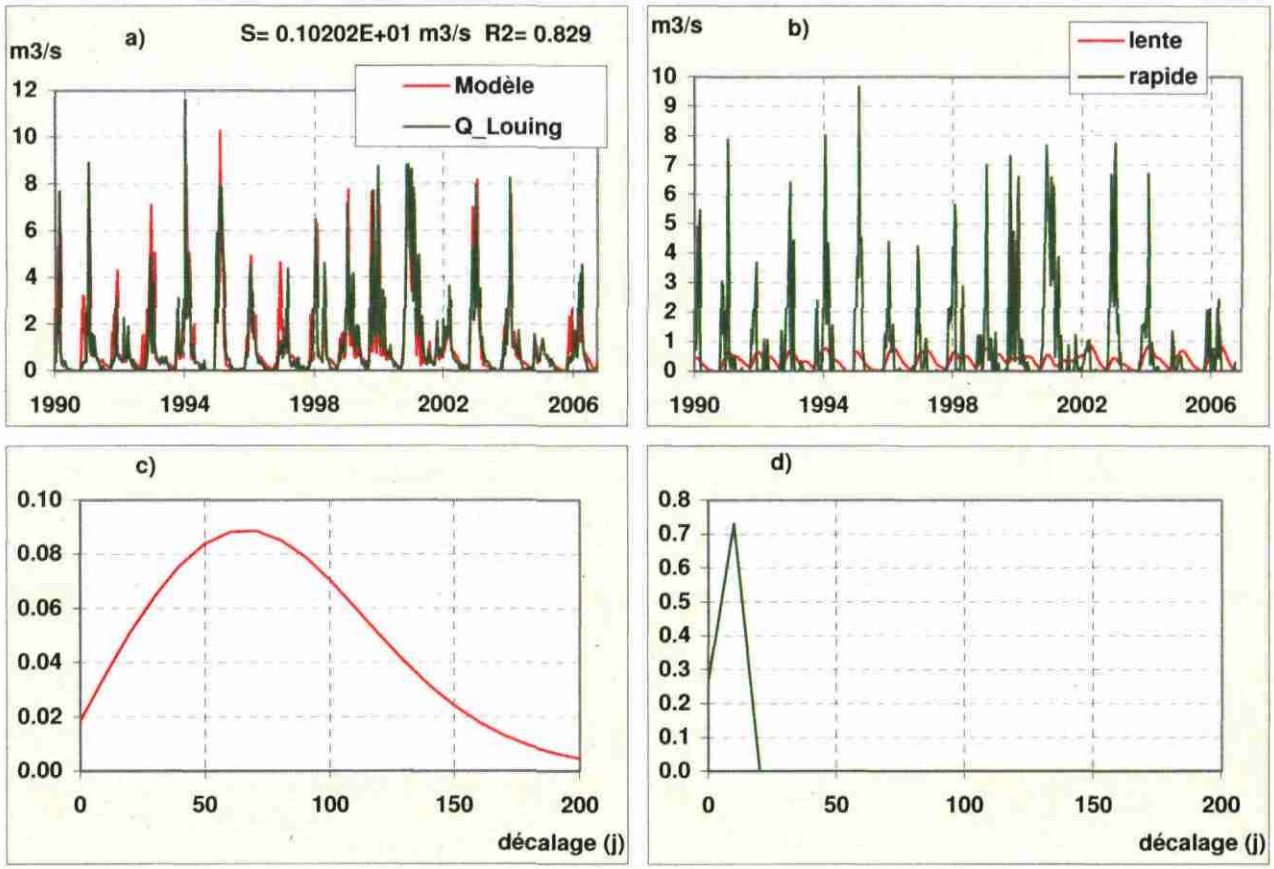


Illustration 49 – Le débit du Louing à Chantonnay (pas de piézomètre). - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Par rapport au modèle précédent, cette station de Chantonnay (surface du bassin versant amont : 120 km²), le graphique b) met clairement en évidence un débit plus influencé par la composante rapide (ruissellement) qui apparaît nettement dominante. La composante lente est toutefois plus longue que dans le cas précédent (200 jours), ce qui permet de mieux soutenir les étiages. Les débits restent cependant faibles voire nuls de juillet à septembre.

Le modèle permet de calculer des volumes disponibles par rapport à la courbe « 5 ans secs » (Illustration 51).

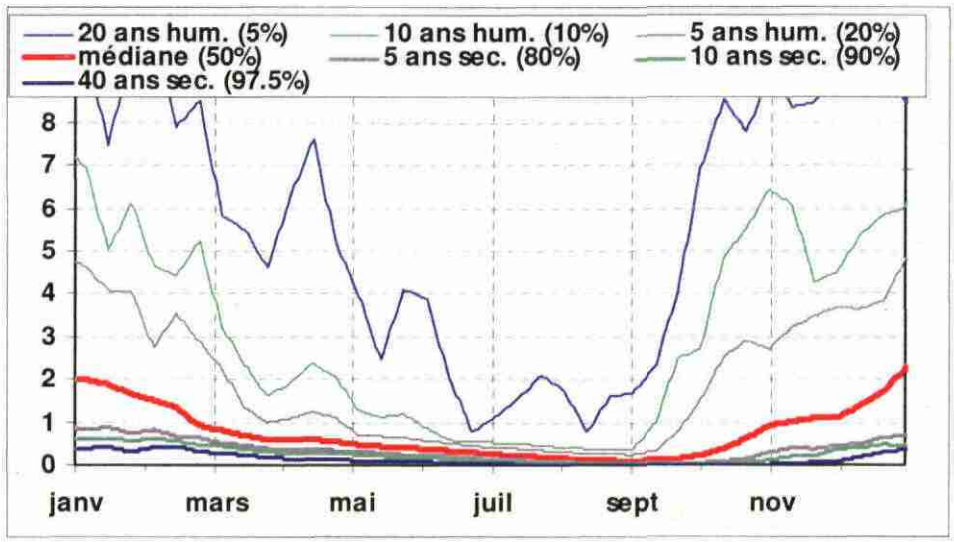


Illustration 50 – Le débit du Louing à Chantonnay. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Les prévisions sur le long terme soulignent que les débits d'étiage sont faibles même lors d'années humides (5 ans humides). Il en découle des volumes disponibles faibles (Illustration 51).

Bien qu'aucune fonction de transfert ne soit établie entre le débit et une chronique piézométrique, le volume disponible a été évalué. Si l'on se fixe comme objectif la courbe « 5 ans secs » du modèle (équivalent au QMNA5), les volumes disponibles en année humide sont donnés en considérant le plan de prélèvement défini (scénario 1).

T.C.	20 ans hum.	10 ans hum.	5 ans hum.	médiane	5 ans sec.
TOTAL	5.9	4.2	3.0	0.0	0.0

Illustration 51 - Prévision des volumes disponibles du bassin du Louing (Mm^3). En l'absence de piézomètre une fonction de transfert de charge constante est prise en compte (décalage compris entre 0 et 80 jours)

Le débit du Lay à Mareuil (Station N3301610) et le piézomètre 05861X0113

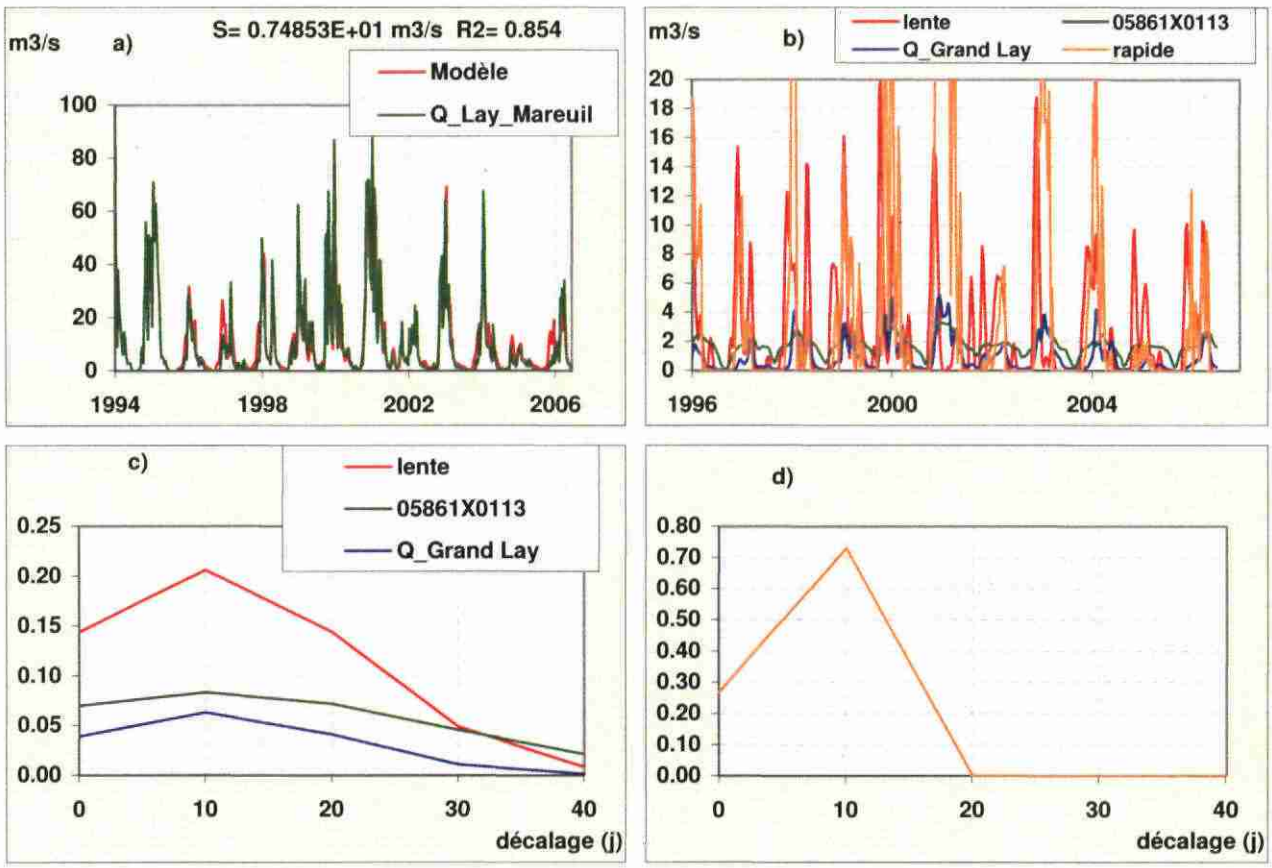


Illustration 52 – Le débit du Lay à Mareuil - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Cette station (bassin versant : 1 044 km², altitude : 5 m NGF) est la plus en aval sur le Lay. Elle reçoit à l'amont et en rive droite des eaux provenant du socle et en rive gauche des eaux provenant de la nappe de l'Infra-Toarcien.

La modélisation de cette station prend en compte le débit à la station amont sur le Grand-Lay et la nappe de l'Infra-Toarcien à travers le piézomètre 05861X0113.

Ces 2 composantes restent globalement faibles par rapport aux apports lents (écoulements non expliqués par le piézomètre) et aux apports rapides (ruissellement). **Toutefois, les étiages apparaissent soutenus presque exclusivement par la nappe de l'Infra-Toarcien.**

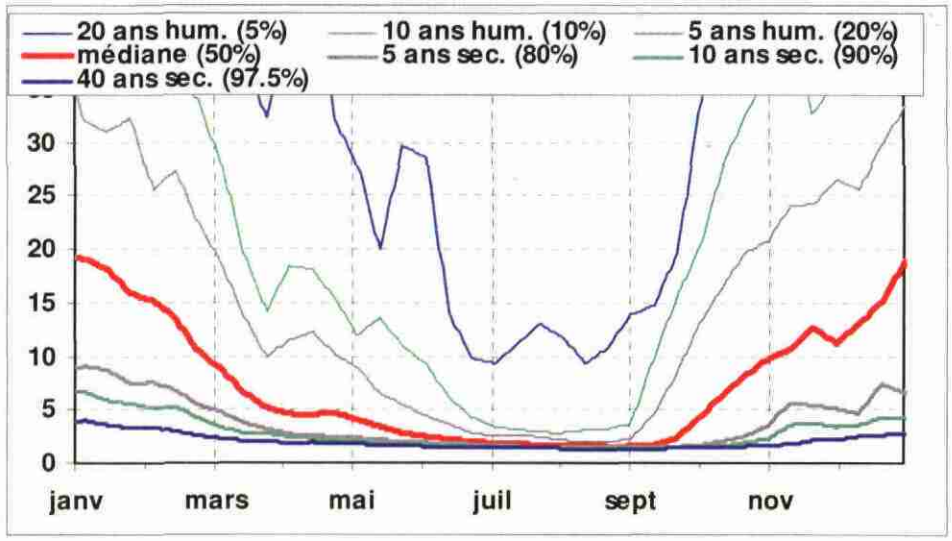


Illustration 53 – Modélisation du débit du Lay à Mareuil : Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

La prévision des volumes disponibles est réalisée en utilisant la fonction de transfert du piézomètre 05861X0113 considérée comme représentative de la nappe de l'Infra-Toarcien sur l'ensemble du bassin (Illustration 54).

Les volumes présentés en Illustration 54 correspondent aux volumes disponibles sur l'ensemble du bassin amont de la station de Mareuil, moins la partie du bassin au-dessus de la station de Saint-Prouant (chronique prise en compte en entrée du modèle), par rapport à un objectif de débit d'étiage de 1,5 m^3/s (valeur donnée par la courbe « 5 ans secs » du modèle - équivalent du QMNA5).

TC	20 ans hum.	10 ans hum.	5 ans hum.	médiane	5 ans sec.
TOTAL	57.4	12.1	10.2	4.6	0.0

Illustration 54 - Tableau de prévision des volumes disponibles (Mm^3) du sous bassin limité par les stations Mareuil en aval et Saint Prouant en amont pour maintenir un débit d'étiage de 1,5 m^3/s à Mareuil (scénario de prélèvements n°1)

Pour cette station de débit, dont la modélisation intègre une chronique piézométrique en entrée, une fonction de transfert entre le niveau piézométrique et le débit en sortie a pu être établie. Plusieurs estimations de volumes ont donc été faites selon différentes hypothèses de débit minimal et selon différents scénario de répartition des prélèvements dans l'année (cf. Chapitre 2.6.3).

L'évolution des volumes disponibles selon plusieurs hypothèses de débit réservé (Illustration 55) met en évidence une décroissance linéaire des volumes disponibles proportionnelle à la diminution du débit réservé. Pour des débits très faibles, on constate des erreurs numériques. Ces erreurs sont inhérentes au modèle TEMPO, elles proviennent du fait que les volumes calculés pour différentes périodes

de retour le sont a partir de différents quantiles qui sont eux mêmes emprunts d'erreurs aléatoires (méthode stochastique).

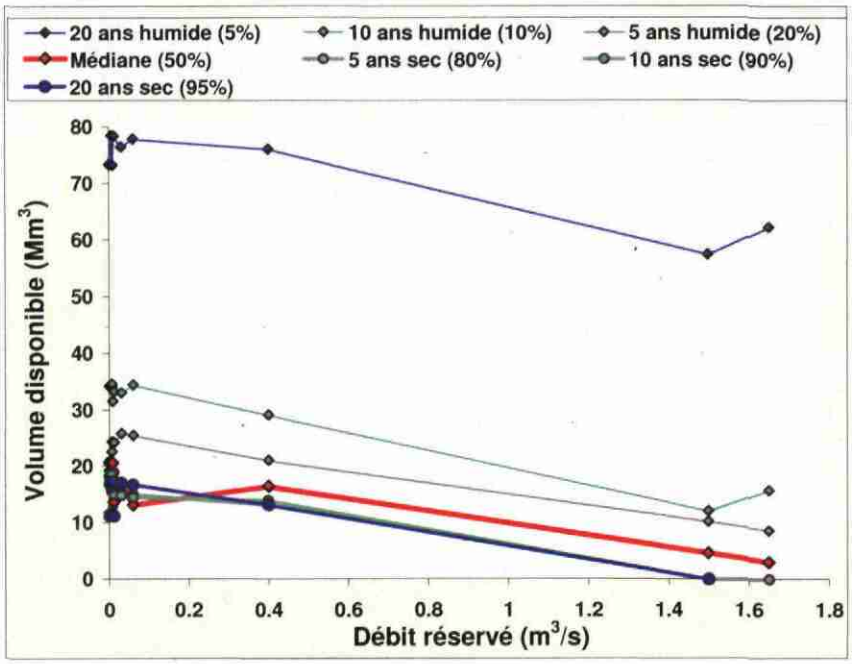


Illustration 55 - Prévisions de volumes disponibles (Mm^3) du sous bassin limité par les stations Mareuil en aval et Saint Prouant en amont pour différents débits réservés (scénario de prélèvements n°1).

La différence de volume disponible selon les scénarios de répartition des prélèvements dans l'année met en évidence que le scénario de prélèvements n°2 (concentration des prélèvements entre juin et août) est le plus défavorable. Lorsque les prélèvements sont effectués pendant la période de recharge de la nappe (entre février et mai), le volume prélevable est supérieur mais encore inférieur à ceux obtenus avec les scénarios 1 et 4 (prélèvements répartis sur toute la période d'étiage).

Selon ces estimations, le volume prélevable est donc plus important lorsque les prélèvements débutent en fin de période de recharge de la nappe et s'étalent sur toute la période d'étiage.

Qreservé = 0,012 m3/s (Qmna5*)							
	20 ans humide (5%)	10 ans humide (10%)	5 ans humide (20%)	Médiane (50%)	5 ans sec (80%)	10 ans sec (90%)	20 ans sec (95%)
Scénario 1	78.37	33.23	24.27	13.62	19.00	15.03	11.21
Scénario2	44.59	21.74	15.87	13.31	13.21	12.88	12.67
Scénario 3	54.62	95.92	62.55	29.90	20.99	11.63	14.18
Scénario 4	67.61	24.59	23.72	18.44	10.73	16.98	9.68

**calculé pour la période 1969-2006, source : Banque Hydro*

Illustration 56 –Prévisions des volumes disponibles (Mm^3) du sous bassin limité par les stations Mareuil en aval et Saint Prouant en amont pour différents scénario de répartition des prélèvements dans l'année.

Le débit de la Smagne à Sainte Pexine (Station N3222010) et le piézomètre 05858X0203

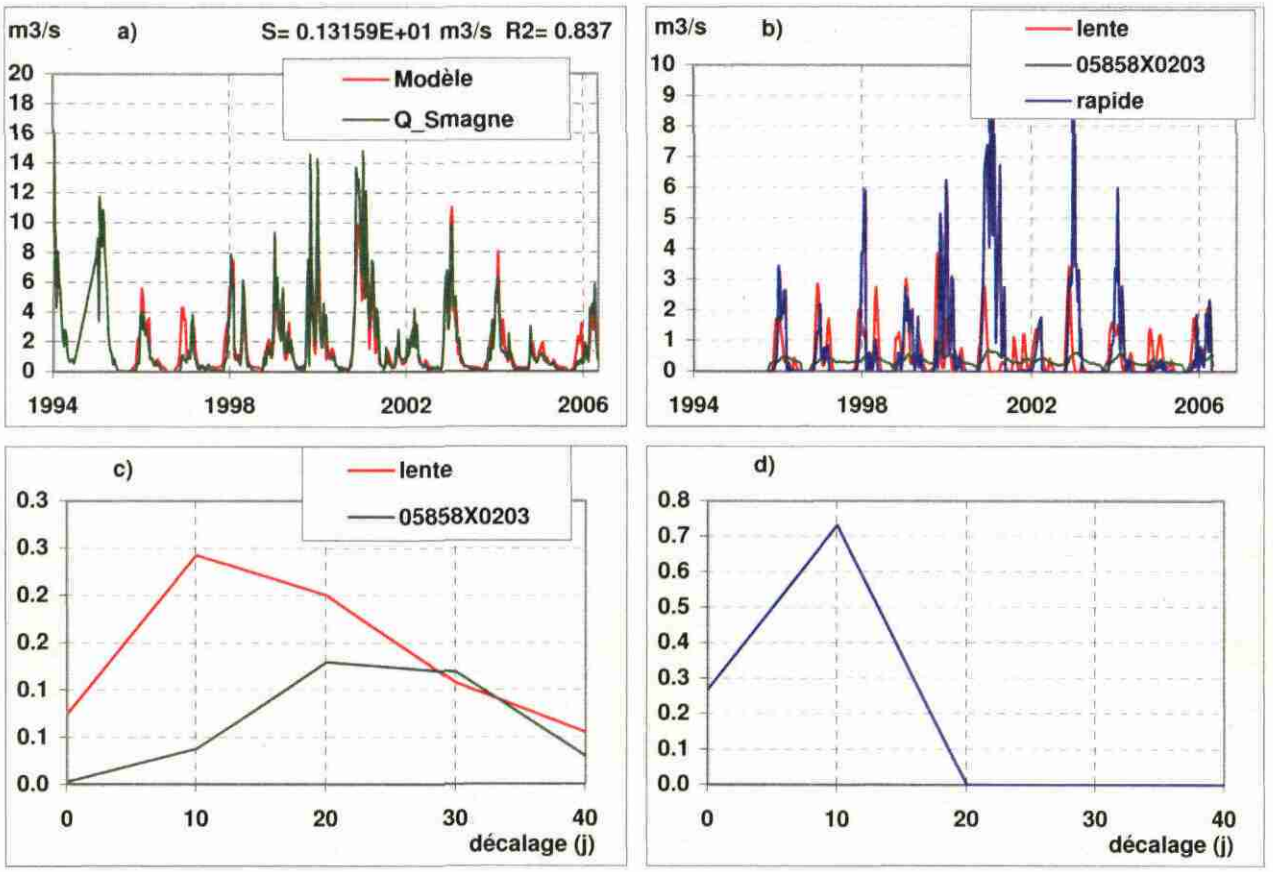


Illustration 57 – Le débit de la Smagne à Sainte Pexine. - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Affluent en rive gauche du Lay, la Smagne contribue au débit mesuré à la station précédente de Mareuil. A l'amont de la station de Sainte Pexine, le bassin versant est de 180 km².

La modélisation de la chronique hydrologique a été réalisée avec en entrée le piézomètre 05858X0203 captant les nappes de l'Infra-Toarcien et du Dogger. Il apparaît que le débit d'étiage de la rivière est entièrement soutenu par ces nappes (Illustration 57 b et c). Ce débit est quasiment nul à l'étiage, si ce n'est en année très humide.

Les ruissellements et la composante lente « inexpliquée » contribuent de manière importante au débit de la rivière en hiver mais ne permettent pas de maintenir un débit en étiage.

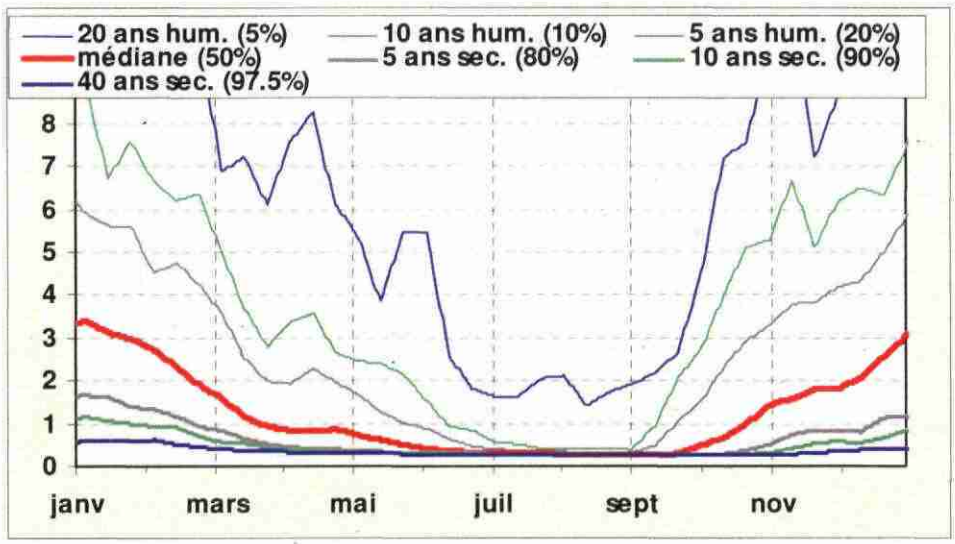


Illustration 58 – Le débit de la Smagne à Sainte Pexine et le piézomètre 05858X0203. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Bien qu'aucune fonction de transfert ne soit établie entre le débit et une chronique piézométrique, le volume disponible a été évalué. Si l'on se fixe comme objectif la courbe « 5 ans secs » du modèle (équivalent au QMNA5), les volumes disponibles en année humide sont donnés en Illustration 59 considérant le plan de prélèvement défini (scénario 1).

05858X0203	20 ans hum.	10 ans hum.	5 ans hum.	médiane	5 ans sec.
TOTAL	11.4	2.9	1.4	0.0	0.0

Illustration 59 - Tableau de prévision des volumes disponibles du bassin de la Smagne (Mm^3)

Le débit du Marillet à Saint Florent (Station N3304120) - Pas de piézomètre

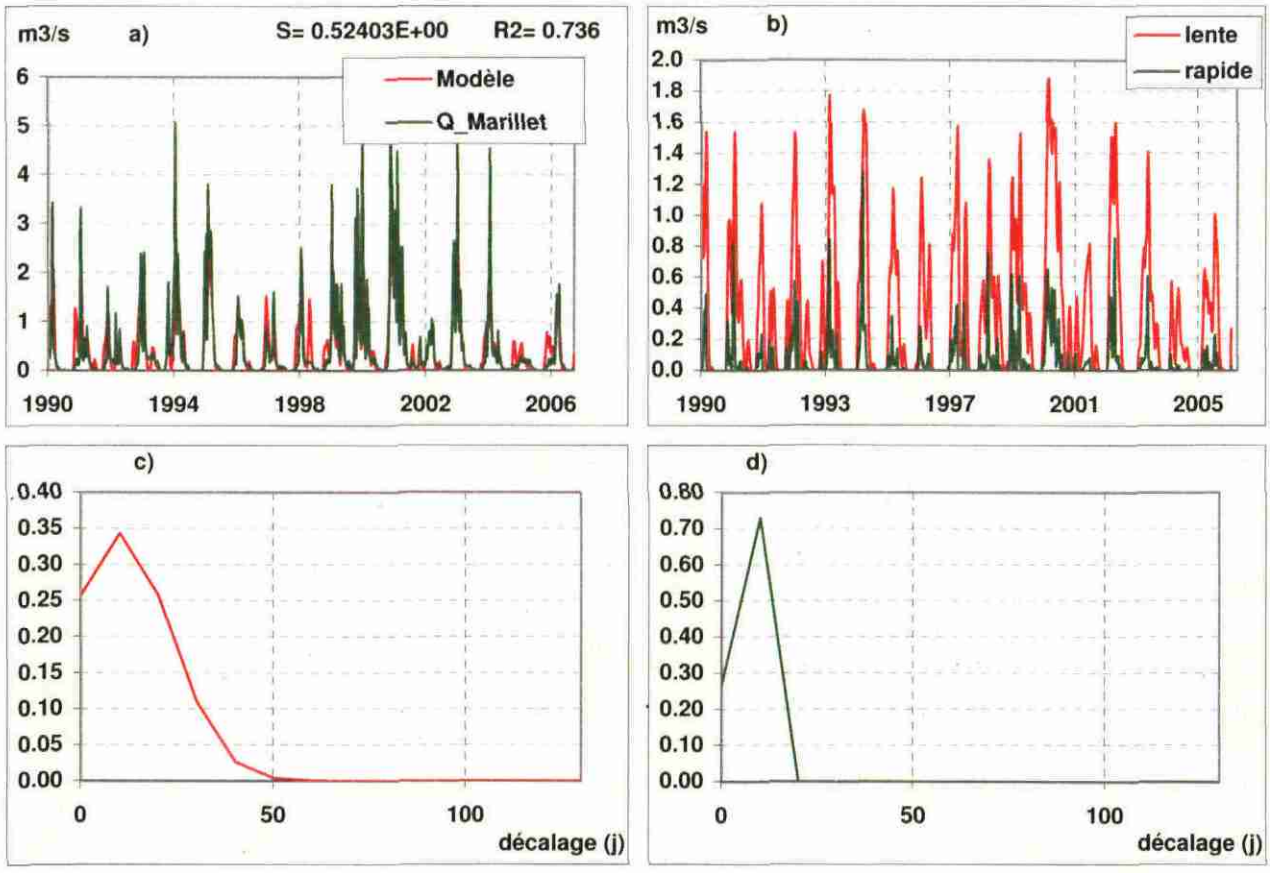


Illustration 60 – Le débit du Marillet à Saint Florent (pas de piézomètre). - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Le petit bassin versant (48 km²) arrivant à cette station de Saint-Florent est entièrement constitué de formations de socle. Le cours d'eau du Marillet est à sec en été. La composante lente est en effet très courte (moins de 50 jours), ce qui montre que les eaux souterraines ne contribuent pas au soutien des étiages.

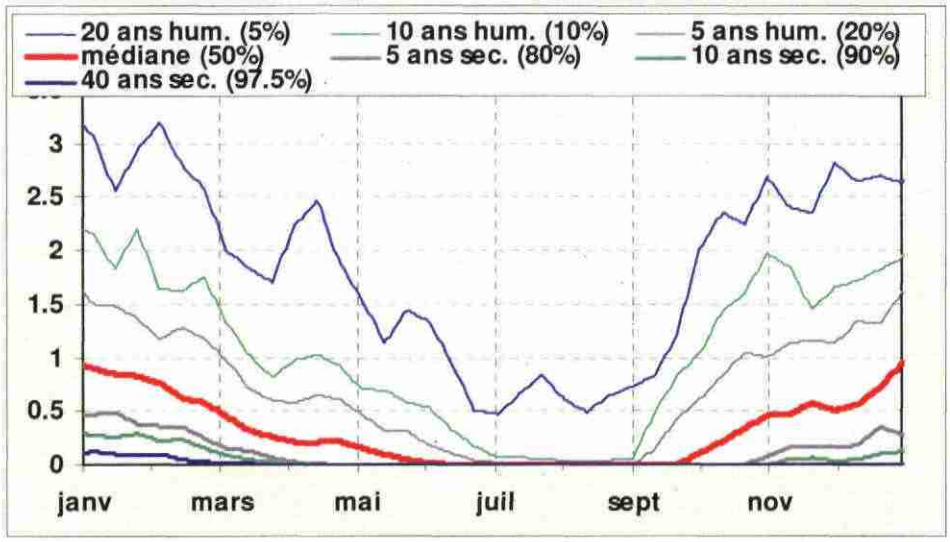


Illustration 61 – Le débit du Marillet à Saint Florent. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Les courbes de débit du Marillet montrent bien ce tarissement rapide de la rivière en début d'été. En année médiane, le débit est nul dès le mois de juin. Un débit objectif d'étiage ne peut alors être maintenu.

Bien qu'aucune fonction de transfert ne soit établie entre le débit et une chronique piézométrique, le volume disponible a été évalué. Si l'on se fixe comme objectif la courbe « 5 ans secs » du modèle (équivalent au QMNA5), les volumes disponibles en année humide sont donnés en considérant le plan de prélèvement défini (scénario 1).

T.C.	20 ans hum.	10 ans hum.	5 ans hum.	médiane	5 ans sec.
TOTAL	4.0	0.7	0.2	0.0	0.0

Illustration 62 - Tableau de prévision des volumes disponibles du bassin du Marillet (Mm^3)

Le débit de l'Yon à Dompierre-sur-Yon (Station N3403010) - Pas de piézomètre

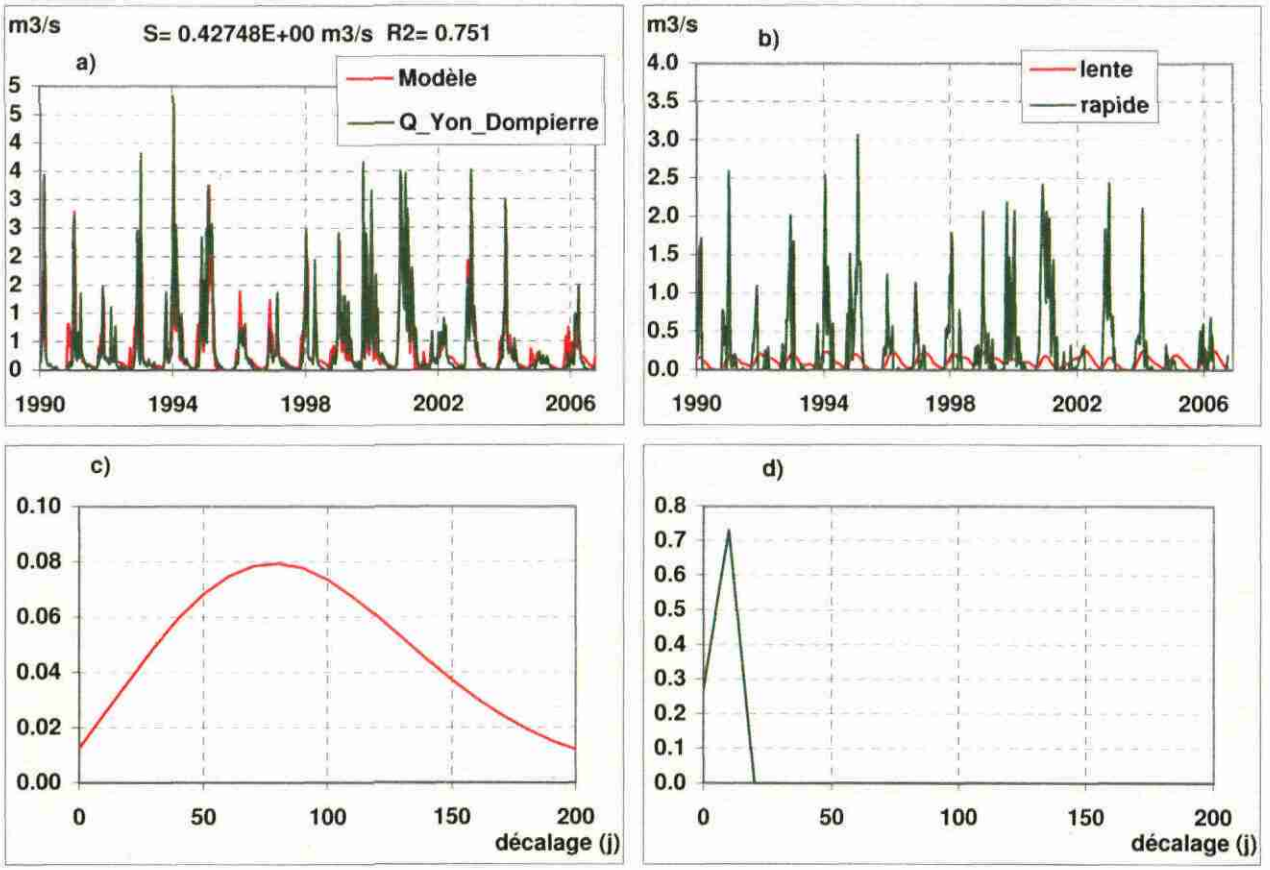


Illustration 63 – Le débit de l'Yon à Dompierre-sur-Yon (pas de piézomètre). - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Cette station est tout à fait à l'amont du bassin versant (surface du bassin versant en amont : 42 km²).

Le modèle est bien calé sur le débit de l'Yon à Dompierre-sur-Yon malgré une sous-estimation des débits de crue. **La modélisation met en évidence une composante lente du débit qui traduit un soutien des étiages par les eaux souterraines (étalement de la courbe) du socle** qui est tout à fait en cohérence avec les analyses des piézomètres de ces nappes (passage d'une impulsion de pluie en 8 mois avec un pic au bout de 2 mois). **La composante rapide qui est ici très forte et nettement majoritaire correspond à la contribution des ruissellements.**

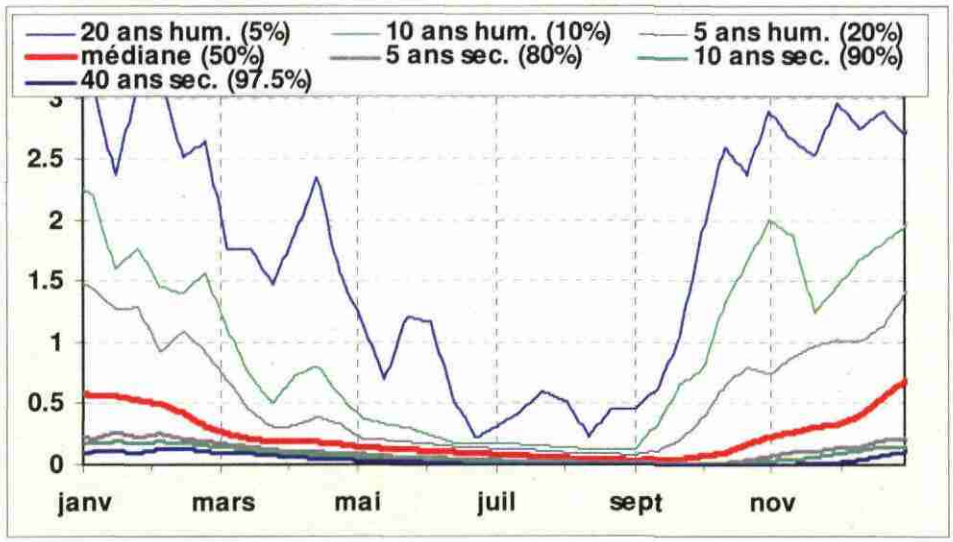


Illustration 64 – Le débit de l'Yon à Dompierre-sur-Yon. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Les quantiles modélisés à long terme révèlent un débit d'étiage nul à faible en année sèche. Les volumes disponibles sont peu importants.

Bien qu'aucune fonction de transfert ne soit établie entre le débit et une chronique piézométrique, le volume disponible a été évalué. Si l'on se fixe comme objectif la courbe « 5 ans secs » du modèle (équivalent au QMNA5), les volumes disponibles en année humide sont donnés en considérant le plan de prélèvement défini (scénario 1).

TC	20 ans hum.	10 ans hum.	5 ans hum.	médiane	5 ans sec.
TOTAL	2.0	1.1	1.0	0.6	0.0

Illustration 65 - Tableau des volumes disponibles du bassin de l'Yon à Dompierre-sur-Yon (Mm^3). En l'absence de piézomètre une fonction de transfert de charge constante est prise en compte pour un décalage compris entre 0 et 80 jours.

Le débit de l'Yon à Nesmy (station N3423020) et le piézomètre 05625X0036

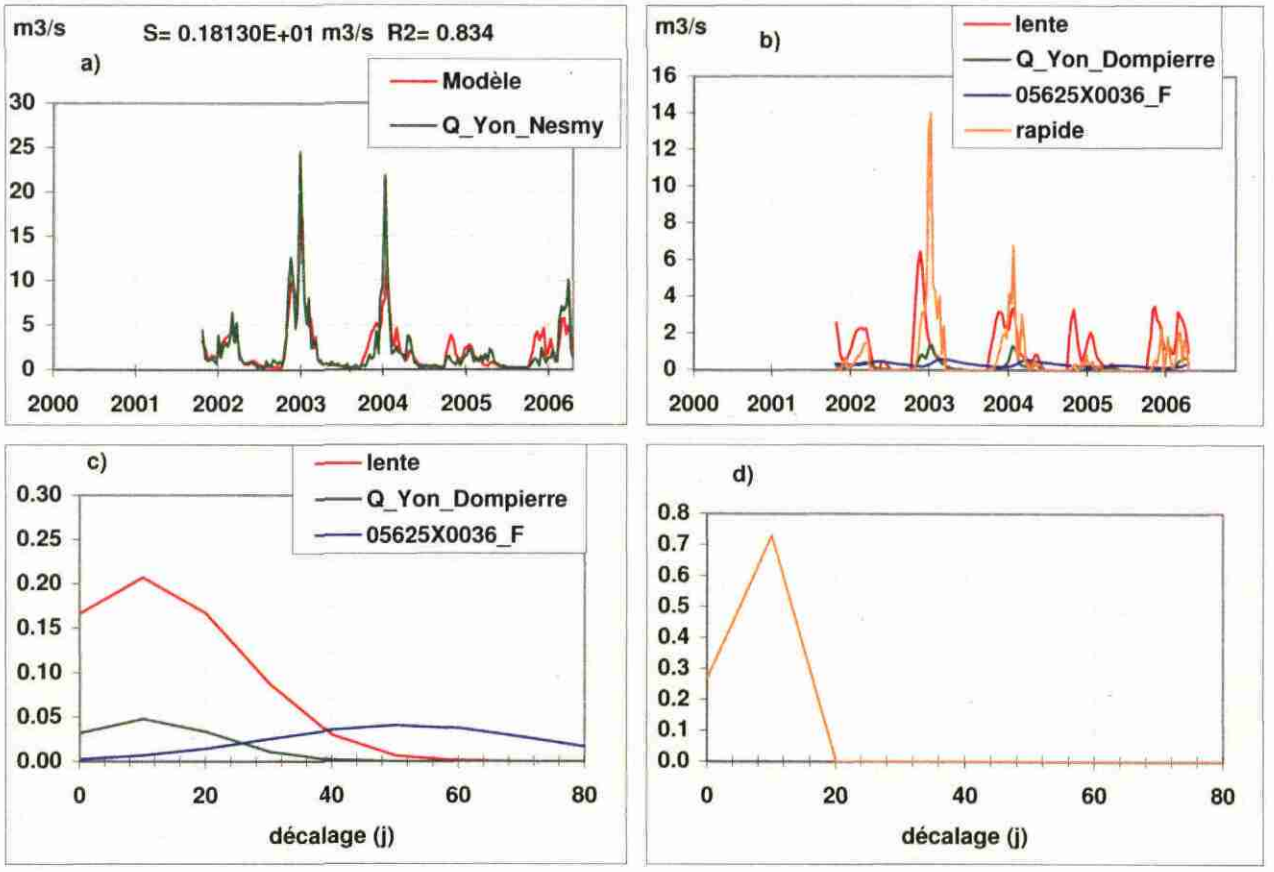


Illustration 66 – Le débit de l'Yon à Nesmy. - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Cette station est la plus aval sur le bassin de l'Yon (Bassin versant amont : 296 km²). Le bassin amont est intégralement sur du socle.

La modélisation de l'Yon à Nesmy montre ici quatre composantes :

- la composante lente qui représente la contribution des eaux souterraines non expliquée par le piézomètre ;
- le piézomètre 05625X0036 (La Roche-sur-Yon, Socle) qui a été utilisé en entrée pour la modélisation de cette chronique. La réponse impulsionnelle correspondante (Illustration 66 c) explique assez bien le soutien du débit d'étiage du cours d'eau par la nappe ;
- la composante du débit en amont à la station de Dompierre-sur-Yon (utilisée en entrée du modèle) ;
- la composante rapide de « ruissellement ».

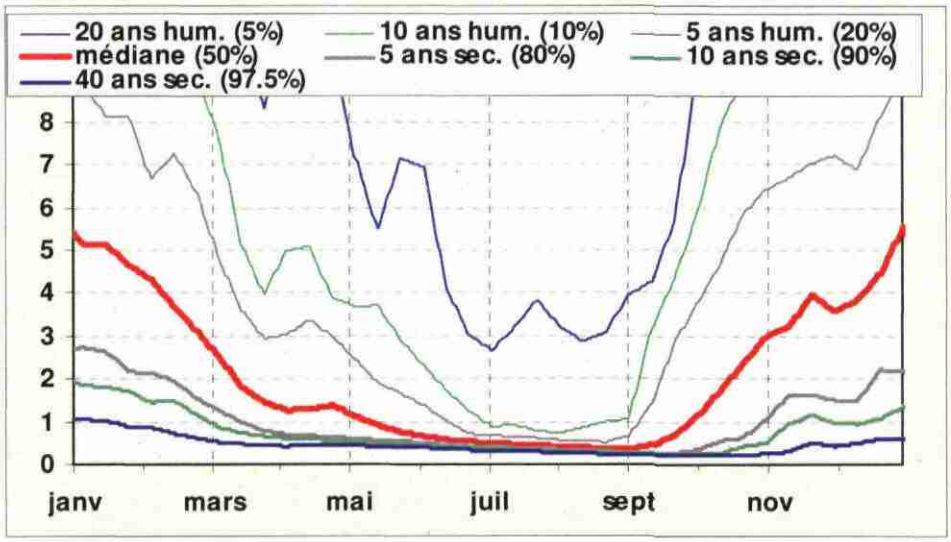


Illustration 67 – Le débit de l'Yon à Nesmy et le piézomètre 05625X0036. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Les volumes disponibles sont calculés afin de respecter un débit d'étiage de 0,35 m^3/s entre Dompierre-sur-Yon et Nesmy.

05625X0036	20 ans hum.	10 ans hum.	5 ans hum.	médiane	5 ans sec.
TOTAL	21.4	5.6	3.3	0.8	0.0

Illustration 68 – Tableau de prévision des volumes disponibles du sous-bassin de l'Yon compris entre les stations Nesmy en aval et Dompierre en amont (Mm^3) pour maintenir un débit d'étiage de 0.35 m^3/s

4.2.1. Bilan

La fonction de transfert, permettant de relier le niveau piézométrique au débit, a permis de simuler des débits correspondants à différentes périodes de retour sur les différentes stations du bassin. En prenant comme référence la courbe « 5 ans secs », les volumes disponibles ont été calculés afin de respecter un débit d'étiage. Ces volumes donnés sont des volumes nets disponibles à l'exception toutefois des prélèvements non saisonniers, AEP et prélèvements industriels, qui sont implicitement déjà pris en compte par le modèle.

Les stations de mesure des débits sont toutes situées dans la partie amont du bassin versant, là où les eaux circulent essentiellement sur les formations cristallophylliennes du socle paléozoïque. Seule la station de Mareuil intègre une composante significative d'eau venant des nappes de l'Infra-Toarcien et du Dogger.

En l'absence de mesure de débit et d'objectifs de débits à l'aval, il est difficile de fournir les volumes disponibles sur l'ensemble de ce bassin du Lay. Toutefois, cette analyse fournit des données disponibles pour établir des ordres de grandeur. Bien évidemment, la quantité « disponible » est fonction de la climatologie.

La plupart des bassins versants amont sont quasiment secs en été, et les débits disponibles sont donc quasiment nuls sauf en année très humide. Les données de Mareuil, la station la plus aval et donc la plus « intégratrice », permettent de calculer un volume disponible une année sur deux de l'ordre de 4,6 millions de m^3 pour 939 km^2 de bassin versant et par rapport au débit de 5 ans secs (1,5 m^3/s). Transposé à la totalité du bassin versant (1 973 km^2) par une simple règle de trois, cela donne un volume de 9,5 millions de m^3. Le même calcul pour une année humide (5 ans humide) donne 10,2 millions de m^3 pour le bassin de Mareuil et 21,5 millions de m^3 pour la totalité du bassin du Lay.

Ces ordres de grandeurs donnent la disponibilité de la ressource une année sur deux (ou une année humide sur cinq) pour les prélèvements saisonniers (essentiellement agricoles) en nappe comme en rivière. Ils dépendent bien entendu du plan de prélèvements utilisé et précisé dans la partie méthodologie. Une concentration des prélèvements sur les mois de juillet et d'Août aurait pour conséquence de diminuer de manière importante ces volumes.

5. Bassin de la Vendée / Sèvre Niortaise - Modélisation

5.1. ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES ET PROPOSITION D'INDICATEURS

5.1.1. Infra-Toarcien

Piézomètre 05865X0068/S – Forage du Petit Magnil (Saint Etienne de Brillouet)

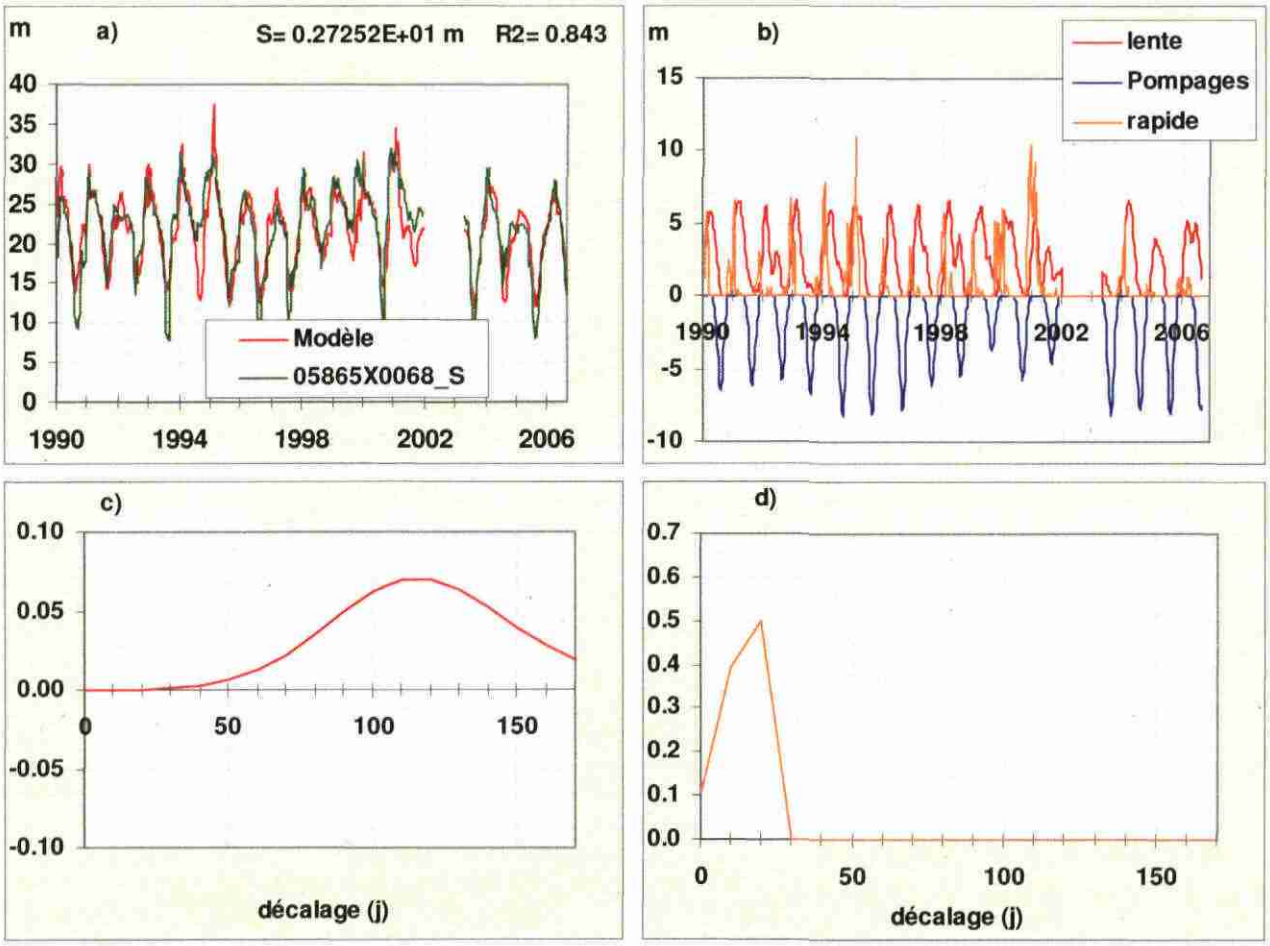


Illustration 69 – Le piézomètre 05865X0068. - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Ce piézomètre est situé au nord de la zone entre les bassins du Lay et de la Vendée (altitude : 32 m NGF, profondeur : 72 m).

Le piézomètre 05865X0068 à Saint-Etienne-de-Brillouet suit la nappe du Lias inférieur sous couverture de Dogger. Le modèle décompose le signal en trois composantes d'importance relativement égale. **La chronique piézométrique est très influencée par des pompages saisonniers** dont l'impact est encore visible au bout de 4 mois et responsable d'un rabattement supplémentaire de l'ordre de 10 m (Illustration 69 b et Illustration 71).

La réponse impulsionnelle lente (Illustration 69c) révèle un caractère libre de la nappe avec une mise en charge longue et différée (pic à 4 mois, fin à 6 mois) en contradiction apparente avec le log stratigraphique et la coupe du forage qui indiquent que la nappe du Lias est captive à cet endroit sous les marnes du Toarcien-Aalénien. **La réponse impulsionnelle traduirait donc un rechargement de la nappe du Lias par la nappe du Dogger via des réseaux de fractures.** Ces relations nappe profonde/nappe libre ou réseau superficiel peuvent aussi se faire au droit du forage si l'état des tubages le permet.

La cote d'étiage de la nappe donnée par le modèle serait naturellement autour de 20 m NGF alors que le niveau piézométrique descend au dessous de 10 m NGF du fait des pompages environnants.

La chronique révèle également des recharges rapides et significatives de la nappe intervenant lors d'épisodes de pluie importants toujours par le biais de réseaux de fractures.

Ce piézomètre ne semble donc pas caractériser la nappe captive de l'Infra-Toarcien. Le comportement de la nappe au niveau du piézomètre diffère nettement de celui observé sur le piézomètre 05861X0113 analysé dans le bassin versant du Lay pourtant assez proche géographiquement.

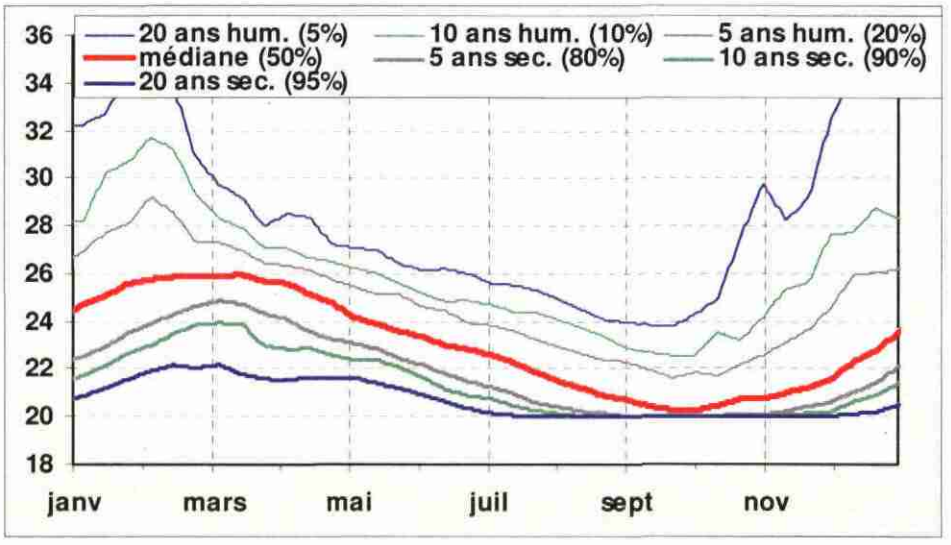


Illustration 70 - Le piézomètre 05865X0068. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

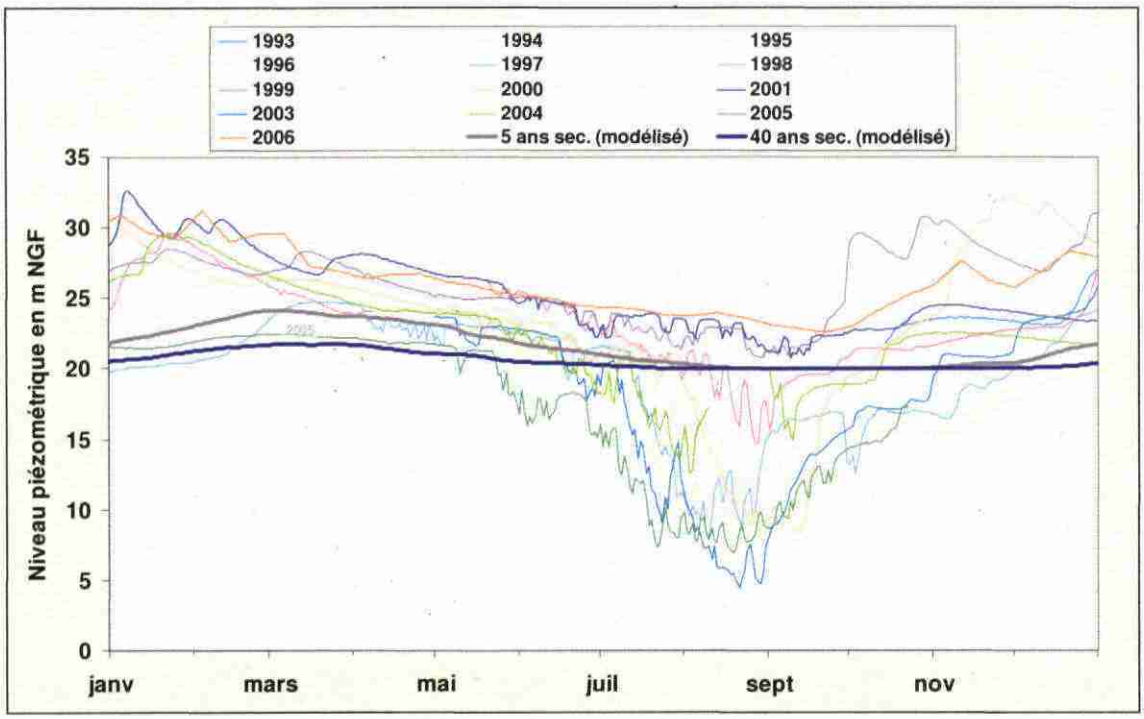


Illustration 71 - Le piézomètre 05865X0068. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision

Piézomètre 05865X0098/SF2 – Forage du Grand Crochet (Nalliers)

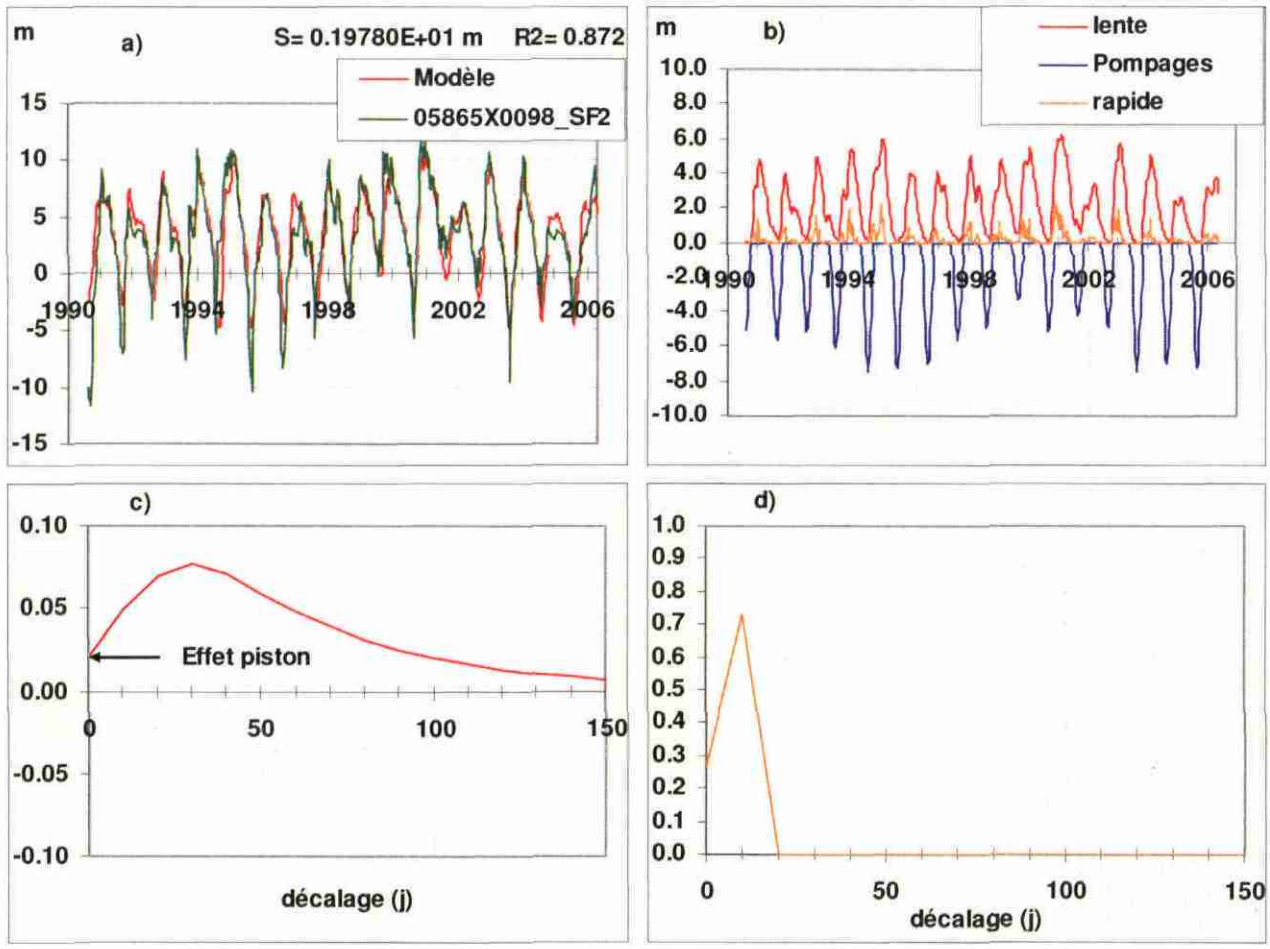


Illustration 72 - Le piézomètre 05865X0098. - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Situé au Sud du précédent, ce piézomètre de 89 m de profondeur (altitude : 4 m NGF) capte lui aussi la nappe captive de l'Infra-Toarcien sous couverture Dogger.

Le piézomètre 05865X0098, dont le niveau naturel en basses eaux est voisin de 2,5 m NGF, est fortement influencé par les pompages saisonniers (la cote d'étiage pouvant atteindre jusqu'à -10 m NGF). L'effet des prélèvements s'observe nettement en Illustration 72b et en Illustration 74.

Le comportement du piézomètre 05865X0098 rappelle celui du piézomètre 05865X0068 (Petit Magnil – St Etienne de Brillouet) quoique la composante rapide soit moins importante ici.

L'Illustration 72c montre que la nappe suivie (Infra-Toarcien) par le piézomètre est captive (effet piston) et que l'impulsion est passée au bout de 4 mois. La recharge via le réseau de fractures,

illustrée par la composante «rapide», est ici faible. Son passage est complet après 20 jours (pic à 10 jours).

Le modèle donne en prévision un niveau d'étiage « naturel » de 2,5 m NGF en année sèche, correspondant au niveau des eaux superficielles.

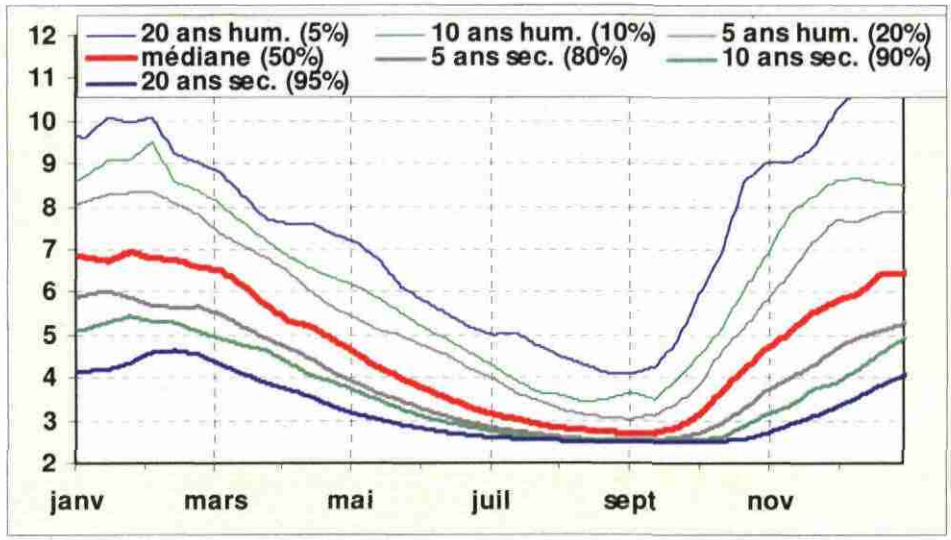


Illustration 73 - Le piézomètre 05865X0098. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

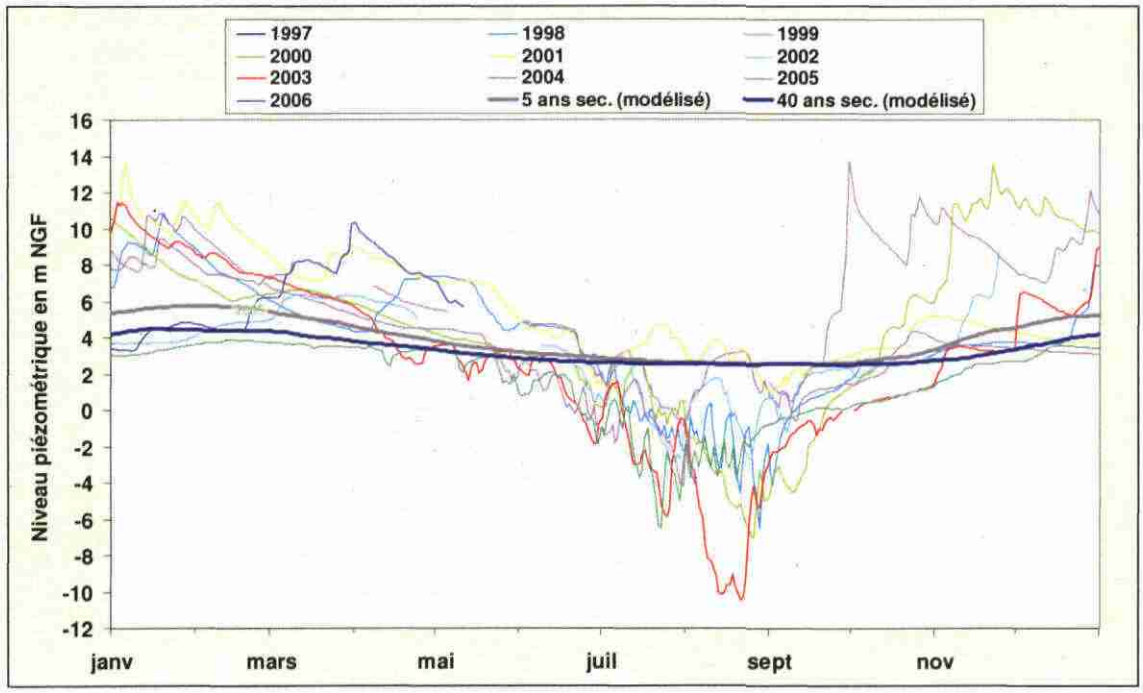


Illustration 74 - Le piézomètre 05865X0098. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision

Le piézomètre 05858X0116/F – Forage (Luçon)

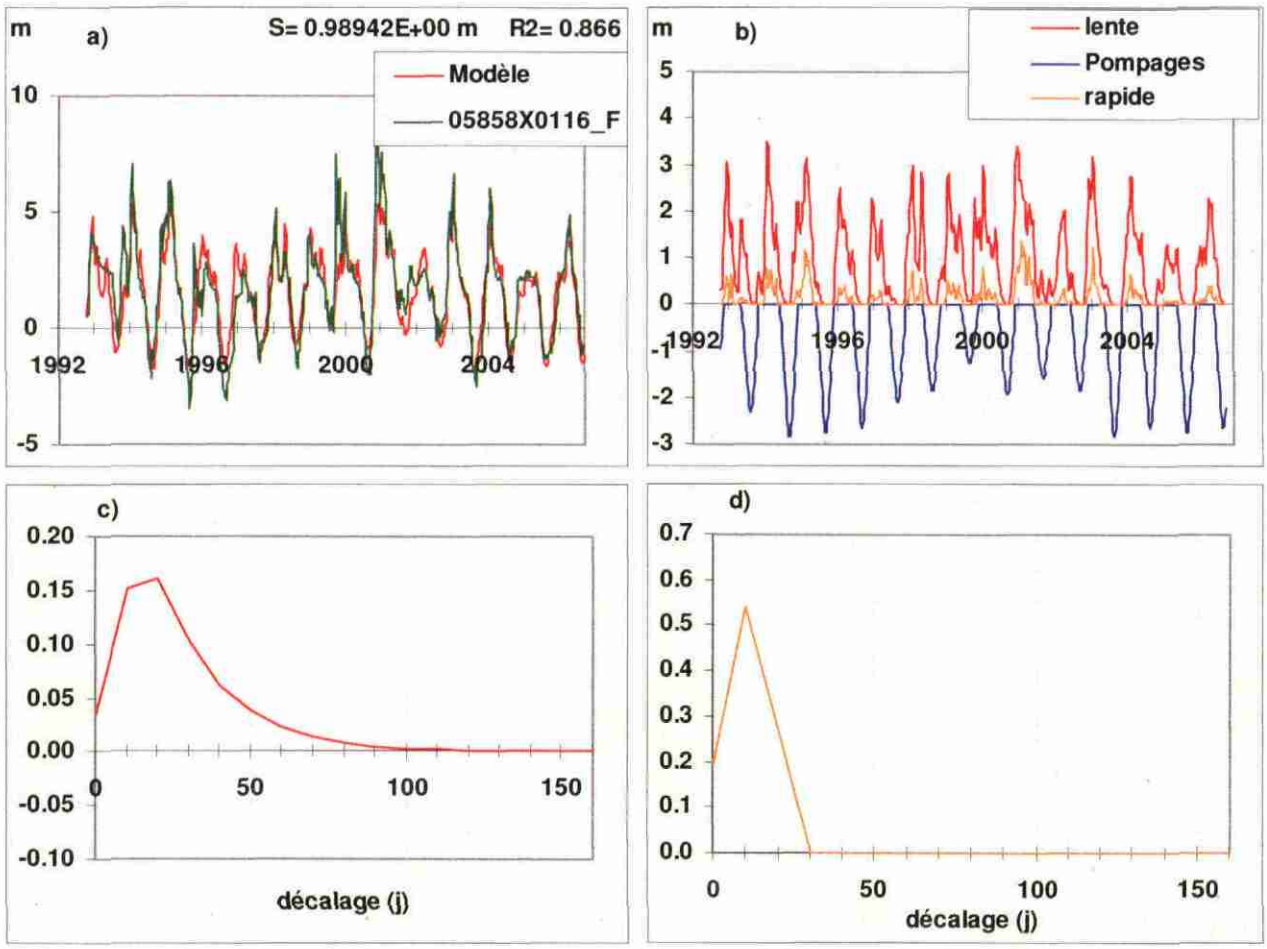


Illustration 75 - Le piézomètre 05858X0116. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Ce piézomètre (profondeur : 95 m ; altitude : 24 m NGF), situé au Nord de Luçon, est également fortement impacté par les prélèvements saisonniers environnants. Alors que la cote d'étiage de la nappe donnée par le modèle serait naturellement autour de 1,1 m NGF pour une année sèche, le niveau piézométrique descend au dessous de -2 m NGF du fait des pompages. Cet abaissement n'est pas minime étant donné l'amplitude naturelle du battement annuel de la nappe (de l'ordre de 4 m).

La mise en pression instantanée de la nappe révèle le comportement captif de la nappe. L'inertie du système est faible (inférieure à 3 mois pour le passage de l'impulsion pluie). La composante rapide est ici significative (Illustration 75b) mais pas prédominante.

Le niveau naturel d'étiage donné par le modèle serait de 1 m NGF environ en année sèche.

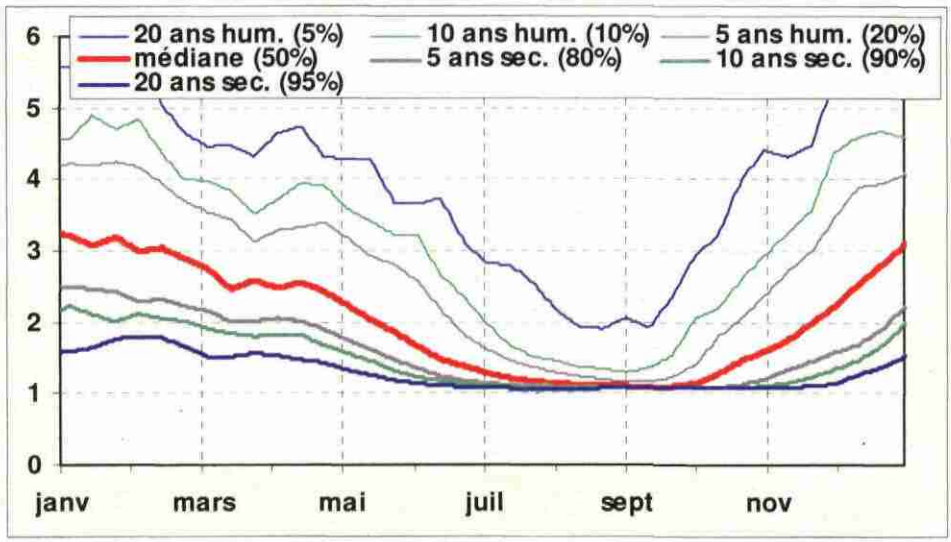


Illustration 76 - Le piézomètre 05858X0116. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

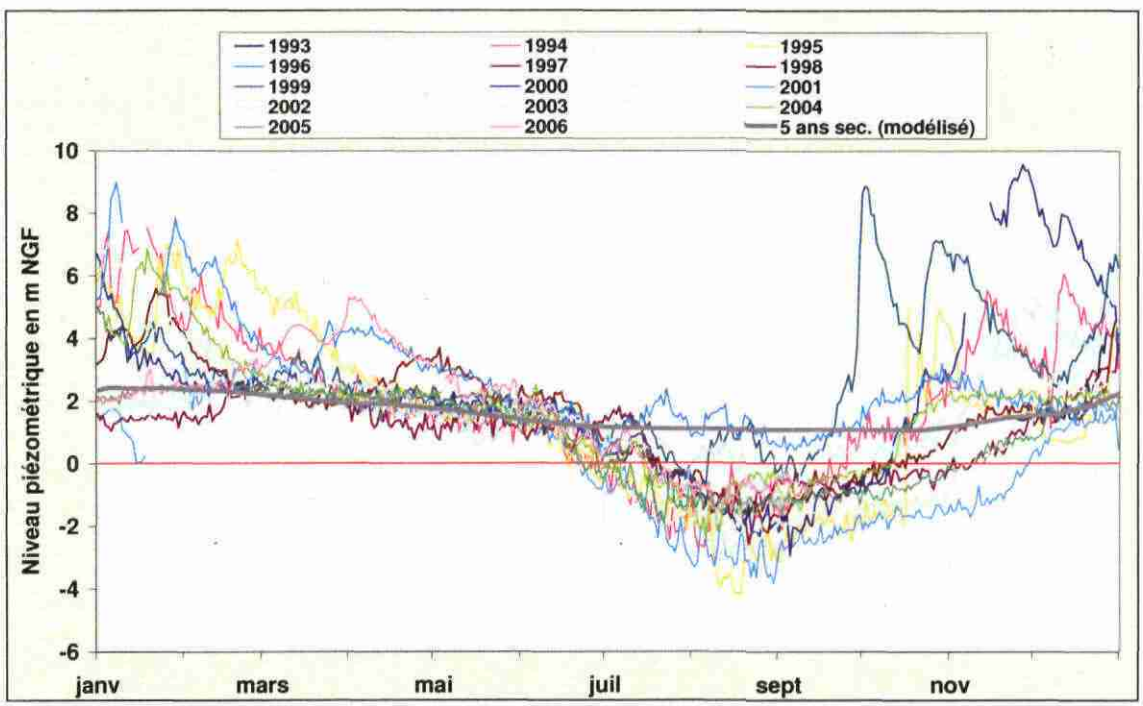


Illustration 77 - Le piézomètre 05858X0116. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision

Le piézomètre 05863X0206/PIEZO - Forage des Vergnères (S^t Martin des Fontaines)

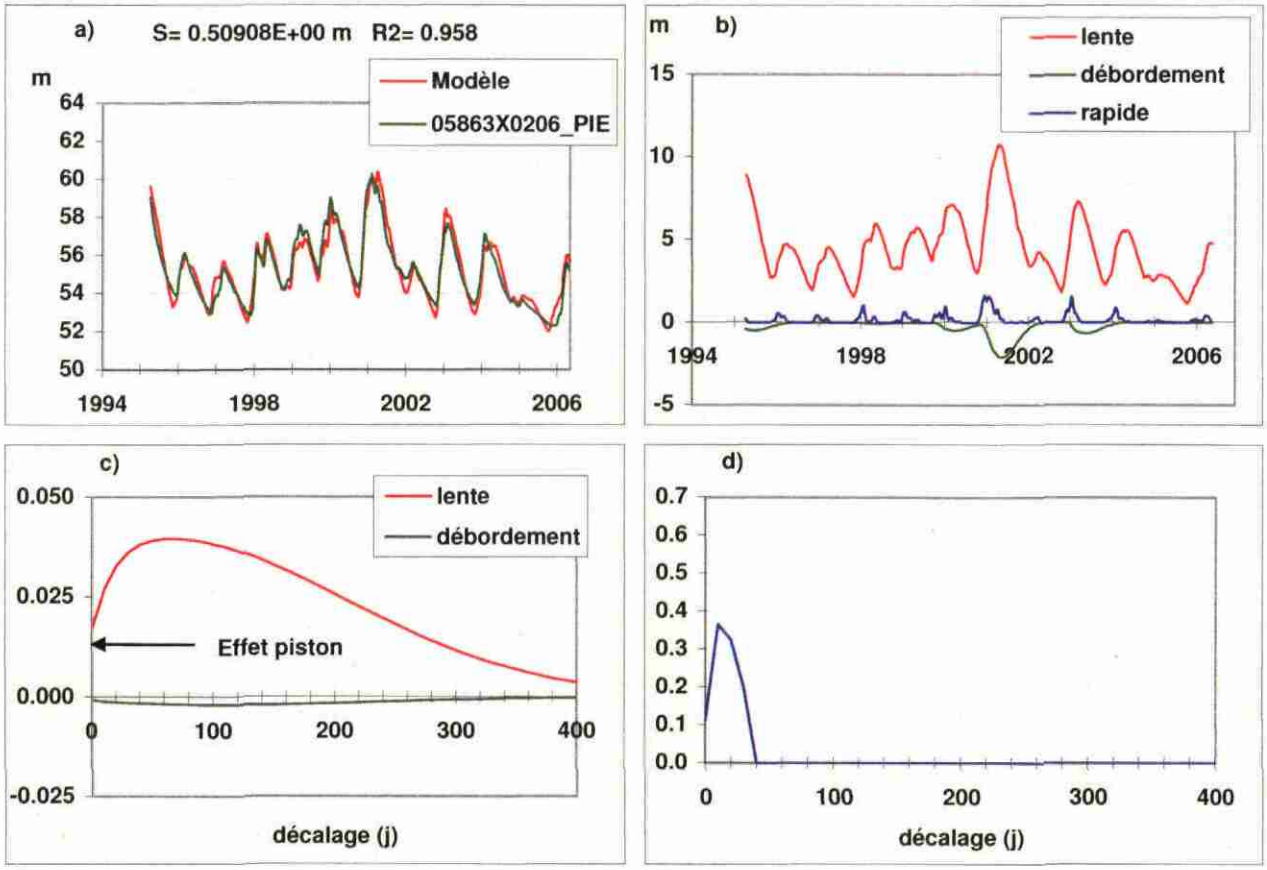


Illustration 78 - Le piézomètre 05863X0206. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Situé en partie amont du bassin de la Vendée, ce piézomètre de 33 m de profondeur capte la nappe de l'Infra-toarcien dans un secteur où cette formation est subaffleurante (couverture argileuse).

Le modèle se cale très bien sur les chroniques du piézomètre 05863X0206 (R^2= 0,958) ce qui se vérifie sur l'Illustration 80. **Les résultats de modélisation mettent en évidence une nappe captive** avec un «effet piston» au début de la réponse impulsionnelle (Illustration 78c). Le temps de vidange est voisin d'une année. Le pic d'une impulsion de pluie est positionné entre 2 et 3 mois. La recharge de la nappe via les fractures n'est pas très importante.

Les pompages ne sont pas influents sur le niveau observé au piézomètre 05863X0206 (pas de fonction « pompage » prise en compte en entrée du modèle).

Une cote de débordement est observée autour de 60 m NGF. Ceci peut s'expliquer par la présence de deux rivières : le ruisseau de Garreau à l'Est (altitude : 50 m NGF) et une rivière non pérenne à l'Ouest (altitude : 60 m NGF).

Le modèle utilisé en prévision donne un **niveau d'étiage non influencé situé autour de la cote 52 m NGF pour une année sèche**.

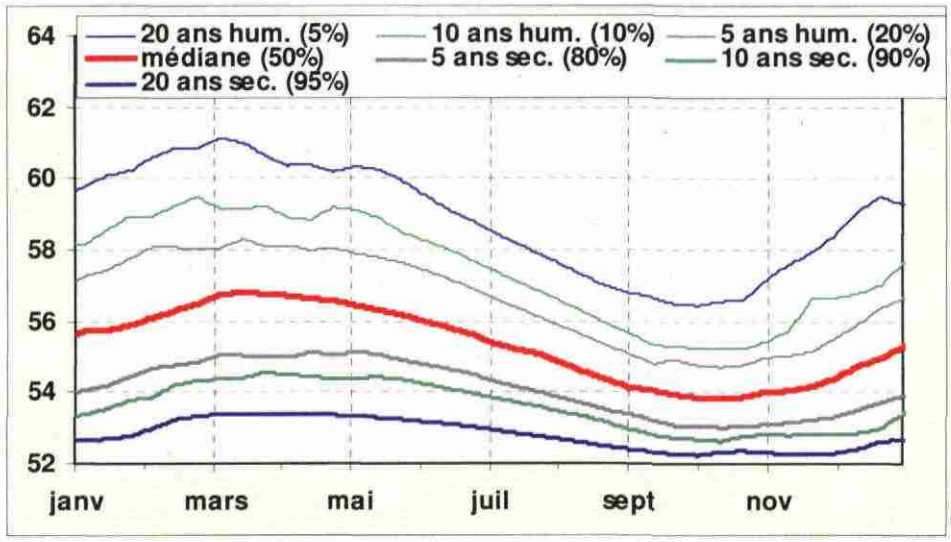


Illustration 79 - Le piézomètre 05863X0206. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

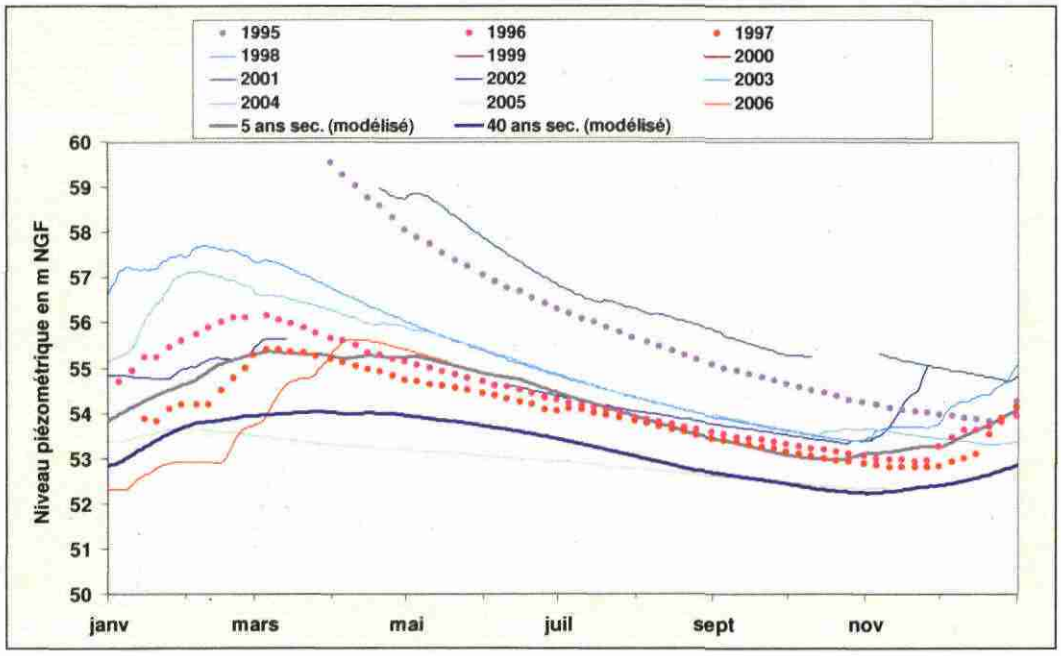


Illustration 80 - Le piézomètre 05863X0206. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision

Le piézomètre 05863X0203/F – Forage (Marsais Sainte Radegonde)

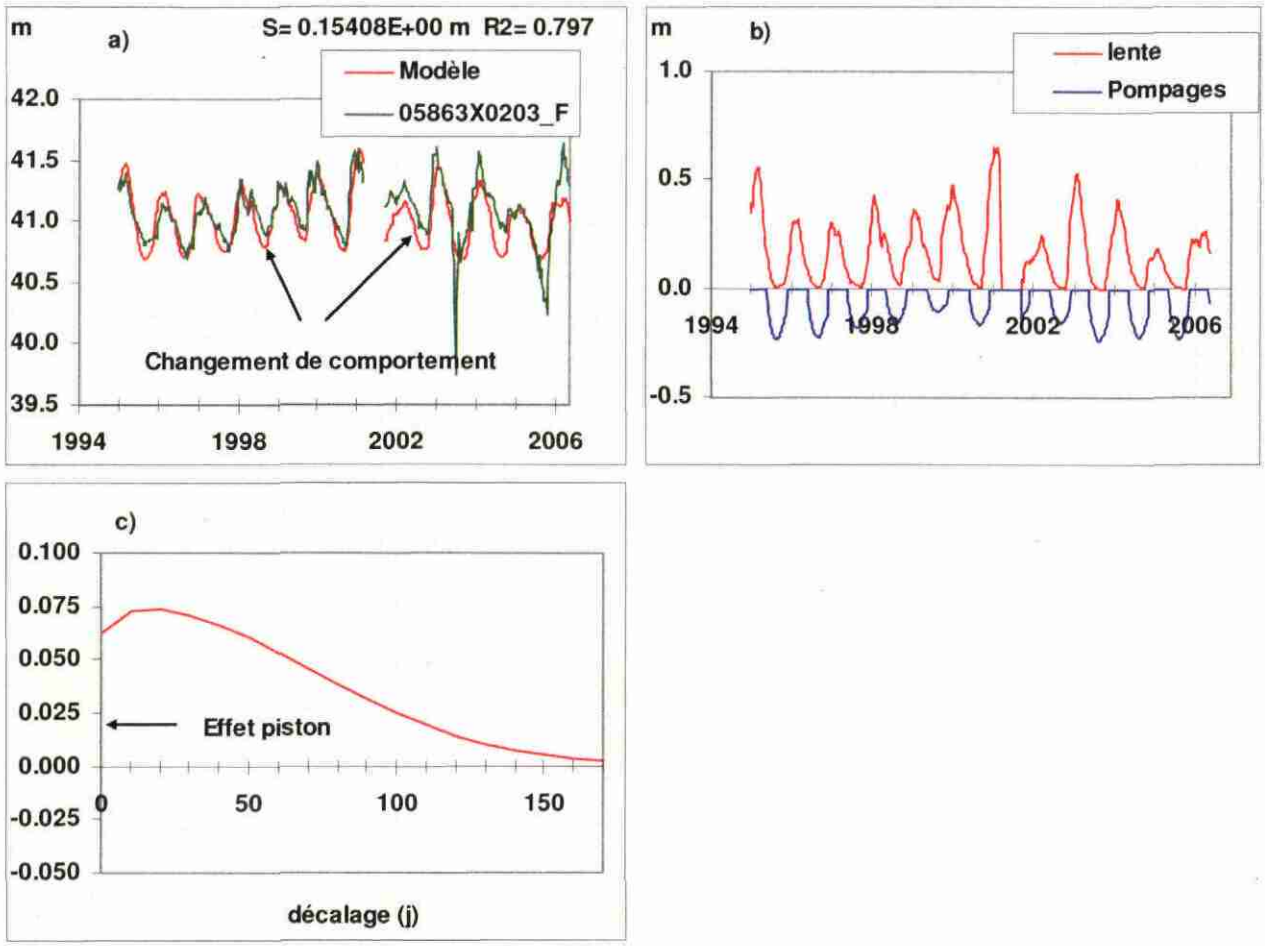


Illustration 81 - Le piézomètre 05863X0203. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente.

Situé non loin du précédent et à peu près dans le même contexte, ce piézomètre fait 25 m de profondeur (altitude : 41,50 m NGF). Il capte l'aquifère de l'Infra-Toarcien.

Le piézomètre 05863X0203 manifeste un changement de comportement avant et après l'interruption de mars à septembre 2001 qui nuit à la qualité de l'ajustement. Néanmoins, ce piézomètre met en évidence une **nappe captive et une influence moins prononcée des pompages que sur la plupart des autres piézomètres** (Illustration 81b et Illustration 83). Notons aussi que les battements annuels sont de faible amplitude (moins de 1 m).

Le modèle donne une cote d'étiage naturelle de la nappe de 40,9 m NGF en année sèche.

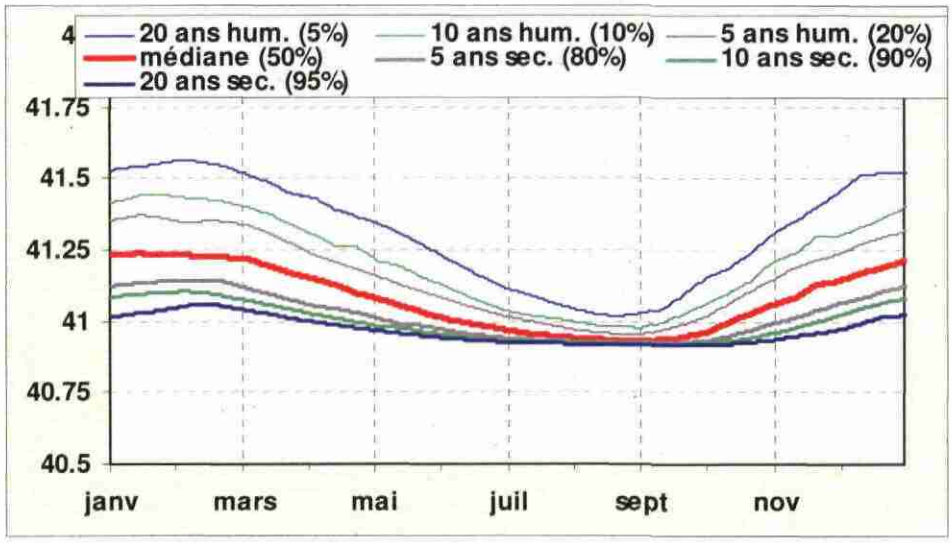


Illustration 82 - Le piézomètre 05863X0203. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

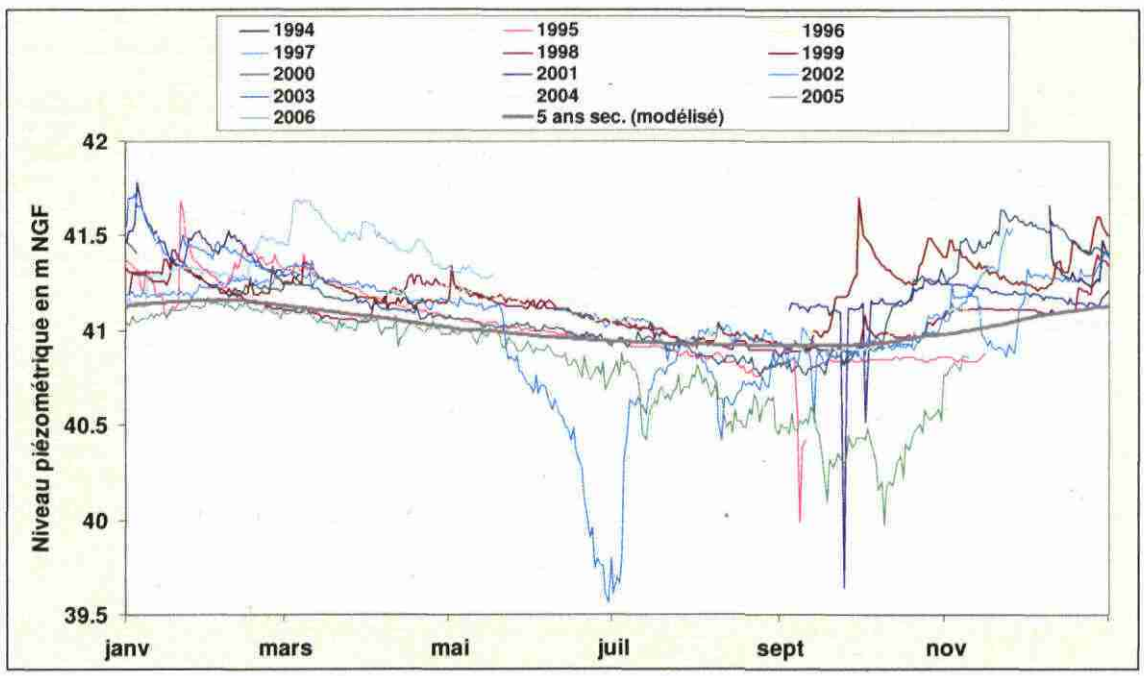


Illustration 83 - Le piézomètre 05863X0203. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision

Le piézomètre 05866X0091/SR - Forage du Bourg (Pétosse)

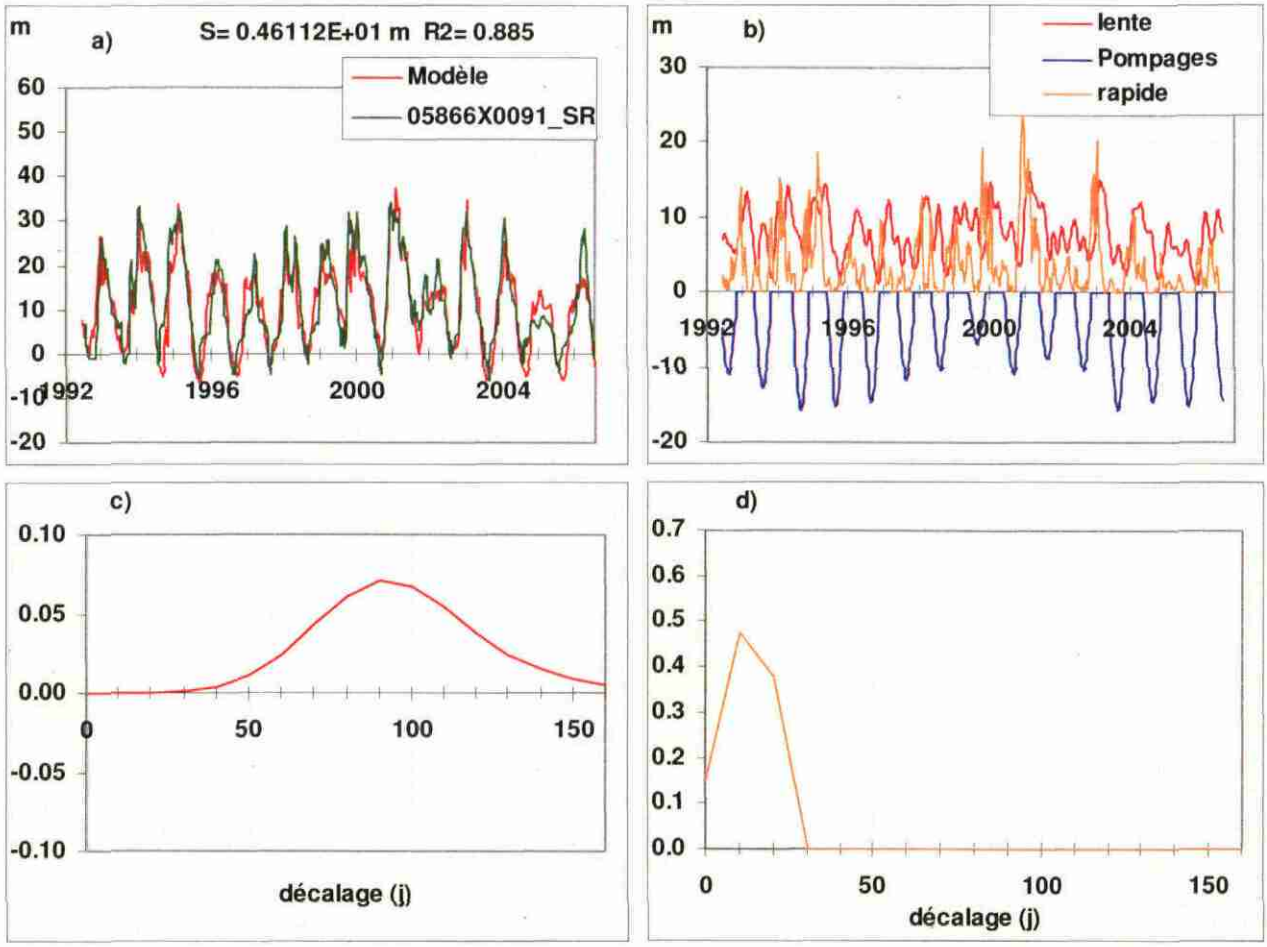


Illustration 84 - Le piézomètre 05866X0091. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Ce piézomètre, situé en rive droite de la Vendée, fait 77 m de profondeur et est à 48 m d'altitude. Il capte l'aquifère de l'Infra-toarcien (ici considéré comme captif).

Le modèle reconstitue bien la chronique de ce piézomètre (R^2 = 0,885). L'importance de la composante «rapide» est presque équivalente à celle de la composante «lente».

La composante « lente » indique un comportement de nappe libre avec une mise en pression progressive, avec un maximum à 3 mois et un passage complet en 5 mois environ. Néanmoins, le log stratigraphique et la coupe du forage indiquent que la nappe du Lias est captive à cet endroit sous les marnes du Toarcien-Aalénien. Comme pour le piézomètre 05865X0068, **la réponse impulsionnelle traduit ici, très vraisemblablement, un rechargement de la nappe du Lias par la nappe du Dogger et/ou le réseau superficiel par le biais de réseaux de fractures**.

Utilisé en prévision, le modèle restitue un niveau «naturel» d'étiage situé autour de 7 m NGF en année sèche.

Le niveau piézométrique est influencé par les pompages saisonniers. Le niveau de la nappe peut être affecté d'un rabattement supplémentaire de plus de 10 m l'amenant au dessous du 0 m NGF (Illustration 86).

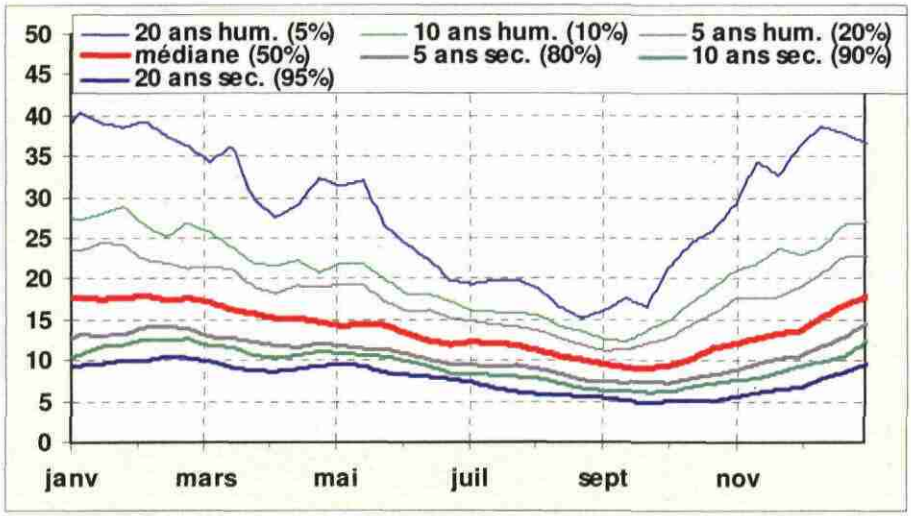


Illustration 85 - Le piézomètre 05866X0091. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

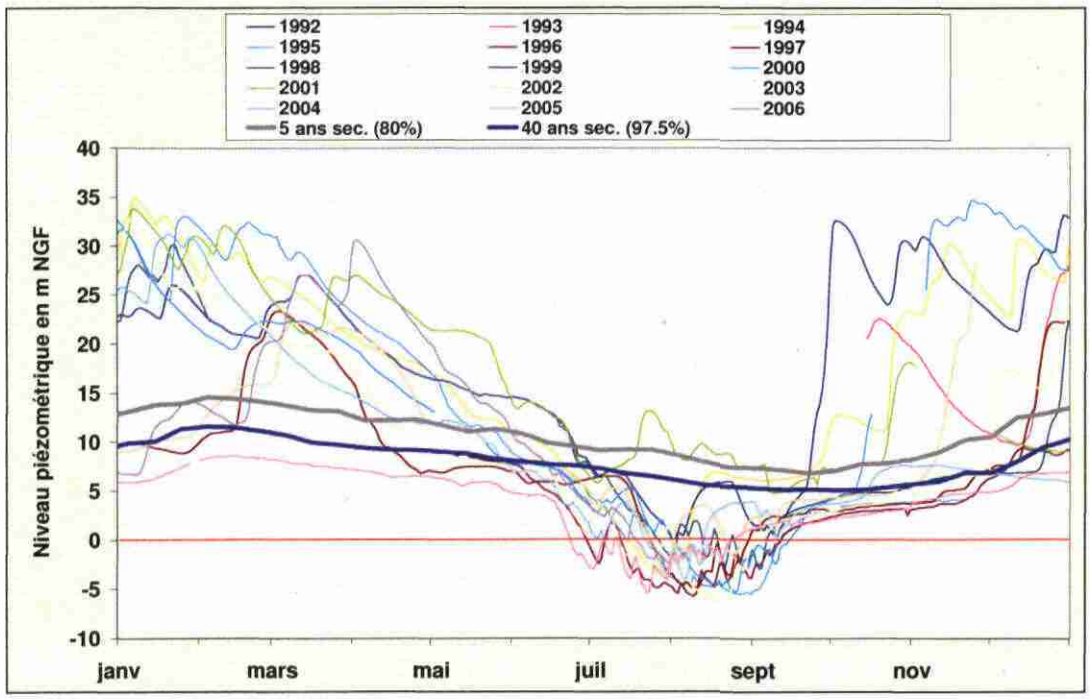


Illustration 86 - Le piézomètre 05866X0091. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision

5.1.2. Dogger

Piézomètre 05865X0126/S – Forage du Tous Vents (Saint Aubin la Plaine)

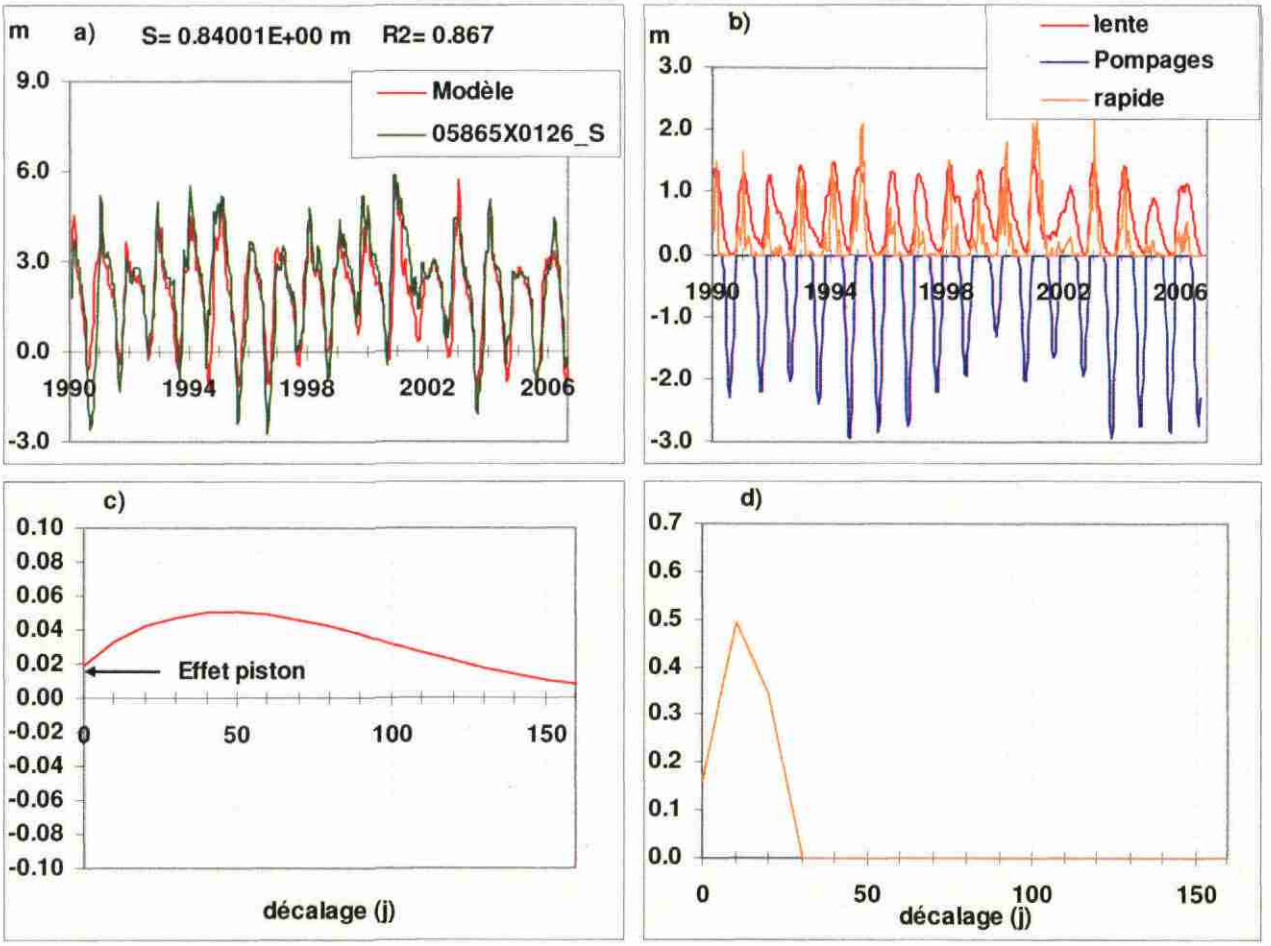


Illustration 87 - Le piézomètre 05865X0126. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Ce piézomètre est situé à l'Ouest de la zone en bordure du Marais. Il est profond de 46 m et est situé à une altitude de 10,22 m NGF.

Le modèle reproduit bien la chronique piézométrique (R^2 = 0,867) et prend en compte les effets des pompages saisonniers environnants. Cette composante du signal est d'ailleurs prépondérante (rabattement induit supérieur à 3 m).

Le piézomètre suit la nappe libre du Dogger. Toutefois, la réponse impulsionnelle «lente» montre une mise en pression rapide de la nappe, caractéristique d'une nappe captive. Ceci peut

s'expliquer par l'existence de calcaires plus marneux en surface (niveau marneux du « banc pourri » dans les calcaires bajo-bathoniens) permettant une mise en charge des niveaux productifs.

La réponse impulsionnelle «lente» s'estompe au bout de 5 mois. La réponse impulsionnelle «rapide» est prépondérante en période de crue.

Le niveau basses eaux donné par le modèle est voisin de 1,7 m NGF en année sèche. Aucun seuil de débordement n'est observé.

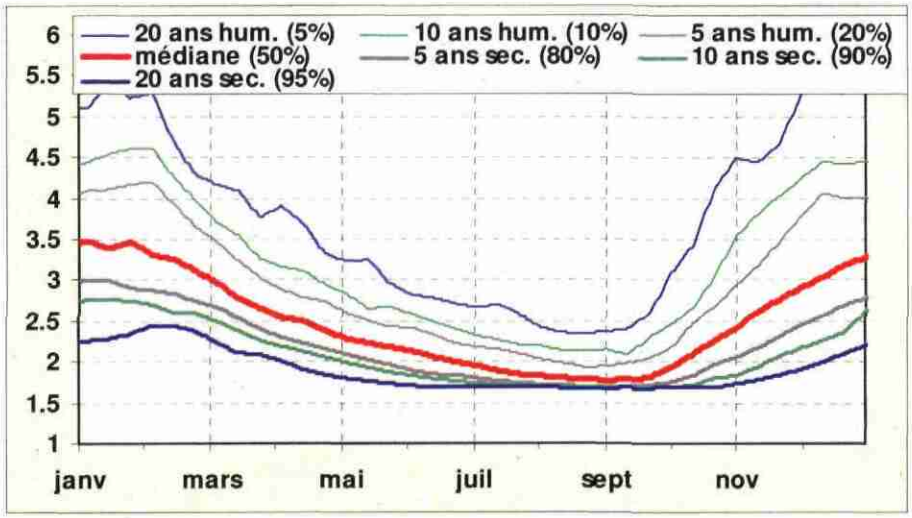


Illustration 88 - Le piézomètre 05865X0126. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

L'Illustration 89 met également en évidence un écart au printemps et au début de l'été entre le modèle et la chronique. Comme pour les ouvrages du bassin du Lay, ceci illustre un équilibre entre la nappe et le réseau de surface (maintien du niveau de la nappe à un palier autour de 2,30 m NGF - jusqu'aux environ du 15 juin).

Cet ouvrage se situant en bordure du marais, des indicateurs de gestion sont proposés.

Compte tenu du comportement décrit, le niveau du palier (2,30 m NGF) est à prendre en compte pour le printemps et le début d'été. Pour les mois de juillet et août, les niveaux à prendre en compte sont à la fois le niveau d'étiage donné par la modélisation (1,80 m NGF) et celui de la courbe « moyenne 2000-2005 » (0,20 m NGF).

Pour que la nappe retrouve un niveau plus « naturel » avant fin novembre, le niveau critique à ne pas dépasser ne doit pas être fixé au dessous de 0 m NGF.

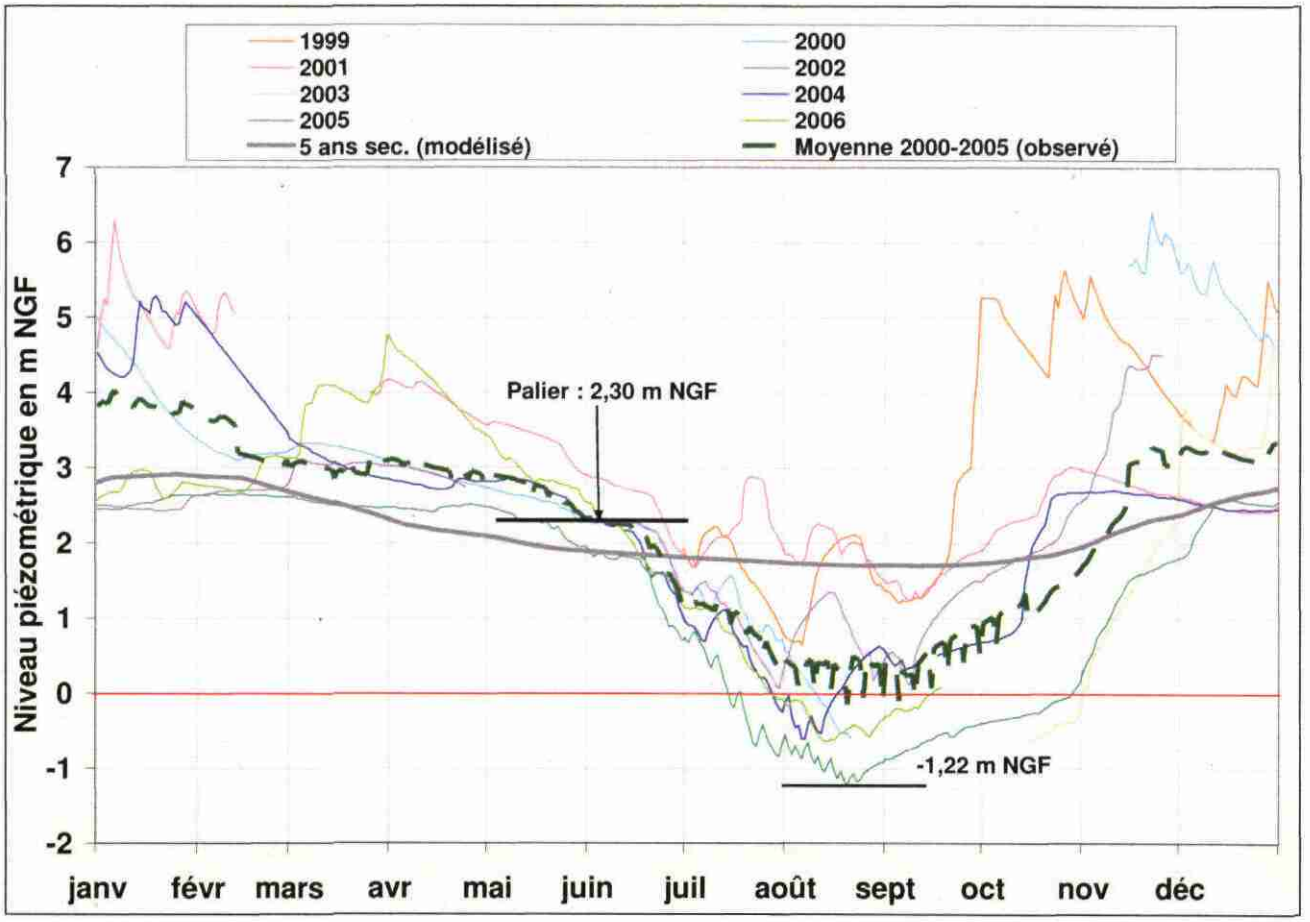


Illustration 89 - Le piézomètre 05865X0126. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision

Le piézomètre 06091X0541/F – Forage de la Bonde du Coteau (Nalliers)

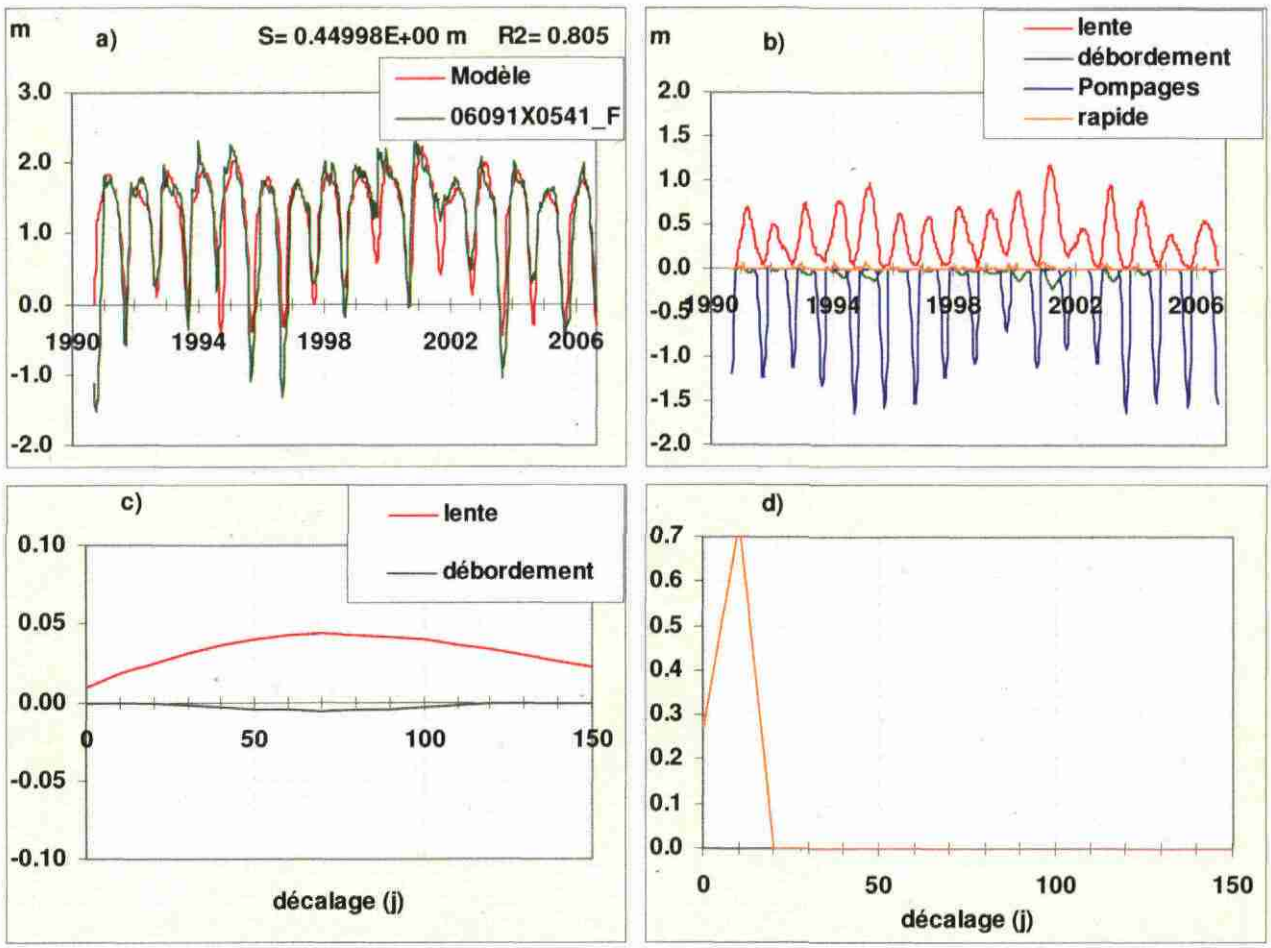


Illustration 90 - Le piézomètre 06091X0541. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) Les différentes composantes de la réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Le piézomètre 06091X0541 (50 m de profondeur) est situé dans les marais et suit la nappe captive du Dogger sous les argiles du Bri.

La composante «lente» montre une inertie du système relativement grande : pic au bout de 2,5 mois et disparition de l'impact de l'impulsion au bout de 6 mois. La composante rapide est quasi inexistante.

La modélisation met aussi en évidence un **impact très important des pompages** sur la chronique (Illustration 90b ; Illustration 92). Le rabattement supplémentaire induit par les pompages est supérieur au battement naturel de la nappe. Par ailleurs, le niveau piézométrique ne retrouve ensuite une altitude plus «naturelle» qu'en novembre (début décembre en 2003) du fait de l'inertie de la nappe.

Comme les autres forages du Dogger situés en périphérie du marais, la superposition des courbes modélisées et de la chronique de mesures (Illustration 92) montre un équilibre avec le réseau de surface. Le niveau de la nappe se maintient à peu près à la cote 1,5 m NGF jusqu'au mois de juillet. **Cet écart avec le modèle traduit là aussi une alimentation de la nappe par les eaux superficielles**. Nous sommes là dans la bande des 500/800 mètres mentionnée par le Bureau d'Etude Calligée.

Un seuil de débordement est perceptible autour de 1,8 m NGF. La cote naturelle d'étiage donnée par le modèle serait de 1,2 m NGF pour une année sèche.

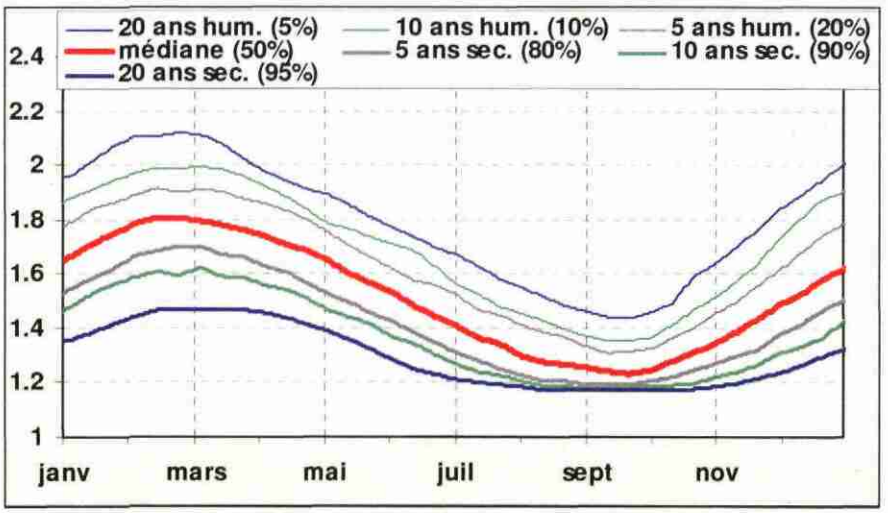


Illustration 91 - Le piézomètre 06091X0541. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Les indicateurs de gestions proposés pour cet ouvrage situé en bordure du marais sont les suivants :

Le niveau du palier observé en fin de printemps/début d'été (1,50 m NGF) peut être pris en considération pour le début de l'été.

Le niveau d'étiage restitué par le modèle utilisé en prévision est de 1,20 m NGF en année sèche. Compte tenu de l'écart observé entre la chronique et les courbes modélisées en période estivale, il n'apparait pas réaliste de prendre en compte 1,20 m NGF comme niveau d'objectif (au moins dans un premier temps). Par conséquent, là encore un niveau intermédiaire, plus raisonnable, est à définir entre 1,20 m NGF et 0 m NGF (moyenne « 2000-2005 »).

Le niveau critique à ne pas dépasser ne doit pas être fixé au dessous de 0 m NGF pour retrouver un niveau piézométrique plus « naturel » avant le mois de novembre.

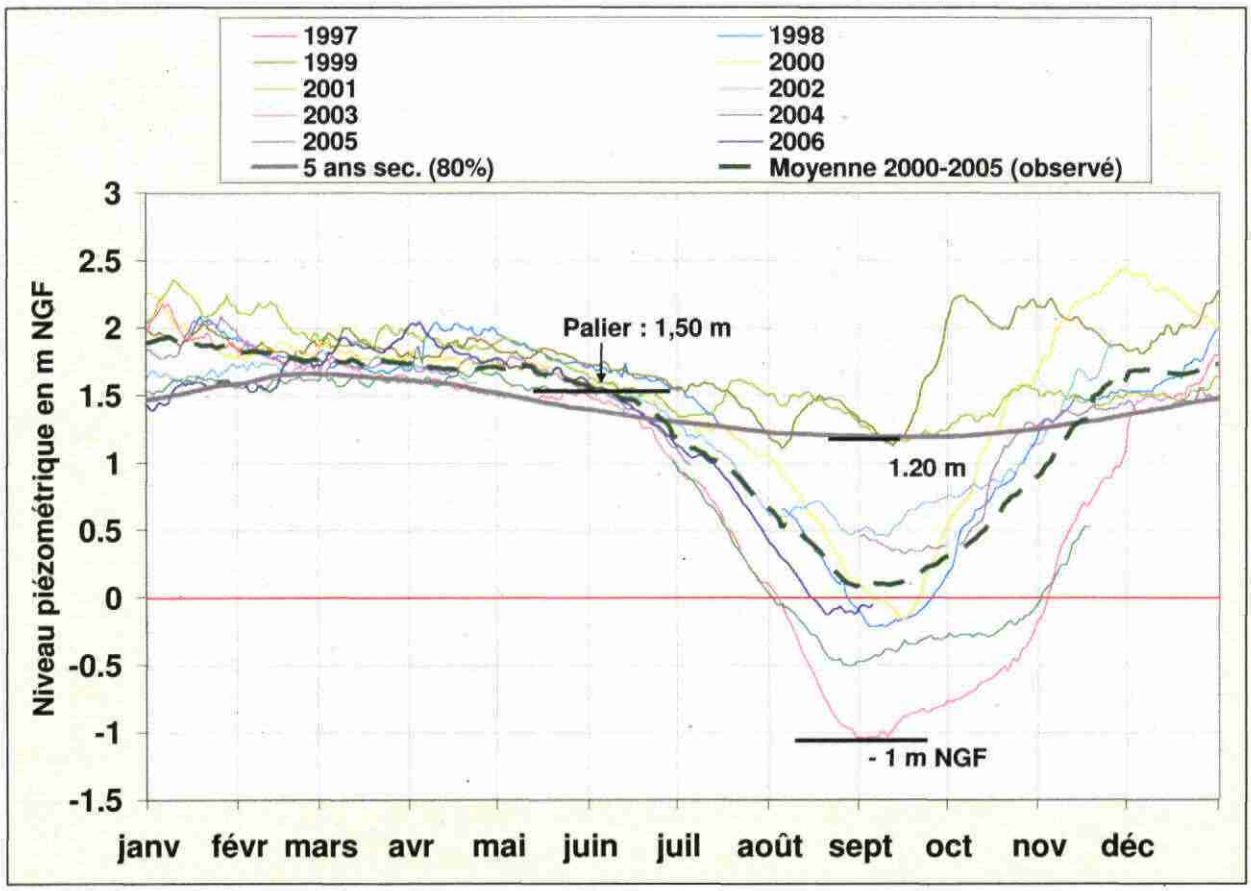


Illustration 92 - Le piézomètre 06091X0541. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision

Le piézomètre 05857X0144/F – Forage (Luçon)

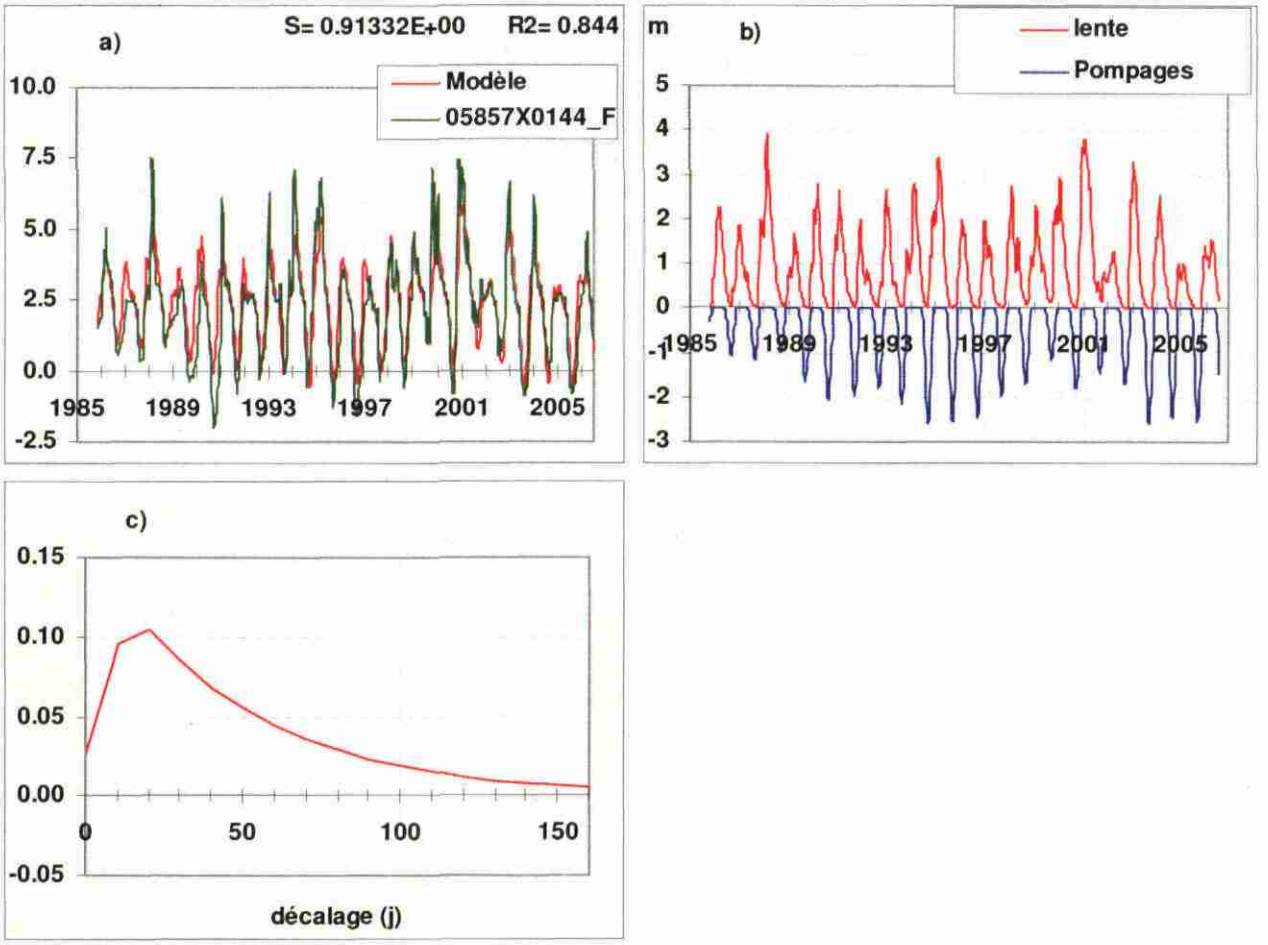


Illustration 93 - Le piézomètre 05857X0144. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Ce piézomètre de 98 m de profondeur se situe en bordure du marais et capte à la fois l'aquifère du Dogger et celui de l'Infra-Toarcien.

Malgré ce «mélange» des deux aquifères, la composante lente révèle un comportement captif de l'aquifère (réponse instantanée du Lias à un épisode pluvieux). En 4 mois, cette impulsion est passée. Il n'y a pas de composante rapide.

Les pompages ont un impact significatif sur les chroniques entraînant des rabattements pouvant aller jusqu'à plus de 2 m (Illustration 93b et Illustration 95).

Aucun seuil de débordement n'est observé.

Le niveau d'étiage naturel donné par le modèle utilisé en prévision serait à environ 2 m NGF en année sèche. Le palier de fin de printemps / début d'été se situe entre 2,20 m et 2,60 m NGF.

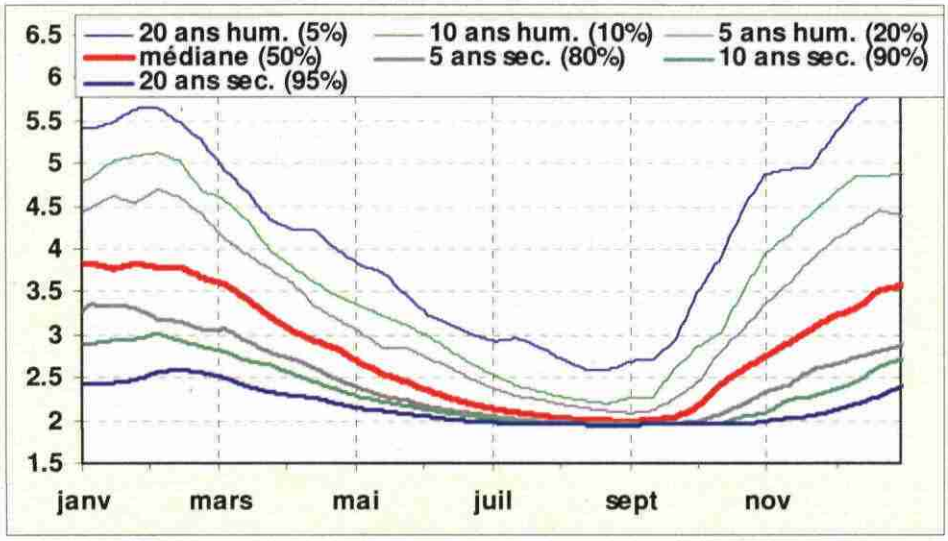


Illustration 94 - Le piézomètre 05857X0144. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

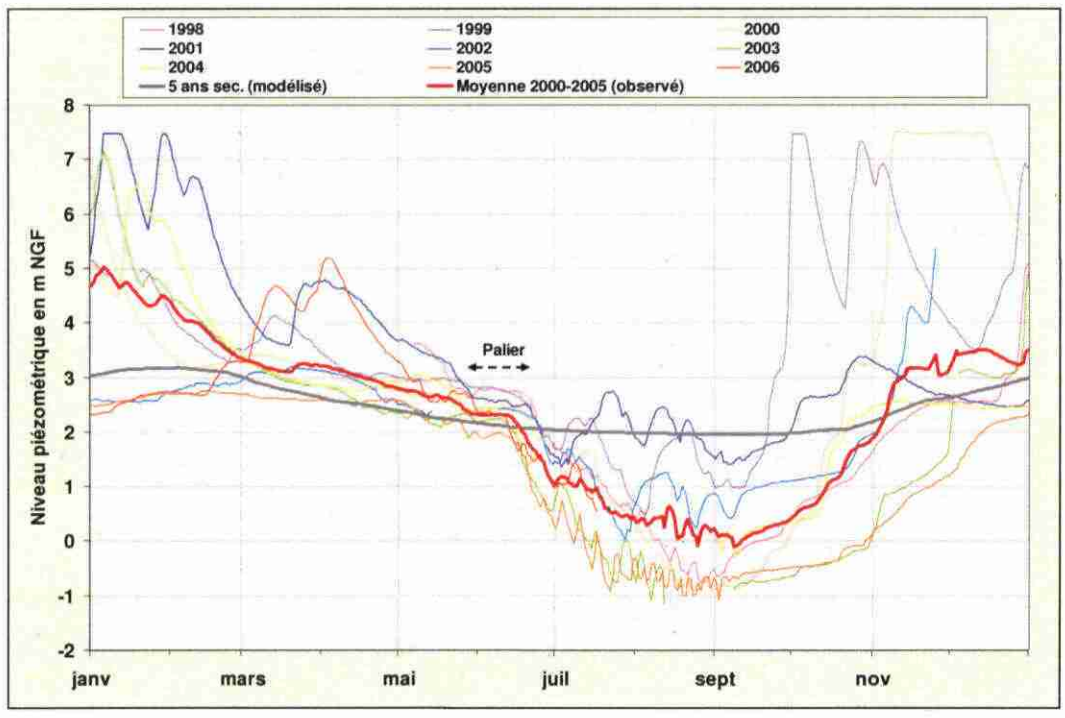


Illustration 95 - Le piézomètre 05857X0144. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision

Le piézomètre 05857X0145/F – Forage (Luçon)

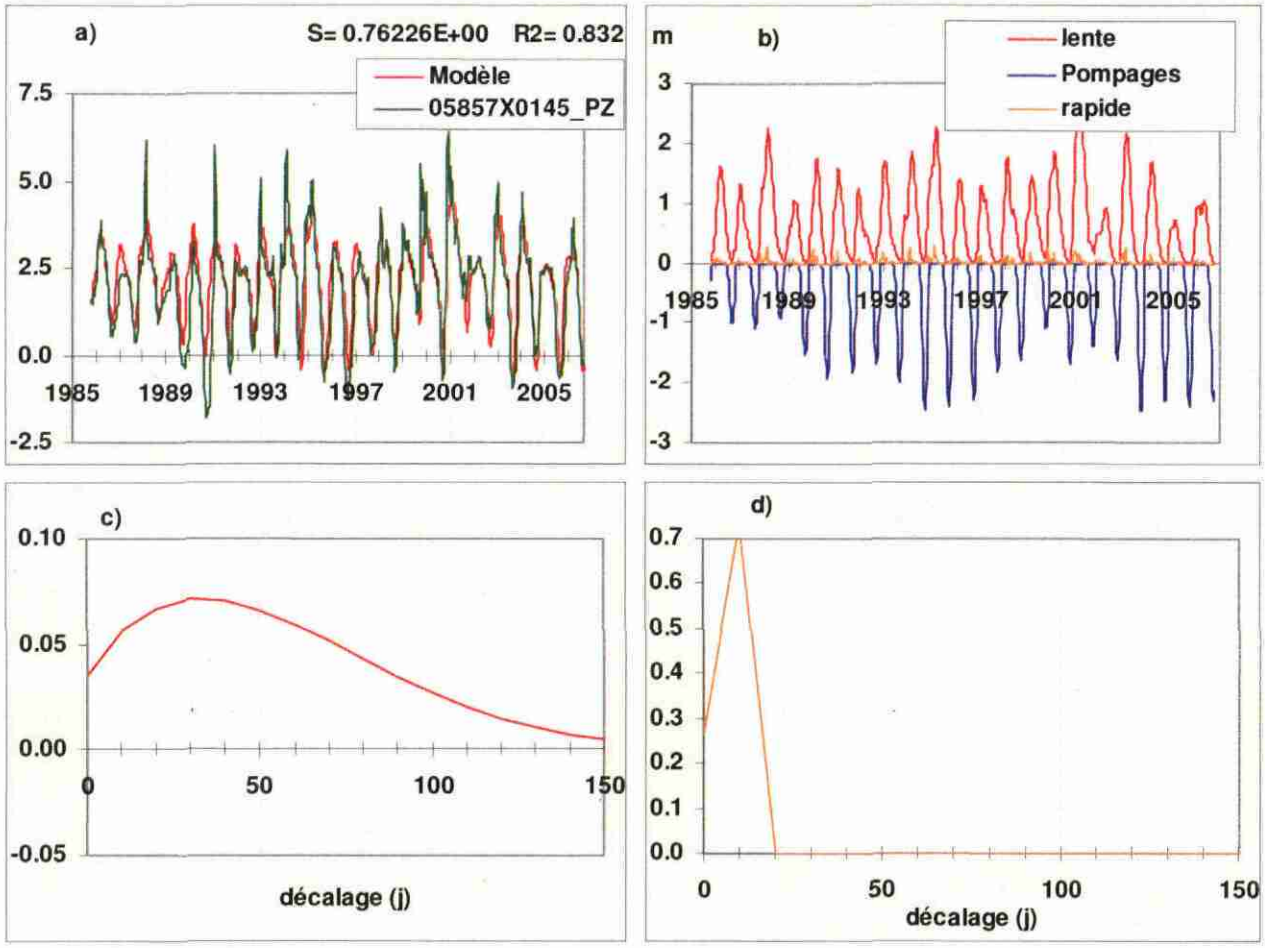


Illustration 96 - Le piézomètre 05857X0145. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Ce piézomètre est situé à proximité du précédent mais ne capte que l'aquifère du Dogger.

Ce piézomètre a le même **comportement de nappe captive** que le précédent. Cependant, la composante lente a plus d'inertie (5 mois) et il apparaît ici une très faible composante rapide.

La nappe apparaît ici également très influencée par les pompages. La baisse induite par les prélèvements saisonniers est – ici aussi – du même ordre voire plus importante que les variations naturelles du niveau. Les niveaux piézométriques atteints en étiage peuvent être inférieurs à 0 m NGF (jusqu'à -1,85 m NGF en 1990) alors que le niveau naturel d'étiage serait situé autour de 1,8 m NGF en année sèche. Compte tenu de l'inertie de la nappe, l'effet des pompages se ressent jusqu'au mois de novembre.

Le palier de fin de printemps/début d'été se situe entre 2 m NGF et 2,30 m NGF.

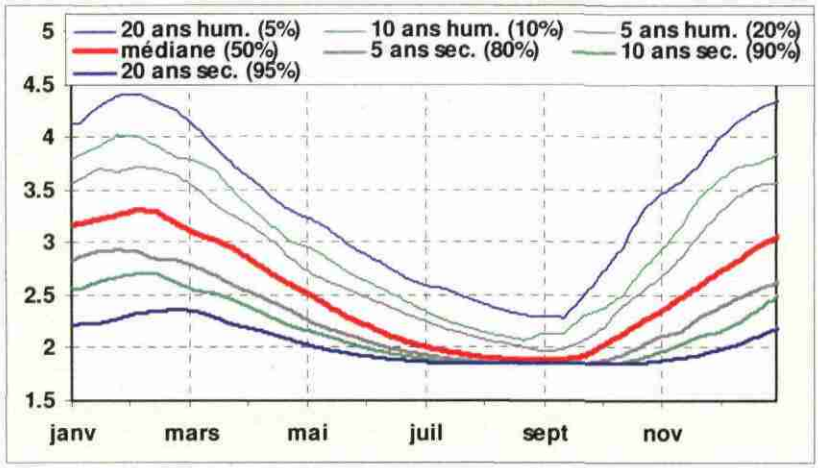


Illustration 97 - Le piézomètre 05857X0145. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Compte tenu du comportement de la nappe du Dogger décrit, **les indicateurs de gestion** sont le niveau du palier (à 2 m NGF) jusqu'au mois de juillet puis sur le niveau d'étiage modélisé (1,80 m NGF). *0 m NGF peut constituer le niveau minimum admissible.*

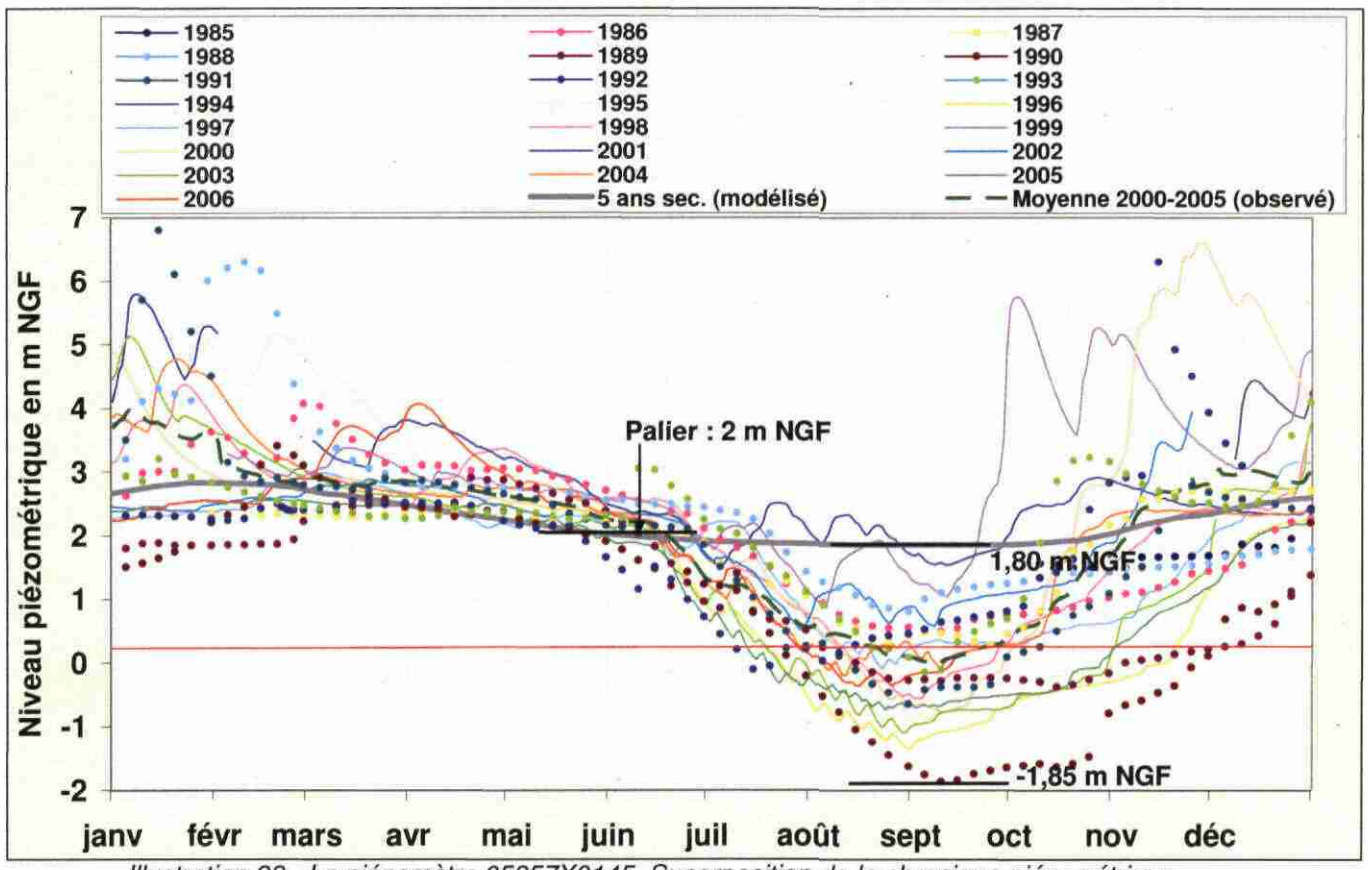


Illustration 98 - Le piézomètre 05857X0145. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision

Le piézomètre 06092X0584/FORAGE – Forage du Breuil (Le Langon)

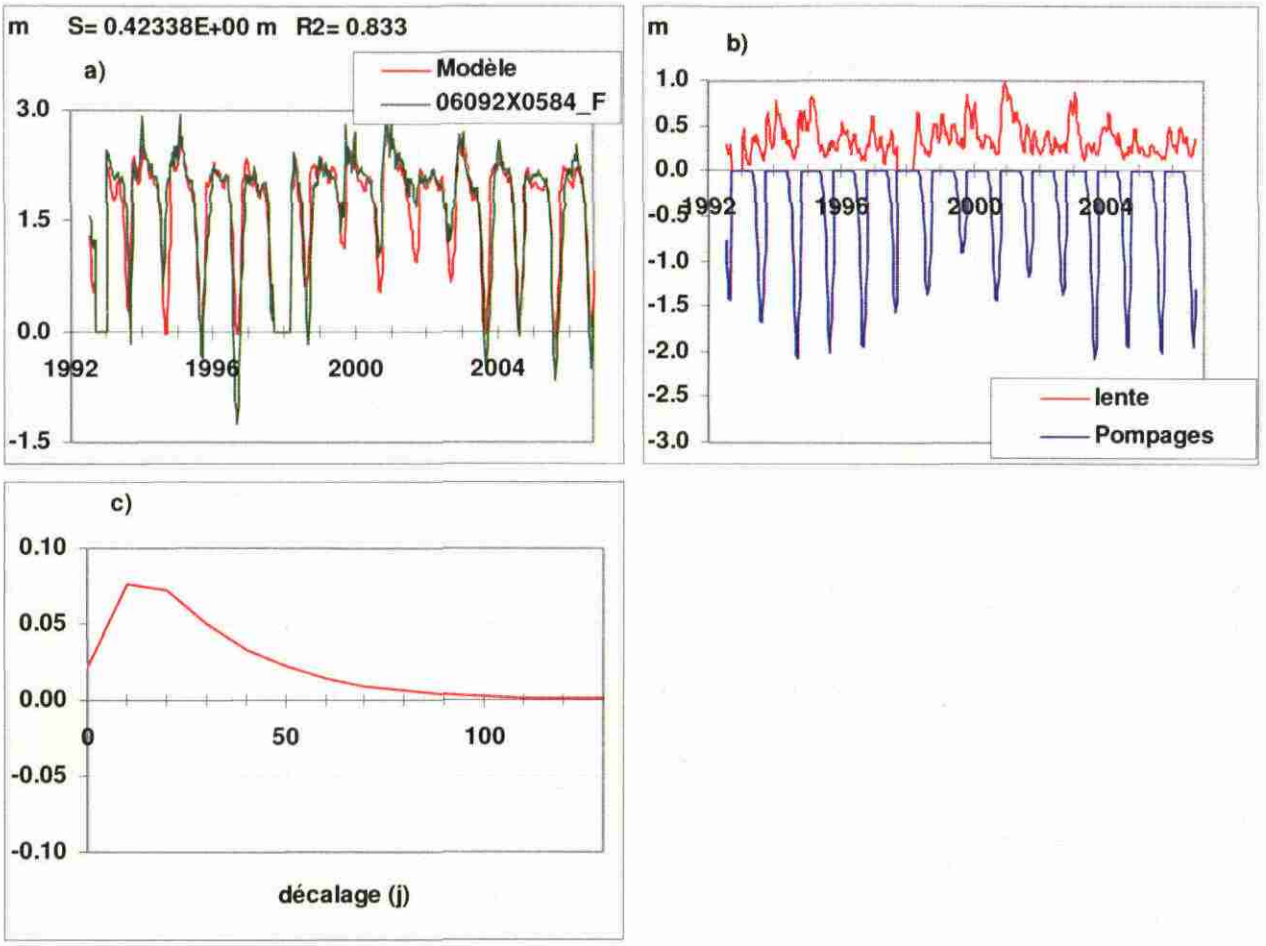


Illustration 99 - Le piézomètre 06092X0584. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente.

Ce piézomètre est positionné dans les marais au Sud de Langon (profondeur : 15 m). Le calage est satisfaisant. Toutefois, les pompages - qui impactent de façon importante la chronique - ne sont pas toujours parfaitement bien calibrés.

La réponse lente montre une mise en charge partielle immédiate traduisant une certaine captivité de la nappe vraisemblablement à imputer aux marnes et argiles superficielles (ouvrage situé dans les marais).

Le modèle utilisé en prévision (Illustration 100) donne un niveau d'étiage naturel autour de 1,8 m NGF en année sèche.

Comme pour les autres ouvrages, l'analyse fait apparaître une relation étroite entre la nappe et le réseau superficiel jusqu'au mois de juillet (palier autour de 2 m NGF en fin de printemps) où la nappe décroche nettement sous l'effet des prélèvements saisonniers.

Les prélèvements saisonniers impactent de façon très importante la chronique (Illustration 99b et Illustration 101). La baisse du niveau induite est de l'ordre de 2 m (alors que le battement de la nappe annuel est inférieur à 1 m) et amène le niveau piézométrique au-dessous de 0 m NGF (jusqu'à – 1,27 m NGF en 1996 soit un écart de 3 m avec le niveau d'étiage naturel donné par le modèle).

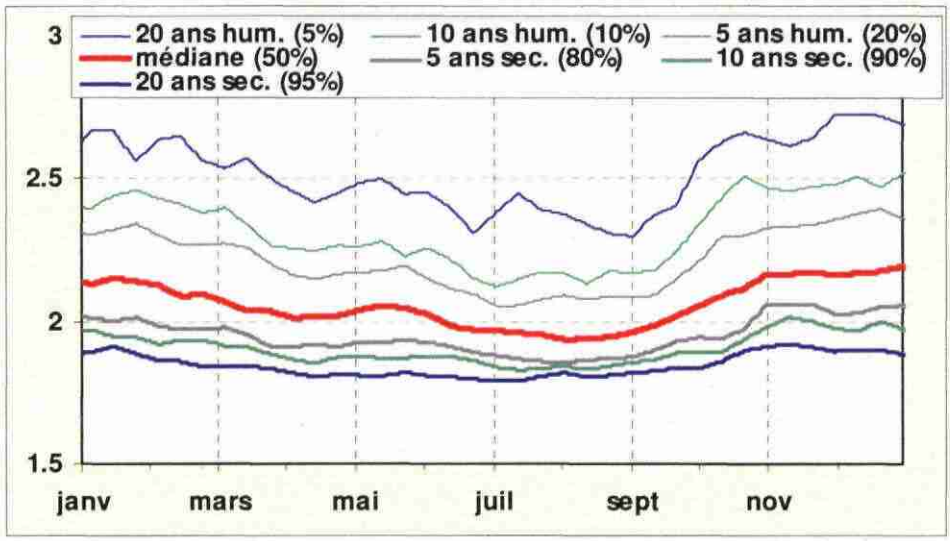


Illustration 100 - Le piézomètre 06092X0584. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Pour ce qui concerne les indicateurs de gestion, le palier à 2 m NGF serait à prendre en compte pour fixer l'objectif du début d'été. Aux mois de juillet et août, compte tenu de l'écart entre la chronique et la courbe 5 ans sec modélisée, le niveau d'objectif pourrait être fixé entre le niveau donné par la moyenne 2000-2005 (0,50 m NGF) et le niveau d'étiage « naturel » (courbe 5 ans sec : 1,80 m NGF).

Le niveau minimum ne devant pas être dépassé (niveau critique) est à positionner entre le 0 m NGF et la courbe moyenne 2000-2005 (Illustration 101).

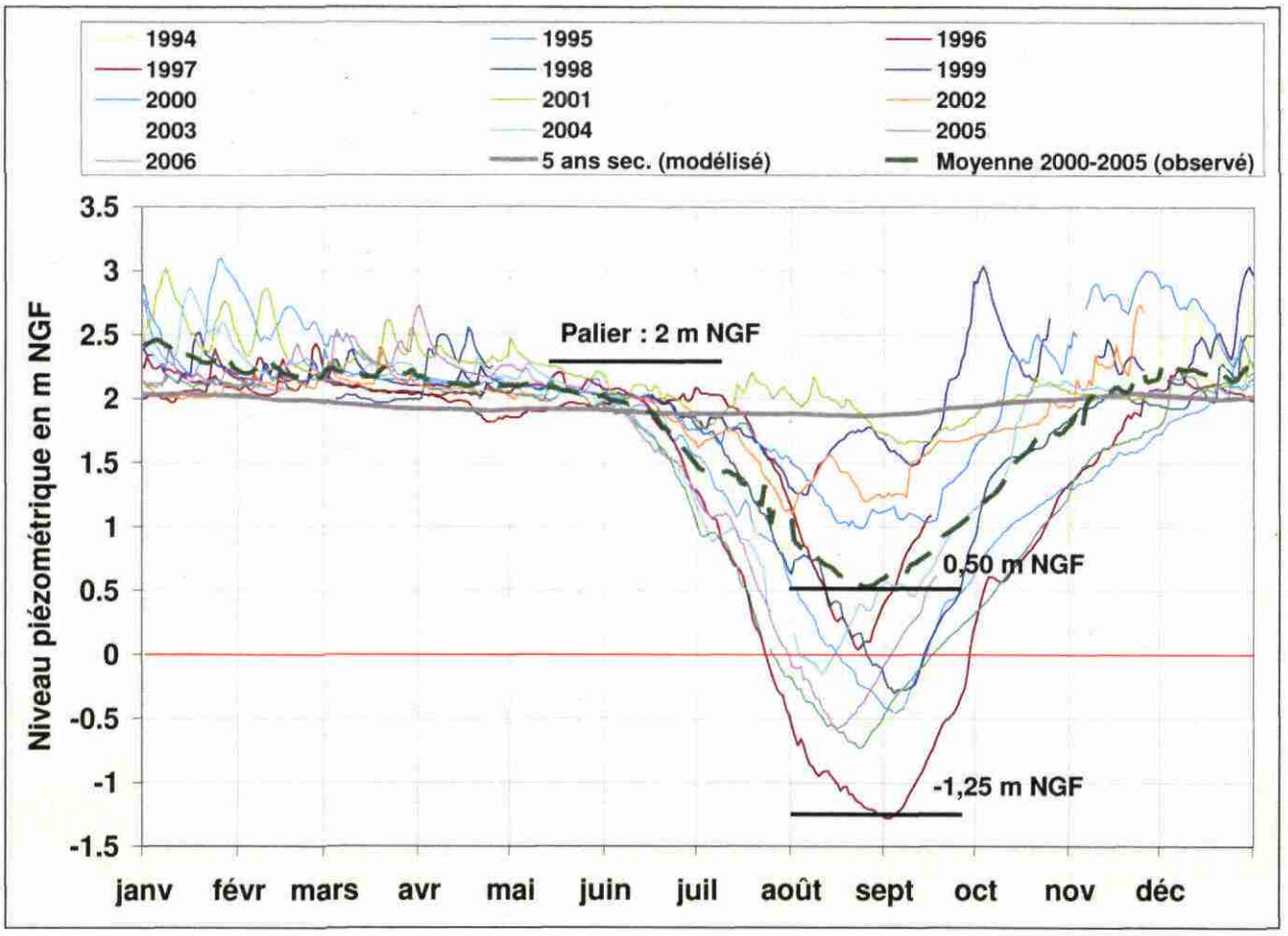


Illustration 101 - Le piézomètre 06092X0584. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans sec donnée par le modèle utilisé en prévision

Le piézomètre 05867X0152/SR1 - Forage du Gros Noyer (Fontenay-le-Comte)

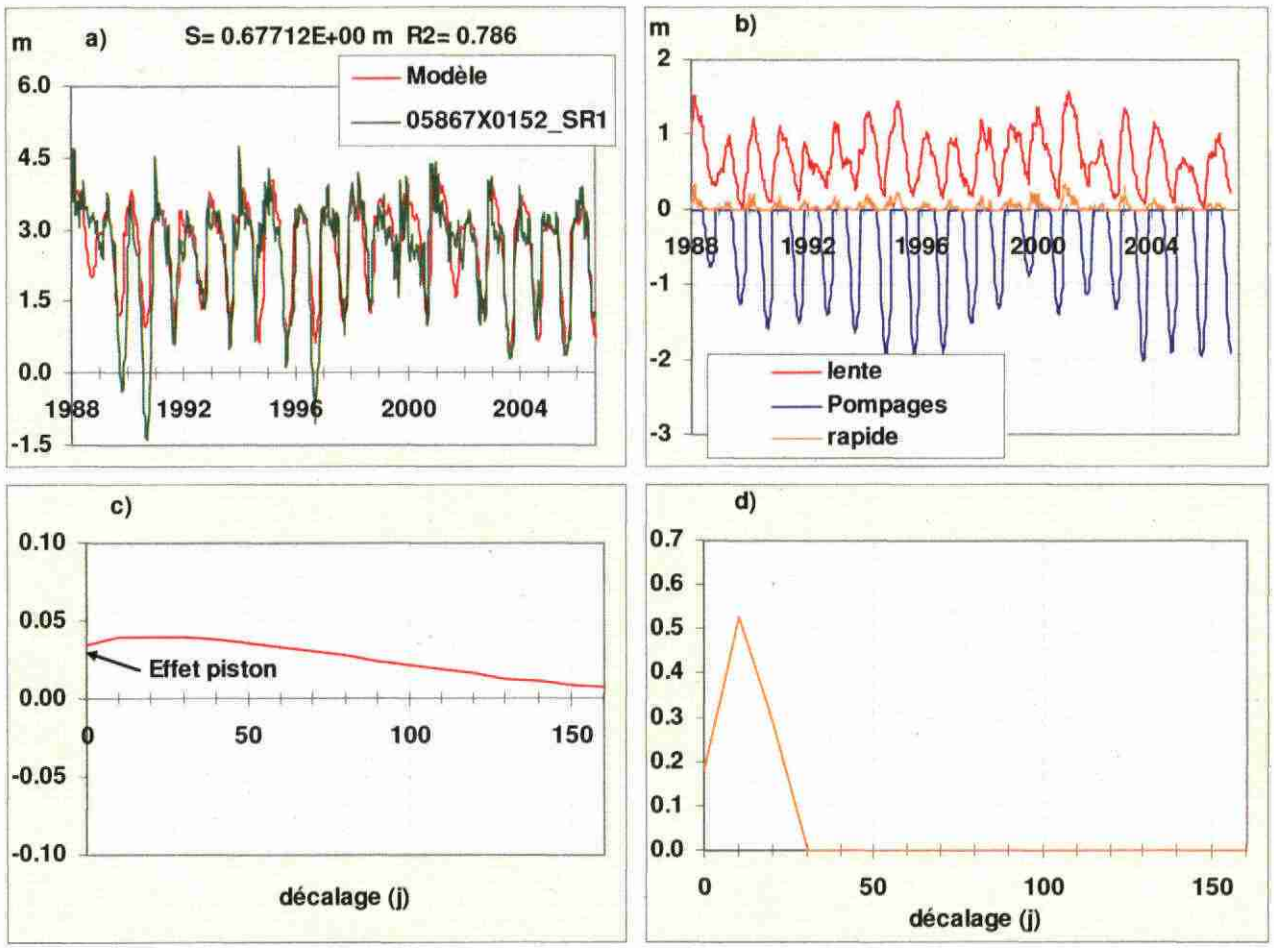


Illustration 102 - Le piézomètre 05867X0152. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Ce forage de 25 m de profondeur est situé bien en amont du marais, en rive droite de la Vendée à une altitude de 2,5 m NGF. Il capte l'aquifère du Dogger.

Le piézomètre est très influencé par les pompages saisonniers. Ceux-ci sont imparfaitement pris en compte en début de période en raison de leur importance par comparaison à ceux du bassin du Lay qui ont permis d'établir la fonction «pompage», ce qui a toutefois peu d'influence sur les paramètres du modèle.

Le caractère captif de la nappe du Dogger est mis en évidence par «l'effet piston» de transfert de pression, avec un temps de vidange de l'ordre de 5 mois (composante lente). La réponse rapide est très peu importante.

Utilisé en prévision, le modèle restitue un niveau d'étiage «naturel» en période sèche autour de 2,5 m NGF.

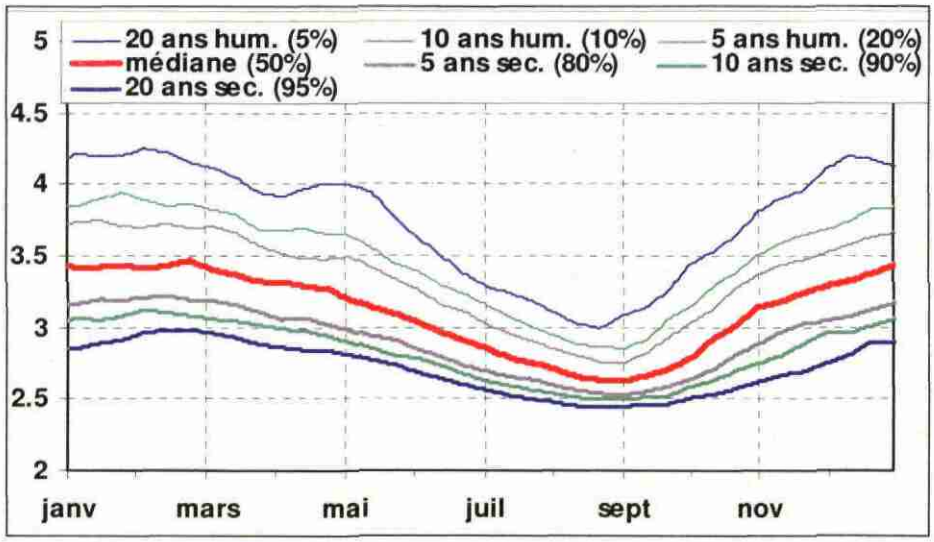


Illustration 103 - Le piézomètre 05867X0152. Représentation des quantiles (Prévision à long terme).

Sur le graphique qui superpose la chronique piézométrique à la courbe 5 ans secs - donnée par le modèle utilisé en prévision (Illustration 104) - les historiques des mesures apparaissent en dents de scie ce qui tranche avec la plupart des graphiques précédents.

Ces pics de montée et descente rapide, que le modèle reproduit difficilement, traduiraient l'existence d'un horizon particulièrement karstique.

Sur ce même graphique, un palier se dessine autour de 3 m NGF (cote des eaux superficielles) et perdure pratiquement jusqu'au mois de juillet. Ensuite les pompages se marquent nettement sur les chroniques, avec une cote de -1 m NGF dépassée en 1990 et en 1996. Le modèle donne une cote d'étiage autour de 2,50 m NGF en année sèche (5 ans secs).

Sur le plan des indicateurs de gestion, la définition des objectifs de niveau pour ce piézomètre situé non loin de la Vendée devrait prendre en compte le palier situé à 3 m NGF pour le début de l'été. Pendant l'été, l'objectif serait de se baser sur le niveau d'étiage donné par le modèle en année sèche (2,50 m NGF) mais aussi sur le niveau de la moyenne 2000-2005 (1,20 m NGF).

Etant donné l'allure du graphique et la situation du piézomètre dans le bassin, le niveau à ne pas dépasser pourrait raisonnablement être fixé à 1 m NGF.

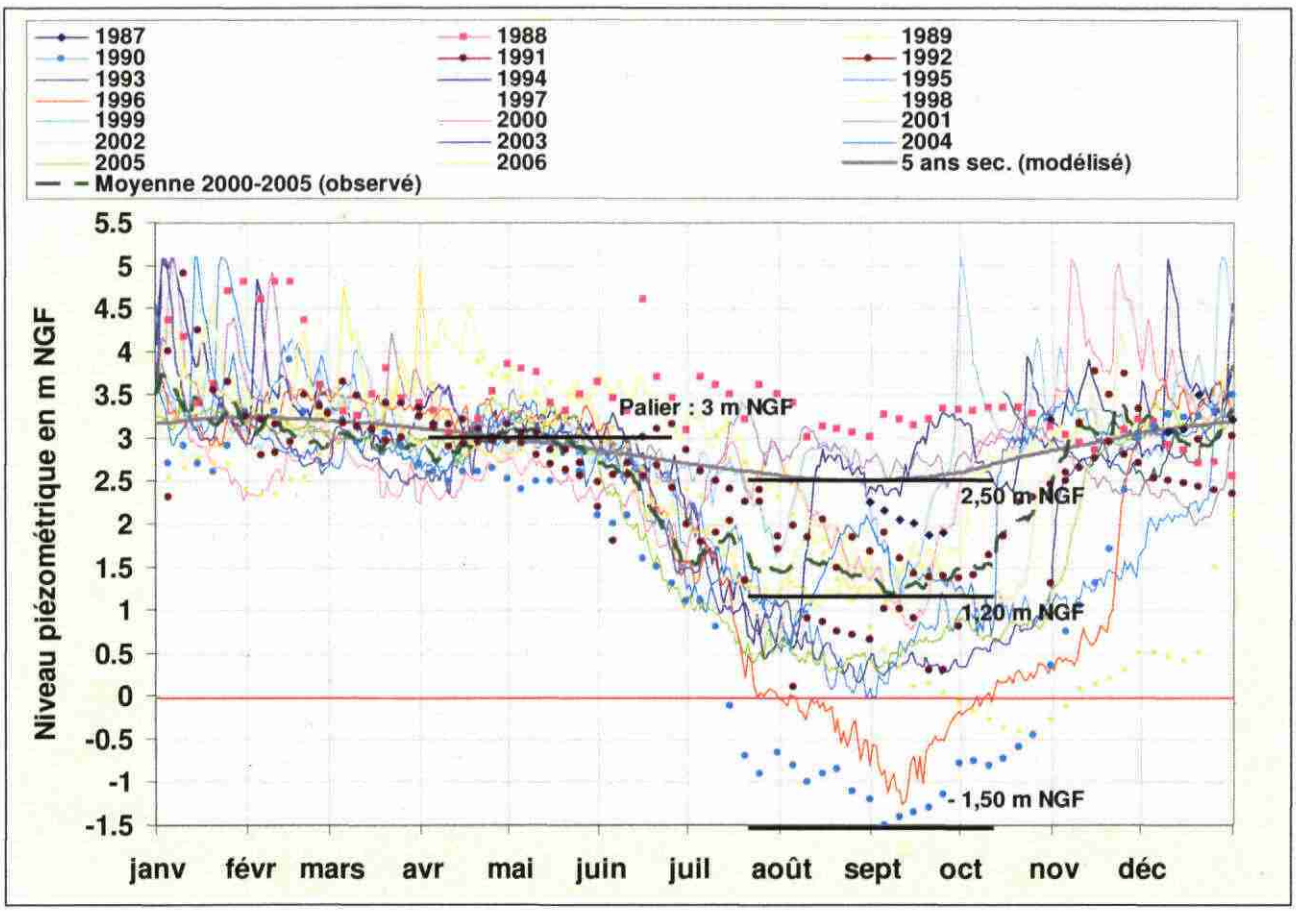


Illustration 104 - Le piézomètre 05867X0152 : Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans secs donnée par le modèle utilisé en prévision

Le piézomètre 06093X0118/FORAGE - Forage de Chottard (Montreuil)

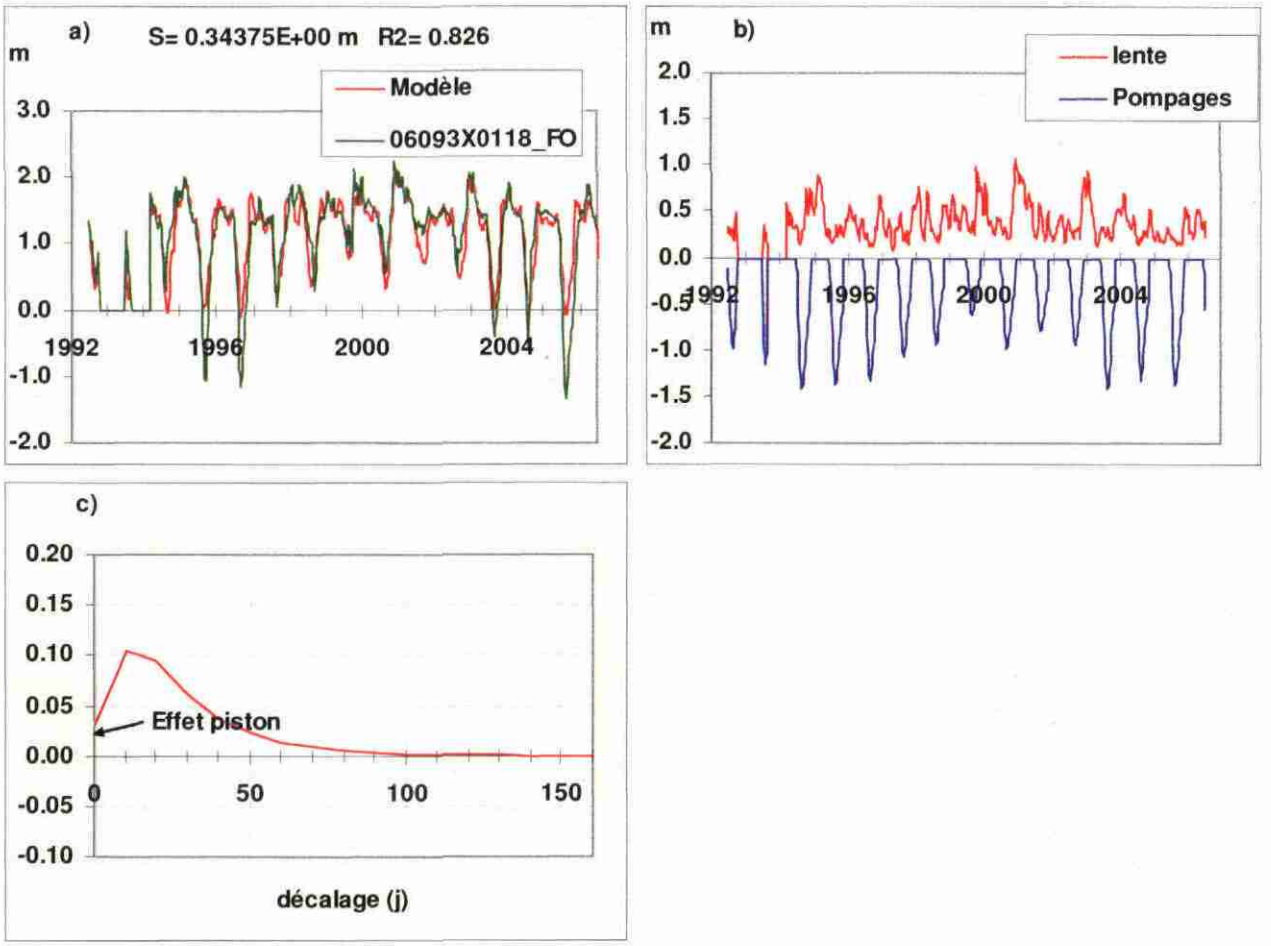


Illustration 105 – Le piézomètre 06093X0118. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente.

Le piézomètre 06093X0118 est situé dans le marais sur la commune de Montreuil, en rive gauche de la Vendée (profondeur : 93 m ; altitude : 3,99 m NGF). Il capte les deux nappes jurassiques (Dogger et Infra-Toarcien). **L'influence des pompages est une fois de plus très importante. Le niveau piézométrique est contraint par le réseau superficiel du marais avec un palier au printemps autour de 1,4 m NGF.**

Le niveau naturel d'étiage donné par le modèle utilisé en prévision est voisin de 1,2 m NGF en année sèche.

L'inertie du système est faible. En effet, le modèle met en évidence une nappe captive (ce qui n'est pas surprenant compte tenu du recouvrement alluvial) dont le temps de vidange est rapide (environ 2 mois). En revanche, il n'y a pas de composante rapide.

Aucune cote de débordement n'est mise en évidence.

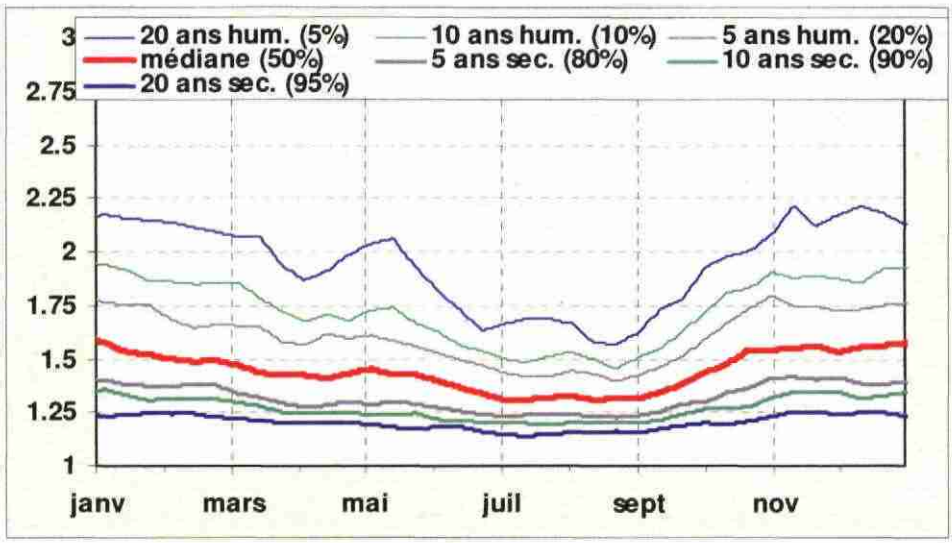


Illustration 106 - Le piézomètre 06093X0118. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Pour le piézomètre de Chottard, l'Illustration 107 montre que le palier d'environ 1,40 m NGF se maintient jusqu'au mois de juillet. A partir du mois de juillet, les prélèvements font nettement chuter le niveau de la nappe qui a atteint la cote de -1,50 m NGF en 2005.

Comme pour le précédent piézomètre, le niveau du palier (1,40 m GF) et la chronique réelle (moyenne autour de 0,80 m NGF début juillet) pourront permettre de fixer un niveau d'objectif pour le début de l'été.

Pour la période de fin juillet à septembre, l'objectif de niveau pourrait être fixé en prenant en compte la cote d'étiage « 5 ans secs » donnée par le modèle (située autour de 1,20 m NGF) et, dans une certaine mesure, la courbe moyenne (cote d'étiage à 0,18 m NGF) pour obtenir un niveau d'objectif réalisable.

Compte tenu de la chronique, le niveau ne devant pas être dépassé peut raisonnablement être fixé selon la courbe « moyenne 2000-2005 » (niveau d'étiage à 0,18 m NGF).

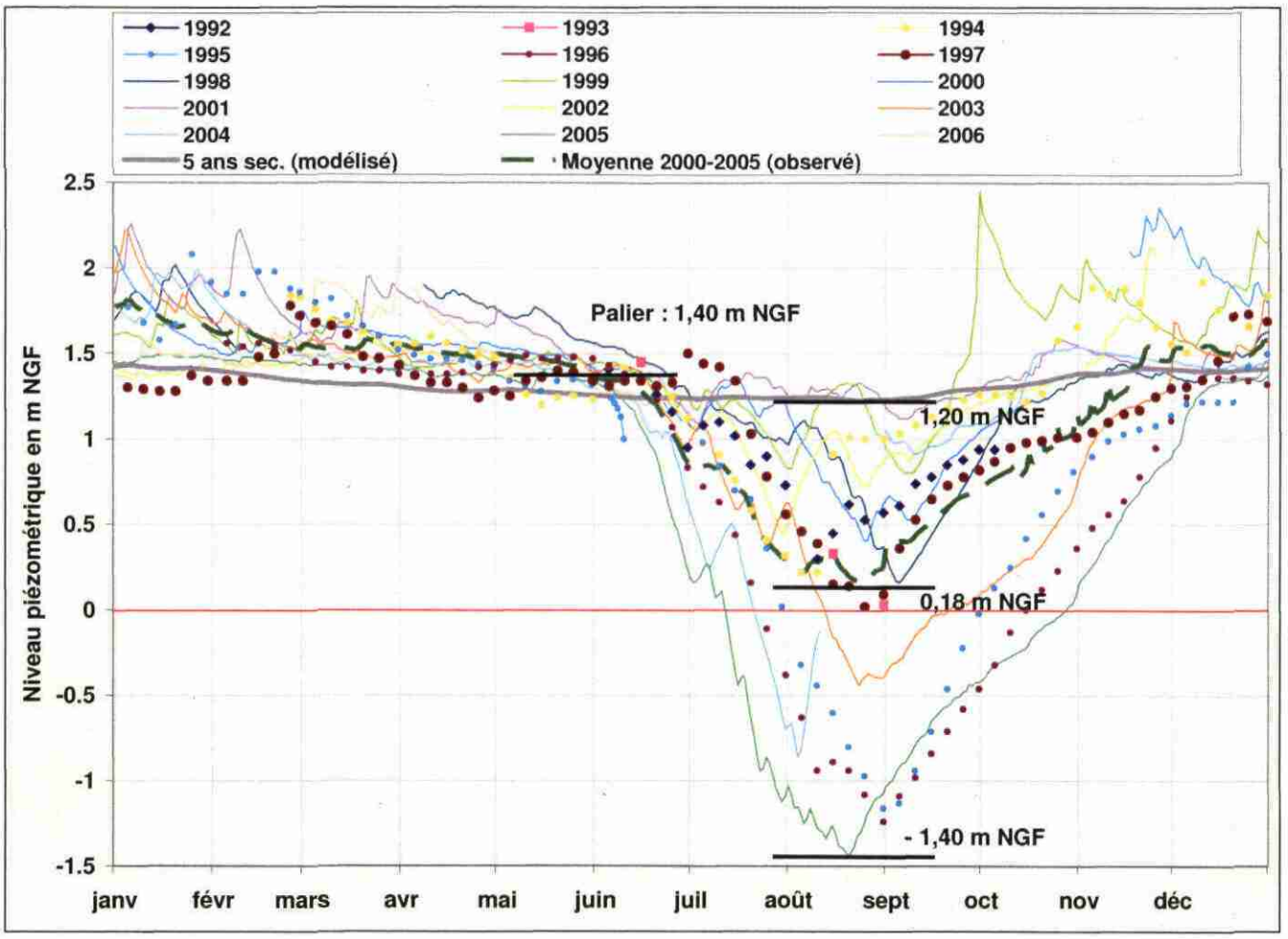


Illustration 107 - le piézomètre 06093X0118 : Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans secs donnée par le modèle utilisé en prévision

Le piézomètre 06094X0143/F – Forage de Billaude (Doix)

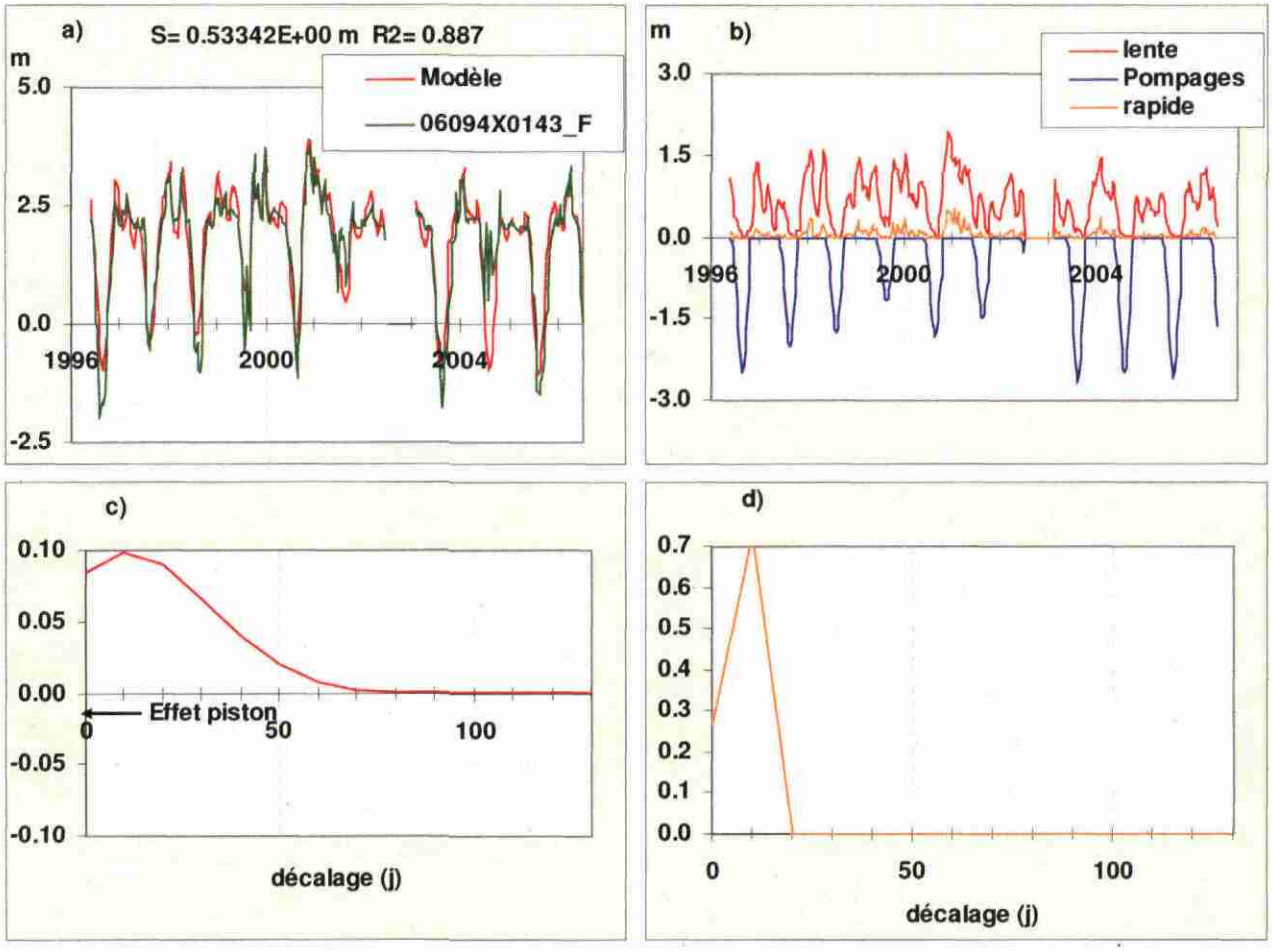


Illustration 108 - Le piézomètre 06094X0143. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Ce piézomètre de 70 m de profondeur est situé à 4,78 m NGF en bordure du marais au Sud-Est de la zone. L'ouvrage capte l'aquifère du Dogger. Le modèle est bien calé sur la chronique du piézomètre 06094X0143. Comme de nombreux piézomètres, **ce forage est très influencé par les pompages.**

La composante lente est révélatrice d'un état semi-captif, le point se situe en bordure de marais avec des calcaires marneux en surface. **La nappe est réactive avec des temps de vidange de quelques dizaines de jours** (maximum 60 jours). La composante rapide est faible.

Le modèle montre une cote d'étiage « naturel » autour de 1,50 m NGF.

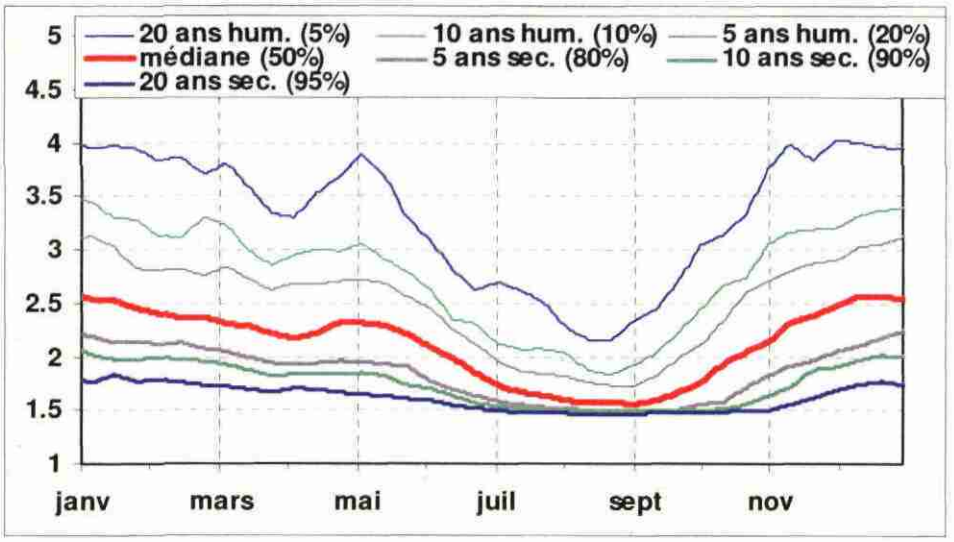


Illustration 109 - Le forage 06094X0143/F. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Par rapport aux autres graphes, l'Illustration 110 montre un impact des prélèvements nettement plus précoce sur les chroniques disponibles ces dernières années (depuis 2001). A partir de juin, le niveau de la nappe décroche de son palier de 2 m NGF pour tomber rapidement jusqu'à la cote -2 m NGF certaines années. Cet impact important et précoce des pompages dans ce secteur est aussi à mettre en relation avec la profondeur de l'ouvrage et le caractère semi-captif de la nappe.

En termes d'indicateurs de gestion, le niveau du palier (2 m NGF) serait à prendre en compte pour la période de début d'été. Ensuite, le niveau d'étiage en année sèche donné par le modèle (1,50 m NGF) serait à pondérer avec le niveau 0 m NGF pour définir un objectif de fin d'étiage. Ici, l'impact des prélèvements est tellement important que la Moyenne 2000-2005 est trop basse pour être prise en compte.

La cote 0 m NGF est à ne pas dépasser.

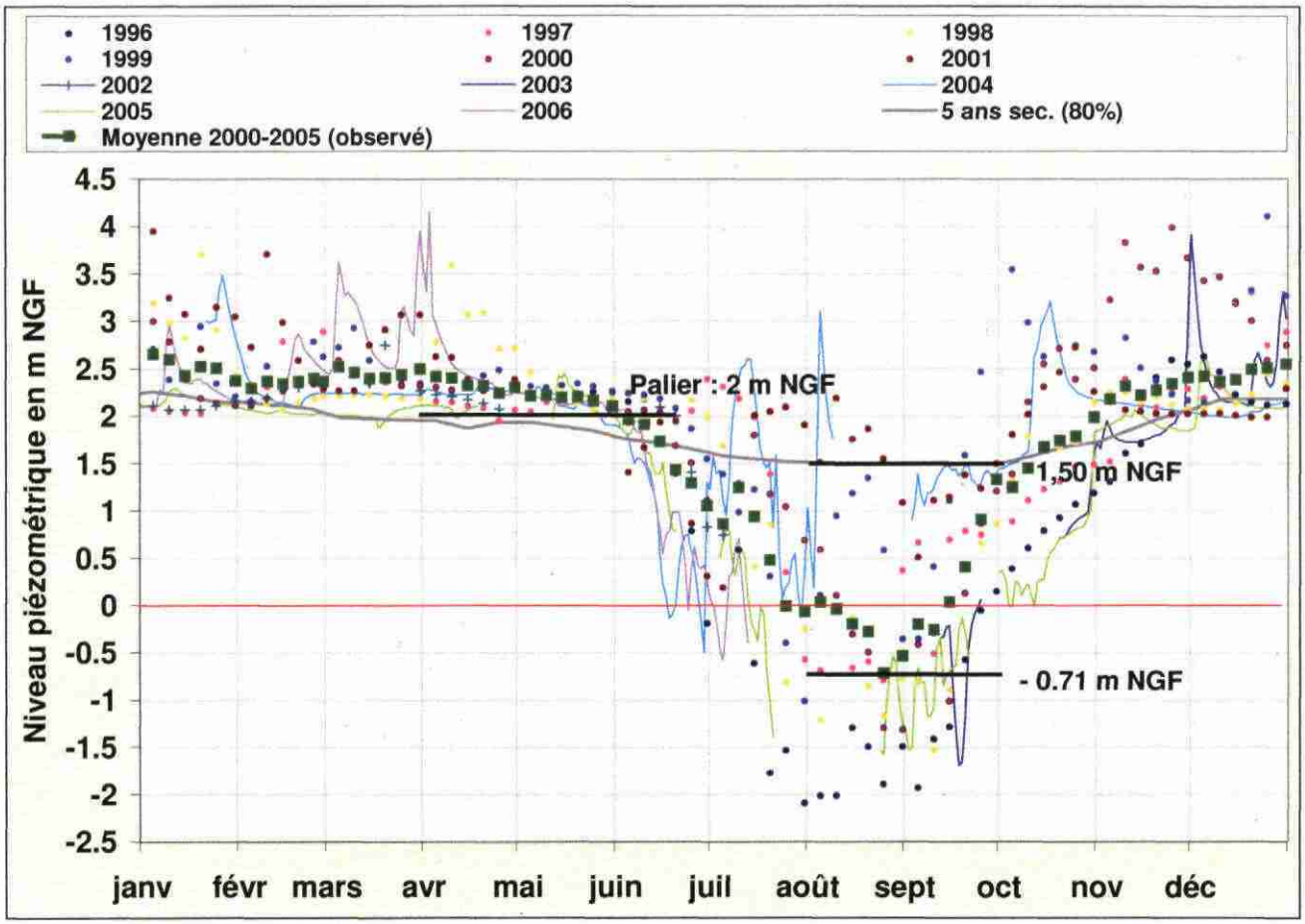


Illustration 110 - Le piézomètre 06094X0143. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans secs donnée par le modèle utilisé en prévision

Le piézomètre 06094X0207/ PIEZO – Forage (Fontaines)

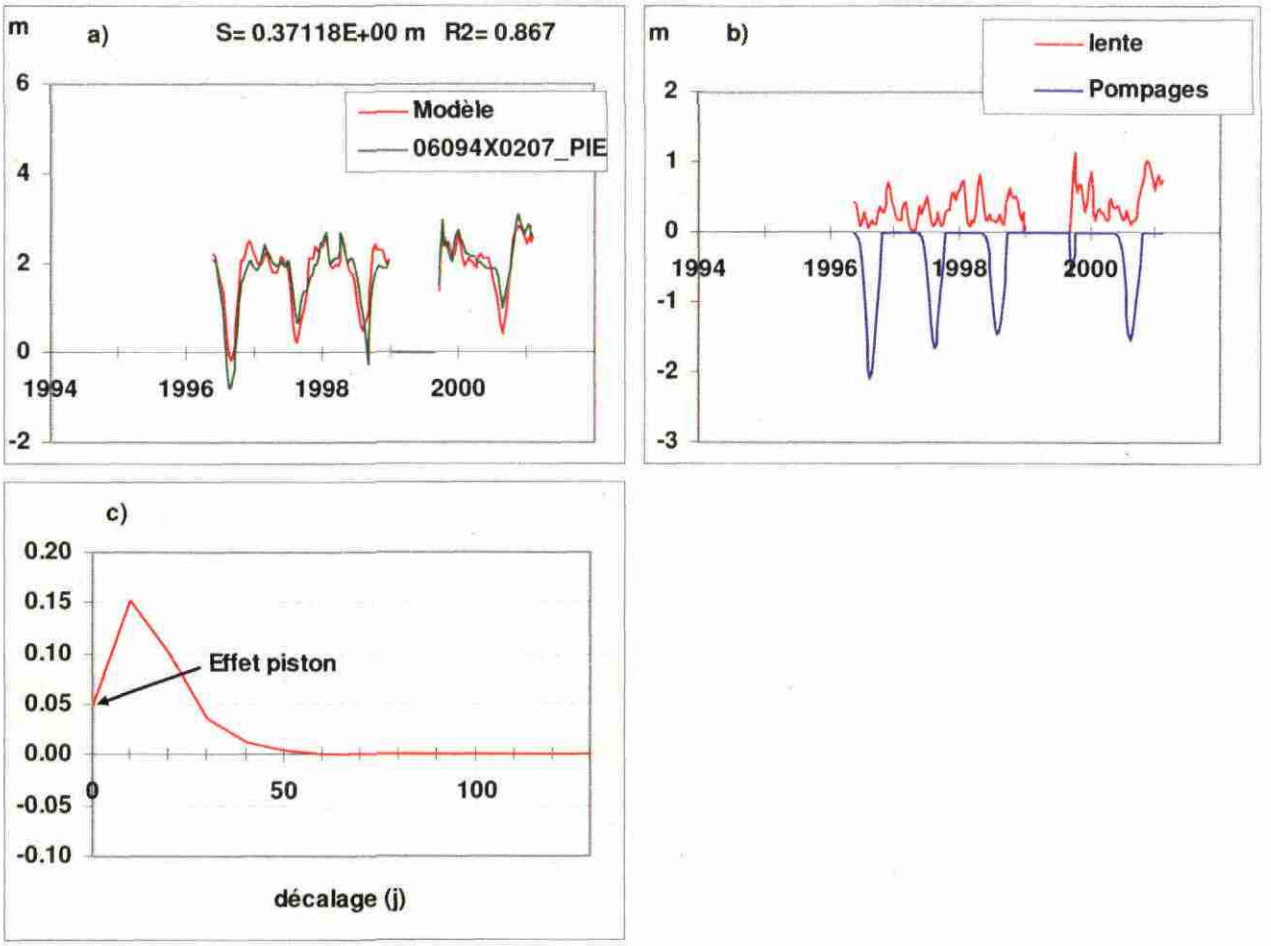


Illustration 111 - Le piézomètre 06094X0207. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente.

Ce piézomètre situé sur la commune de Fontaines à une altitude de 4 m NGF (profondeur : 46 m), capte l'aquifère du Dogger. Sa situation géographique et géologique en bordure de marais montre que la nappe est captive. Très proche du piézomètre précédent, il révèle un comportement très similaire.

La prédominance des pompages illustrée en Illustration 111b impacte le niveau piézométrique. Le niveau est là aussi contraint par le réseau superficiel.

Le modèle utilisé en prévision donne un niveau naturel d'étiage autour de 1,90 m NGF.

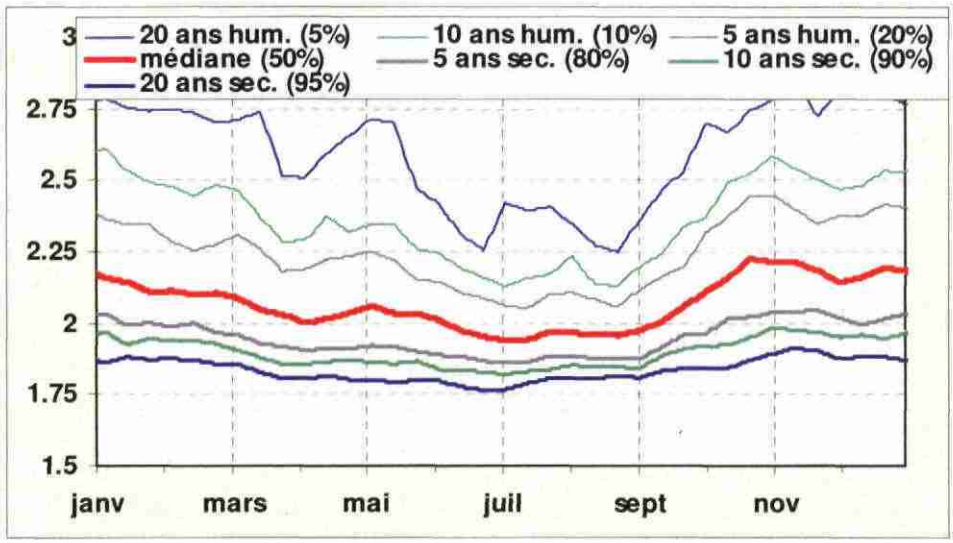


Illustration 112 - Le piézomètre 06094X0207/PIEZO. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Le piézomètre 06094X0181/F – Forage de Chalais (Saint Pierre le Vieux)

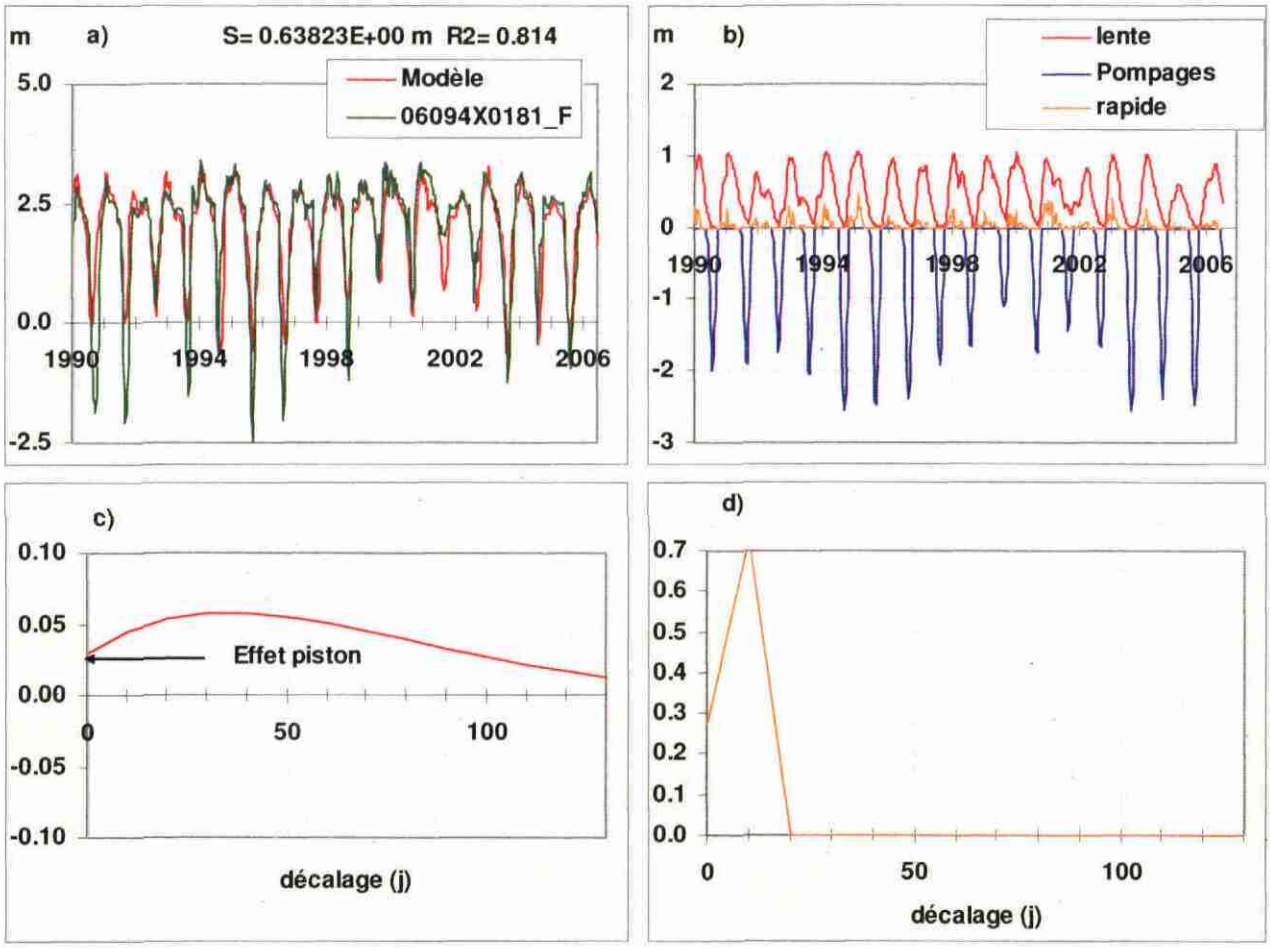


Illustration 113 - Le piézomètre 06094X0181. -- a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Le forage 06094X0181 (altitude : 3 m NGF ; profondeur : 36 m) est situé à Saint-Pierre-le-Vieux, à l'Est du bassin versant de la Vendée / Sèvre Niortaise.

La réponse lente révèle le comportement captif de la nappe (effet piston). L'inertie du système est moyenne : une durée de 4 mois et un pic à 30 jours. **La modélisation des chroniques indique aussi une forte composante «pompages».** L'impact des pompages se traduit ici par des rabattements supérieurs à 2 m (Illustration 113b et Illustration 115) soit deux fois plus importants que le battement naturel annuel (de l'ordre du mètre).

Le niveau «naturel» des basses eaux est voisin de 1,90 m NGF (année sèche) selon le modèle utilisé en prévision. La superposition de la chronique piézométrique et de la courbe modélisée 5 ans sec montre un écart en fin de printemps/début d'été. Cet écart illustre une interconnexion entre les eaux souterraines et les eaux de surface (niveau à un palier autour de 2,50 m NGF).

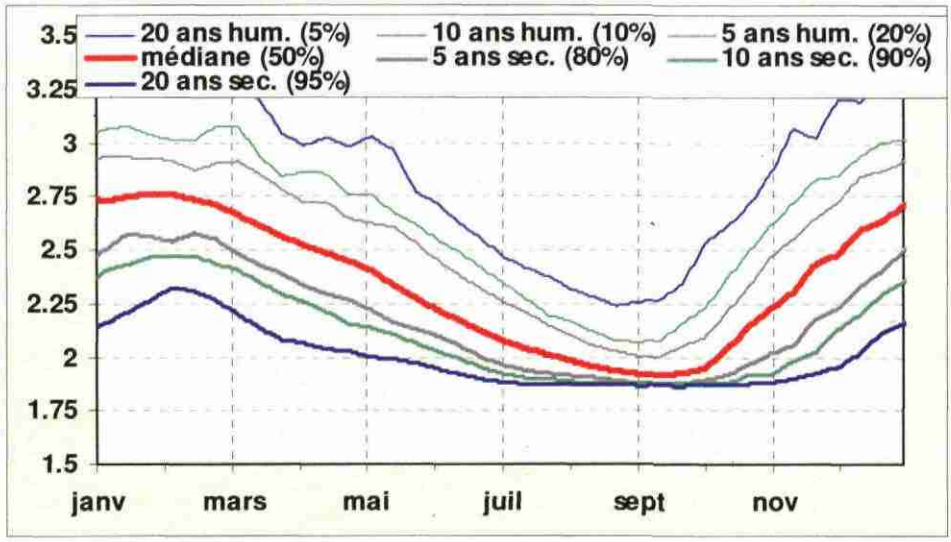


Illustration 114 - Le forage 06094X0181/F. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

La superposition de la modélisation et de l'analyse des historiques (Illustration 115) montre :

- un palier de printemps / début été autour de 2,50 m NGF ;
- un impact très important des prélèvements abaissant la nappe jusqu'à -2,50 m NGF en août/septembre ;
- un étiage « naturel » en année sèche situé autour de 1,90 m NGF.

Pour ce piézomètre, les niveaux à prendre en compte comme indicateurs de gestion sont donc :

- au printemps et en début d'été : le palier de 2,50 m NGF. Dans une certaine mesure, le niveau moyen observé serait également à prendre en compte afin de fixer un niveau d'objectif plus réaliste à court terme (moyenne 2000-2005 : autour de 1,40 m NGF au début juillet)
- après le début d'été : le niveau d'étiage modélisé pour une année sèche (1,90 m NGF) et la moyenne 2000-2005 (autour de 0 m NGF).
- La cote à ne pas dépasser serait à fixer selon les chroniques observées (la prise en compte de la moyenne 2000-2005 amène à un niveau autour de 0,50 m NGF).

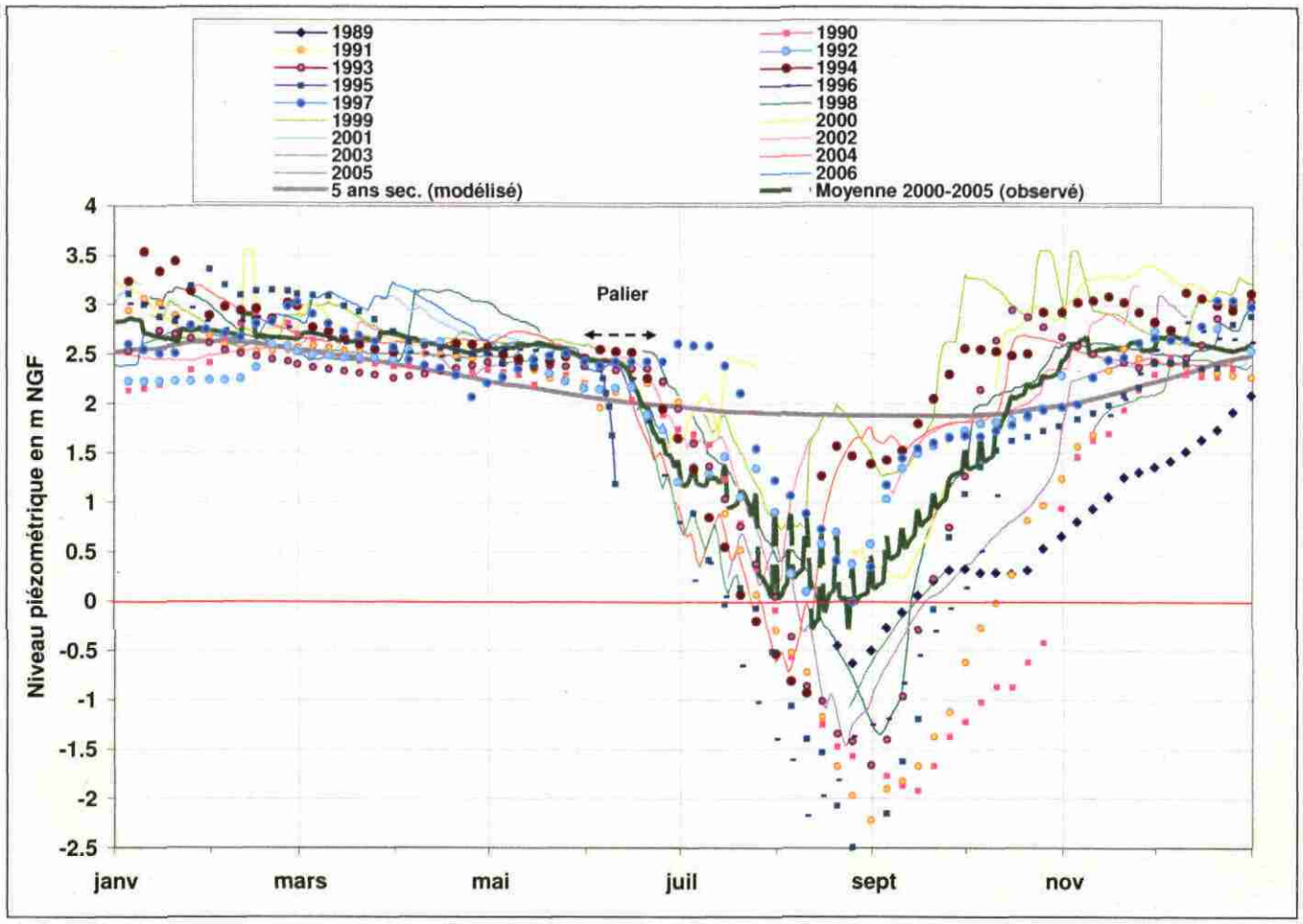


Illustration 115 - Le piézomètre 06094X0181. Superposition de la chronique piézométrique et de la courbe 5 ans secs donnée par le modèle utilisé en prévision

5.1.3. Bilan de l'analyse des chroniques piézométriques

Cette zone Vendée / Sèvre Niortaise dispose d'un grand nombre de piézomètres dans les nappes de l'Infra-Toarcien et du Dogger.

L'analyse des piézomètres du bassin de la Vendée/Sèvre Niortaise montre un comportement de la nappe de l'Infra-Toarcien assez différent de celui observé par les piézomètres du bassin du Lay. En effet, **les piézomètres à l'Infra-Toarcien montrent un comportement assez paradoxal** avec :

- un comportement plus typiquement captif au Nord, là où la formation affleure ;
- une inertie plus faible avec souvent une composante rapide là où l'Infra-Toarcien est sous couverture Dogger.

On retrouve, à travers les piézomètres du Dogger, le comportement de la nappe Infra-Toarcienne sous-jacente, c'est-à-dire un état captif à semi-captif mais une grande réactivité aux pluies efficaces.

Ces similitudes de comportement suggèrent des **interactions fortes entre les deux nappes, en particulier à travers le réseau de fractures.** A nature géologique identique du réservoir, la présence de la nappe du Dogger au-dessus de l'aquifère Infra-Toarcien peut expliquer un plus fort développement de la karstification, ou du moins des dissolutions dans les fractures.

Les deux nappes sont très impactées par les pompages qui induisent des rabattements plus importants que les rabattements naturels annuels. L'impact est en général plus fort dans la nappe de l'Infra-Toarcien (où le rabattement induit peut atteindre 10 m) par rapport à la nappe du Dogger (quelques mètres de rabattement).

Les piézomètres suivant le Dogger à la périphérie du marais mettent tous en évidence – comme dans le bassin du Lay – des interactions avec les eaux superficielles. A la fin du printemps et au début de l'été, la nappe apparaît en équilibre avec le réseau de surface. Son niveau piézométrique se maintient à un palier - qui correspond à la cote du réseau de surface – avant de s'effondrer sous l'impact des pompages.

Les niveaux utiles à prendre en compte pour la fixation des indicateurs de gestion apparaissent dans les graphiques qui superposent les courbes modélisées (5 ans sec) et la chronique. Ces niveaux sont détaillés pour les piézomètres situés en bordure du marais.

5.2. ANALYSE DES CHRONIQUES DE DEBITS ET APPROCHE DES VOLUMES DISPONIBLES

Le débit de la Mère à Antigny (Station N7114010) - Pas de piézomètre

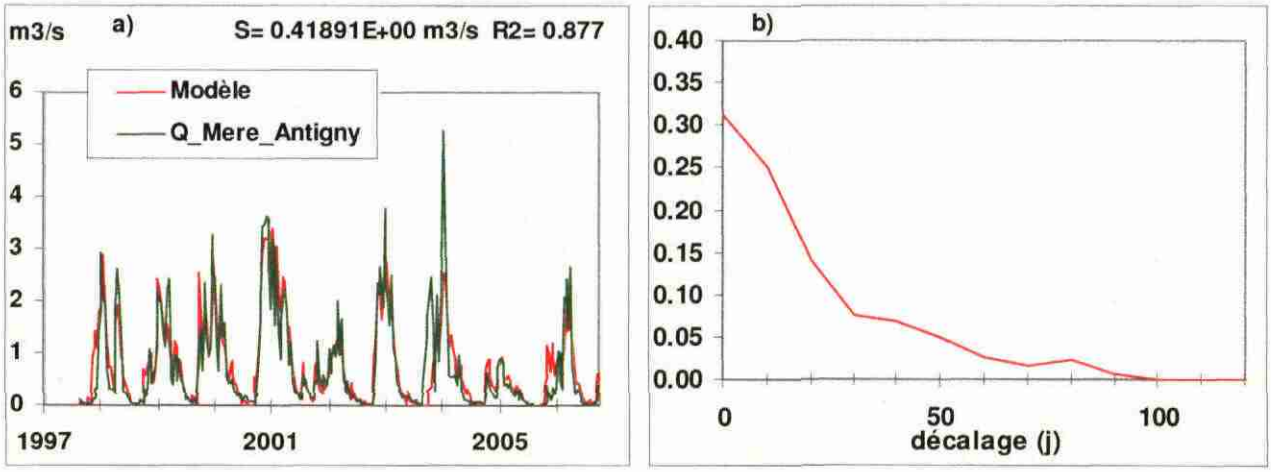


Illustration 116 - Le débit de la Mère à Antigny (pas de piézomètre). - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit.

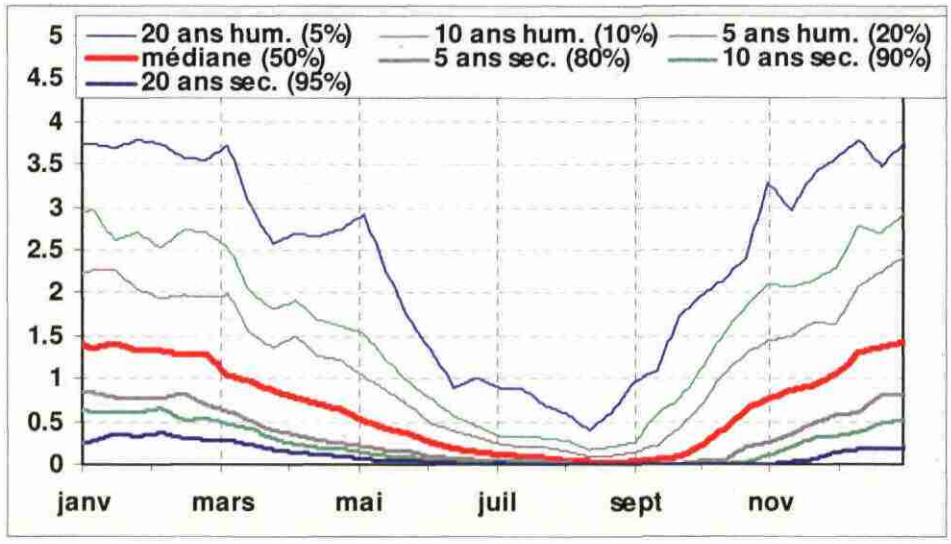


Illustration 117 - Le débit de la Mere à Antigny. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Cette station est située à l'extrémité amont du bassin versant de la Vendée. Le bassin amont de cette station (59 km²) est entièrement en domaine de socle.

Le modèle ne traduit qu'une seule fonction intégrant l'ensemble des processus de transfert du bassin vers la Mère ce qui peut paraître assez singulier par rapport aux autres modèles mais est cohérent avec un petit bassin versant de socle géologiquement assez homogène.

La courbe (Illustration 116b) montre une première partie très descendante qui représente les ruissellements alors que la seconde partie, à pente plus douce, représente l'assèchement de la rivière qui survient en trois mois après les ruissellements. En année sèche, le soutien des étiages n'est pas possible.

Le débit de la Vendée à Foussais-Payré (Station N7101810) - Pas de piézomètre

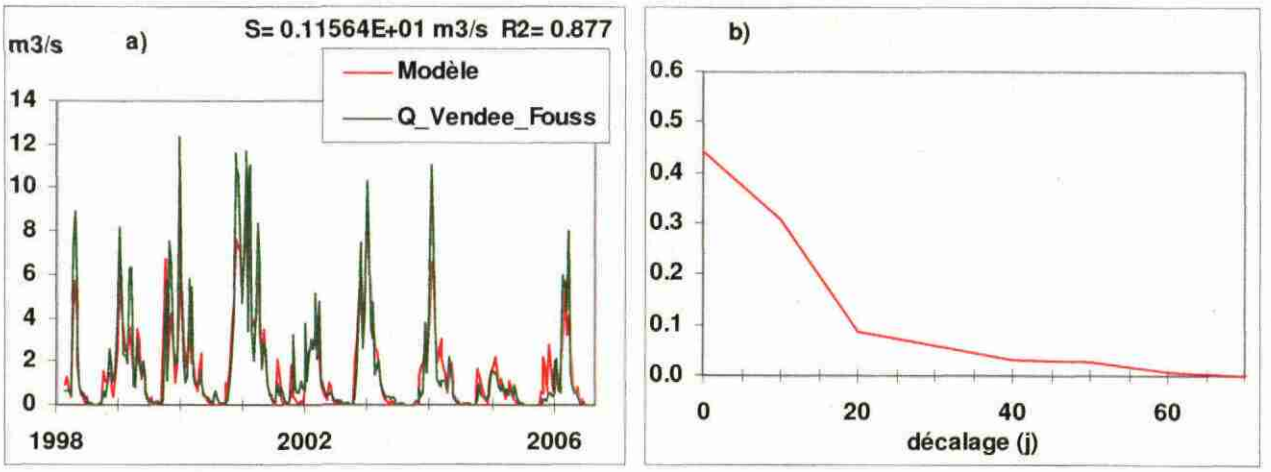


Illustration 118 - Le débit de la Vendée à Foussais-Payré (pas de piézomètre). - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit.

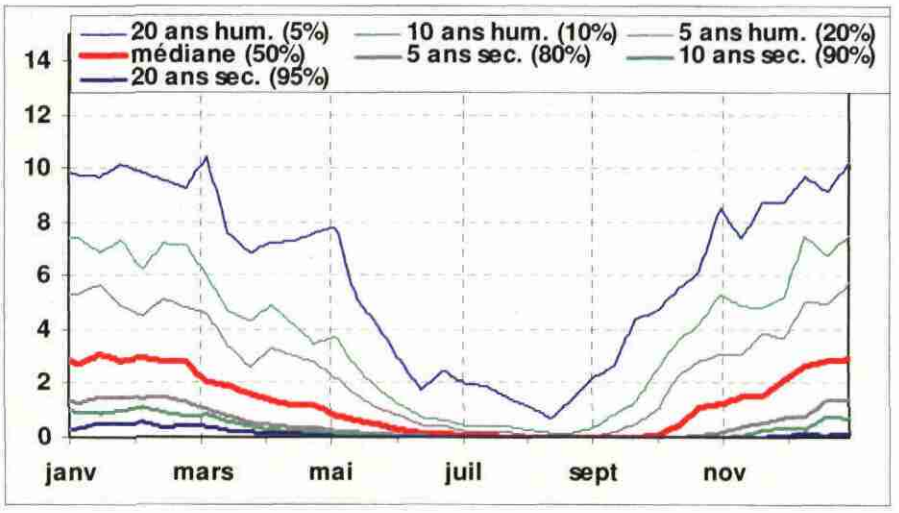


Illustration 119 - Le débit de la Vendée à Foussais-Payre. Représentation des quantiles (Prévision à long terme).

Cette station est située en amont sur la Vendée. Elle intègre essentiellement des eaux ayant circulé sur le socle. Une petite partie de son bassin versant est toutefois constituée par le Jurassique de la structure de Chantonnay.

Le débit de la Vendée à Foussais-Payré est caractérisé par des assecs qui apparaissent presque chaque année. La fonction de transfert présente beaucoup d'analogies avec la station précédente et met en évidence un tarissement rapide soulignant l'absence de réserve pendant la période d'étiage.

Le débit de la Vendée à Pissotte (Station N7121810) et le piézomètre 05867X0152

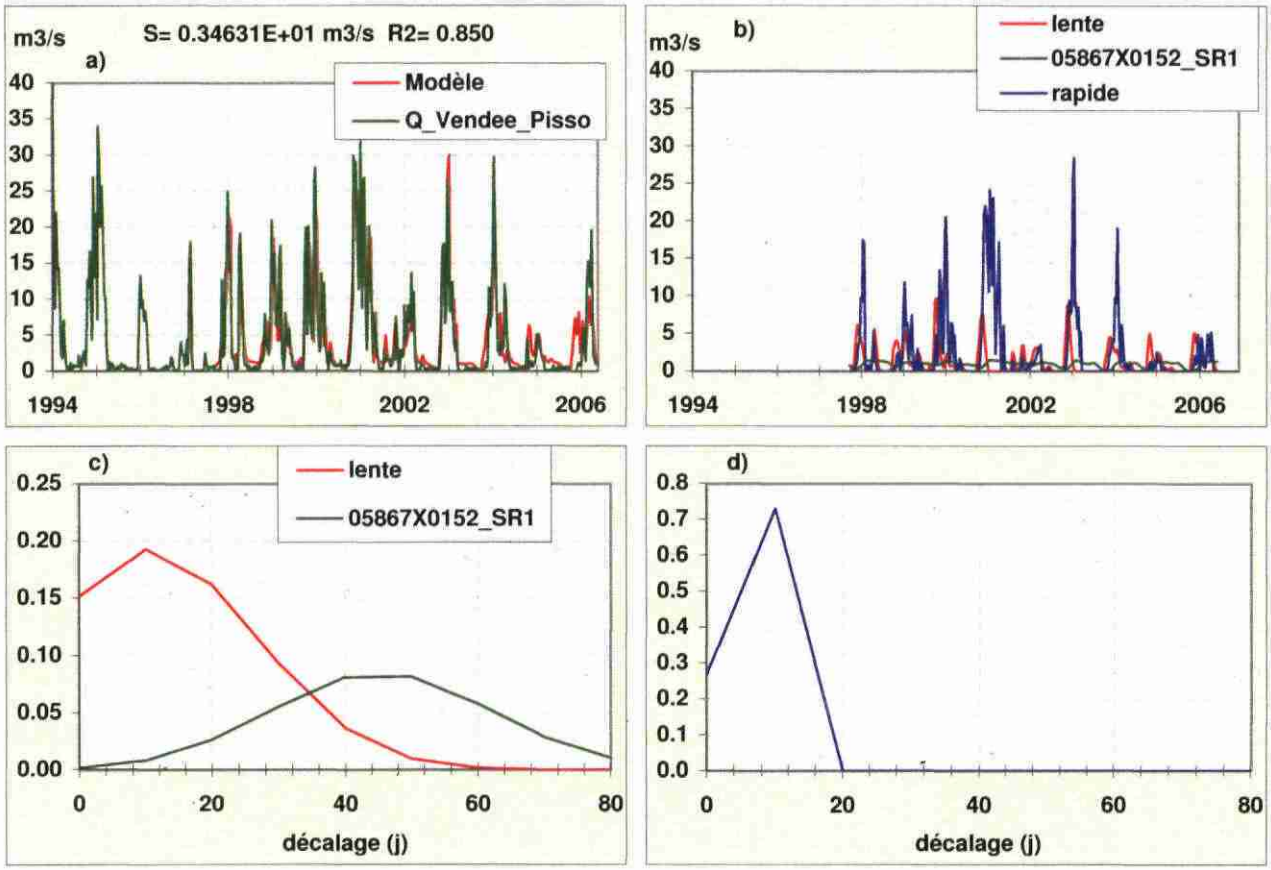


Illustration 120 – Le débit de la Vendée à Pissotte. - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Cette station est située au débouché de la rivière des zones de socle pour s'écouler sur le domaine sédimentaire. La superficie du bassin amont est de 393 km².

Le débit de la Vendée à Pissotte est bien représenté par le modèle. La composante rapide est prépondérante en hiver. A travers le piézomètre de Fontenay-le-Comte, qui – bien que situé en aval de la station - reflète le comportement de la nappe du Dogger. Ce traitement de données montre que les eaux souterraines apportent une petite contribution au débit. Cette faible contribution devient prépondérante en été.

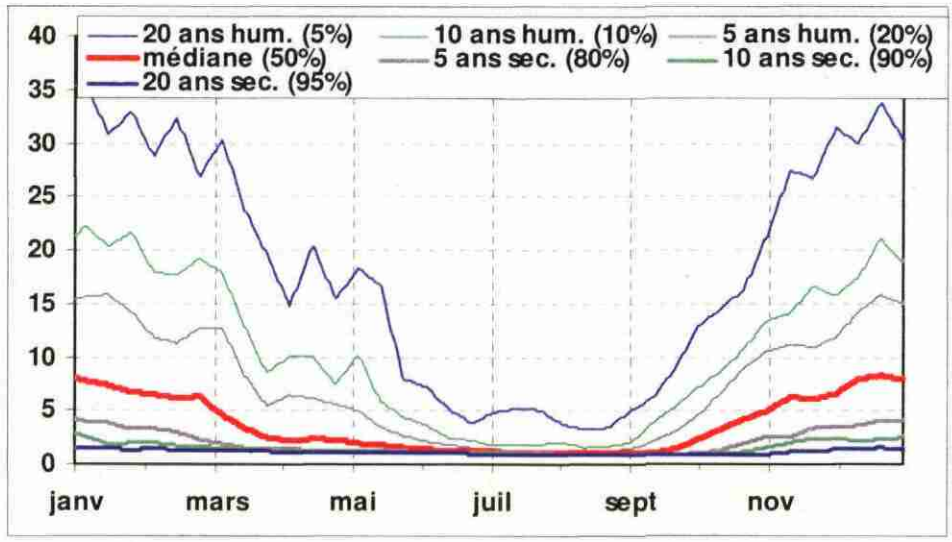


Illustration 121 - Le débit de la Vendée à Pissotte. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Les volumes présentés en Illustration 122 correspondent aux volumes disponibles dans la nappe du Dogger sur l'ensemble du bassin amont de la station de Pissotte par rapport à un objectif de débit d'étiage de 1,05 m^3/s (valeur donnée par la courbe « 5 ans secs » du modèle - équivalent du QMNA5) et selon le scénario de prélèvements n°1.

05867X0152	20 ans hum.	10 ans hum.	5 ans hum.	médiane	5 ans sec.
TOTAL	26.1	6.4	0.9	0.8	0.0

Illustration 122 – Tableau de prévision des volumes disponibles du bassin de la Vendée à Pissotte (Mm^3) pour maintenir un débit d'étiage de 1.05 m^3/s (valeurs indicatives en raison du bruit sur les mesures de débit).

Pour cette station de débit, dont la modélisation intègre une chronique piézométrique en entrée, une fonction de transfert entre le niveau piézométrique de la nappe du Dogger et le débit en sortie a pu être établie. Plusieurs estimations de volumes ont donc été faites selon différentes hypothèses de débit minimal et selon différents scénario de répartition des prélèvements dans l'année (cf. Chapitre 2.6.3).

L'évolution des volumes disponibles selon plusieurs hypothèses de débit réservé (Illustration 123) met en évidence une décroissance linéaire des volumes disponibles proportionnelle à la diminution du débit réservé. Pour des débits très faibles ainsi que pour quelques valeurs, le graphique met évidence des erreurs numériques. Ces erreurs sont inhérentes au modèle TEMPO, elles proviennent du fait que les volumes calculés pour différentes périodes de retour le sont a partir de différents quantiles qui sont eux mêmes emprunts d'erreurs aléatoires (méthode stochastique).

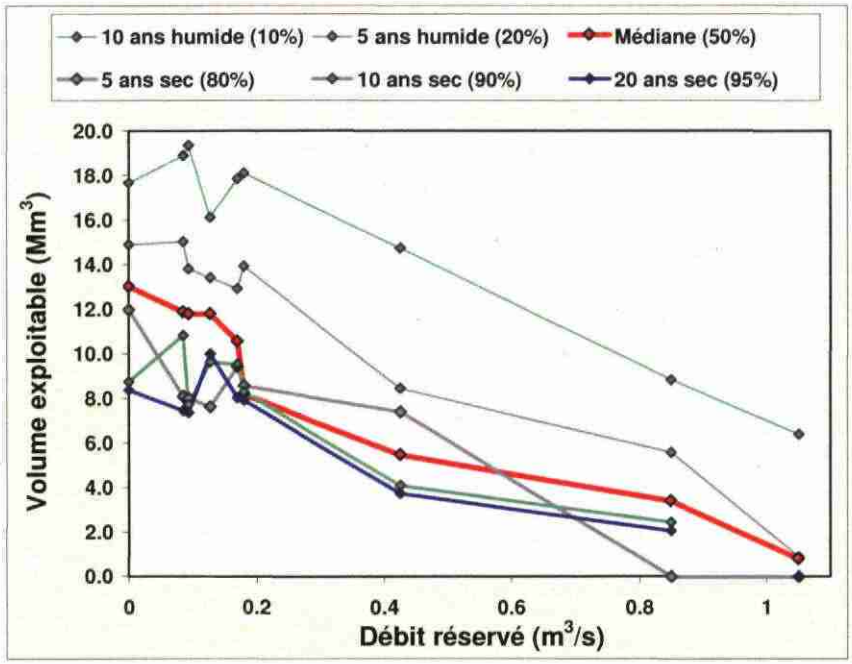


Illustration 123 - Prévisions de volumes disponibles (Mm3) du bassin de la Vendée à Pissotte (Mm^3) pour différents débits réservés (scénario de prélèvements n°1).

La différence de volume disponible selon les scénarios de répartition des prélèvements dans l'année (Illustration 124) met en évidence que lorsque les prélèvements sont concentrés sur une courte période (scénario 2), le volume exploitable est moindre. Par ailleurs, selon ces calculs, il apparaît que le scénario de prélèvements permettant d'exploiter le plus important volume est le scénario 1 : prélèvements commençant à la fin de la phase de recharge de l'aquifère et s'intensifiant jusqu'en juillet-août (pas de pic de prélèvements).

Qreservé = 0,091 m3/s (Qmna5*)							
	20 ans humide (5%)	10 ans humide (10%)	5 ans humide (20%)	Médiane (50%)	5 ans sec (80%)	10 ans sec (90%)	20 ans sec (95%)
Scénario 1	40.47	19.22	14.60	11.45	11.05	10.78	7.41
Scénario2	30.19	12.62	8.57	8.51	4.63	5.87	4.14
Scénario 3	38.92	21.38	16.12	8.48	8.29	8.97	5.80
Scénario 4	36.58	17.15	13.61	9.41	6.93	6.70	7.86

**calculé pour la période 1994-2006, source : Banque Hydro*

Illustration 124 - Prévisions de volumes disponibles (Mm3) du bassin de la vendée à Pissotte pour différents scénario de répartition des prélèvements dans l'année.

5.2.1. Bilan

Sur le bassin versant de la Vendée-Sèvre Niortaise, les débits de la Mère à Antigny et de la Vendée à Foussais-Payré n'ont pas pu être traités en plusieurs composantes. Une fonction unique intègre l'ensemble des processus de transfert. Les volumes disponibles sur ces deux stations n'ont pu être calculés. Seuls les quantiles de courbes de débit peuvent être donnés.

Pour la Vendée à Pissotte, les mesures de débit à la station hydrométrique sont très bruitées, et par conséquent les volumes exprimés à cette station peuvent présenter des erreurs significatives. Cependant, ces valeurs (indicatives) pour le bassin versant de la Vendée à Pissotte sont de l'ordre de 0,8 millions de m^3 en année médiane, dans l'objectif de maintenir un débit d'étiage de 1,05 m^3/s.

La banque de données hydrométriques sur cette zone ne permet donc pas le calcul des volumes disponibles. On peut toutefois en première approche, pour disposer d'ordre de grandeur, utiliser la station du Lay (station de Mareuil) et une simple règle de trois du rapport de superficies.

La prise en compte de la station de Mareuil (N3301610) plutôt que de la station de Pissotte (N7121810, située sur le bassin considéré) est principalement liée au fait qu'elle est plus « intégratrice ». Cette approche est par ailleurs tolérable puisque le contexte géologique des deux bassins est similaire, les formations de socle occupant toutefois une part du bassin moindre dans le bassin Vendée/Sèvre Niortaise.

Ainsi, cette approche donne pour la zone Vendée/Sèvre Niortaise un volume disponible de 6,5 millions de m^3 une année sur deux, et de 17 millions de m^3 une année humide sur cinq.

6. Bassin de l'Autise - Modélisation

6.1. ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES ET PROPOSITION D'INDICATEURS

6.1.1. Dogger

Le piézomètre 06101X0202/SP1 - Forage du Grand Nati (Oulmes)

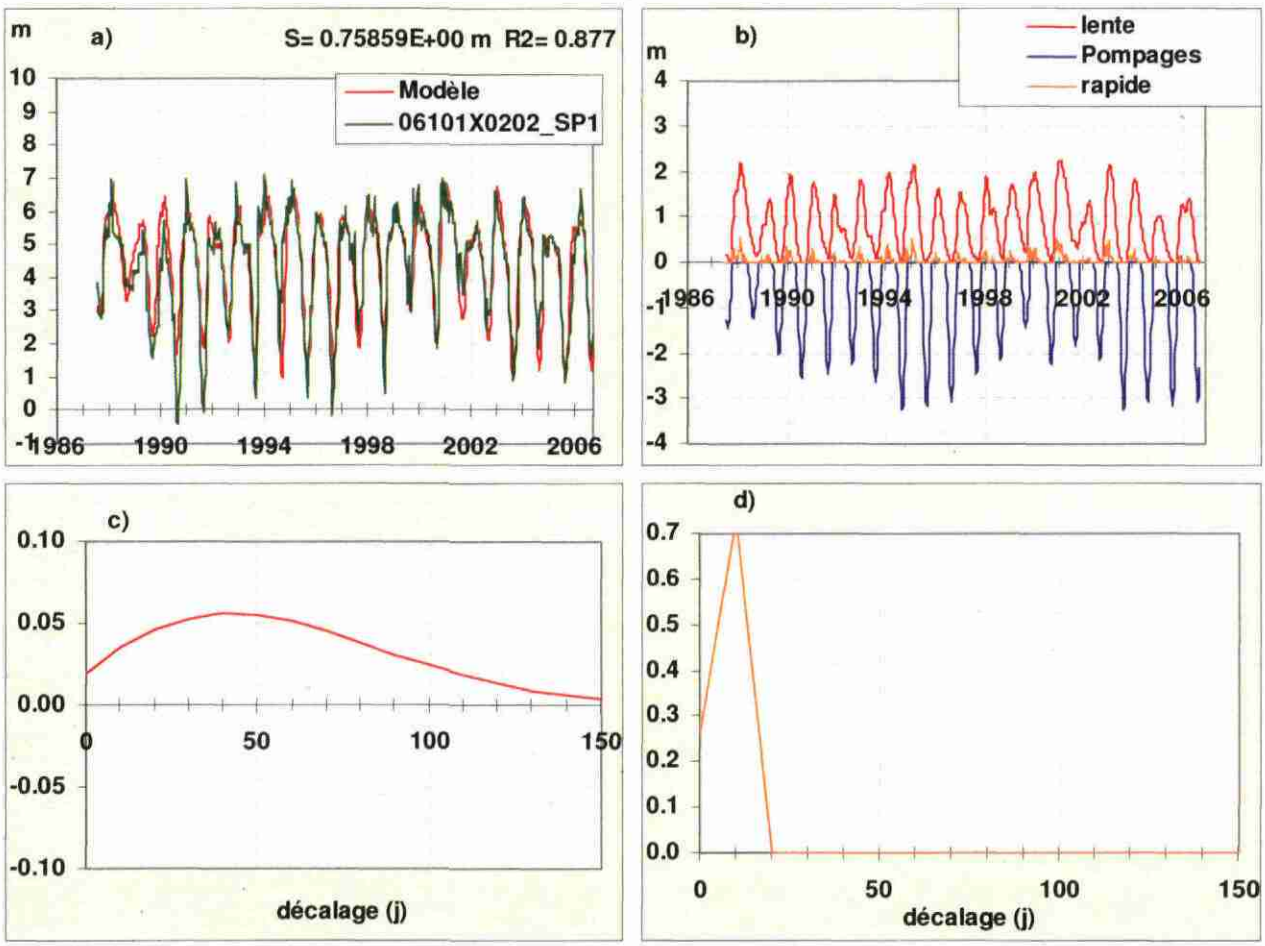


Illustration 125 – Le piézomètre 06101X0202. - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Ce piézomètre est en rive gauche de l'Autise, à une altitude de 10,20 m NGF (profondeur de 41 m). Le calage du modèle sur la chronique est satisfaisant même si les pompages ne sont pas toujours correctement reproduits.

La réponse lente montre plutôt un caractère libre à semi-captif de la nappe avec une montée progressive de l'impulsion et un pic atteint au bout de 40 jours. La réponse impulsionnelle rapide n'est pas significative.

Ce piézomètre suivant la nappe du Dogger est très impacté par les pompages saisonniers responsables d'un rabattement supplémentaire de 3 à 4 m (Illustration 125b et Illustration 127).

Le niveau de la nappe du Dogger reste sous le niveau de la cote de l'Autise quasiment toute l'année, sauf en période de crue (7 m NGF environ). Ce tronçon de rivière est d'ailleurs à sec naturellement une grande partie de l'année.

Pour l'étiage, le modèle restitue une cote «naturelle» de l'ordre de 4,2 m NGF en année sèche (Illustration 126), qui semble correspondre à une cote aval où l'Autise coule sur les marnes du Jurassique supérieur. Cette cote constituerait le niveau de base de la nappe du Dogger.

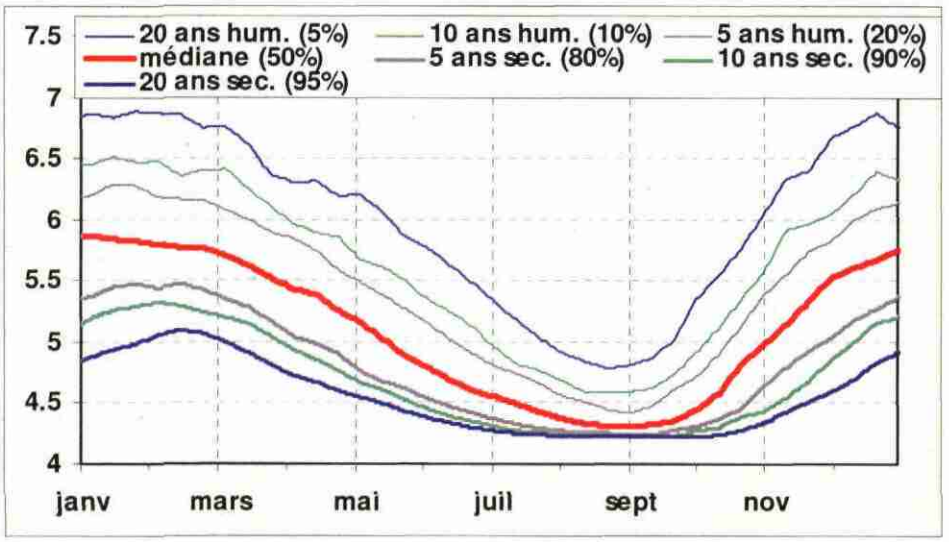


Illustration 126 - Le piézomètre 06101X0202. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

Comme pour les bassins précédents, la superposition (Illustration 127) montre que le calage du modèle sur les chroniques est moins bon pour la période allant de la fin du printemps au début de l'été. Cet écart traduirait un certain **équilibre avec le réseau superficiel maintenant la nappe autour de 5 m NGF**. Ce niveau de base correspondrait à des cotes plus aval de la rivière, dans des secteurs où la nappe devient captive sous le Callovien, puis le Bri du marais.

A partir de mi-juin, les prélèvements impactent significativement le niveau de la nappe, qui peut descendre alors sous 0 m NGF. Par ailleurs, le modèle donne une cote d'étiage « naturelle » de l'ordre de 4,20 m NGF en année sèche.

Ces éléments, issus de l'analyse de l'Illustration 127, sont à prendre en considération comme indicateurs de gestion.

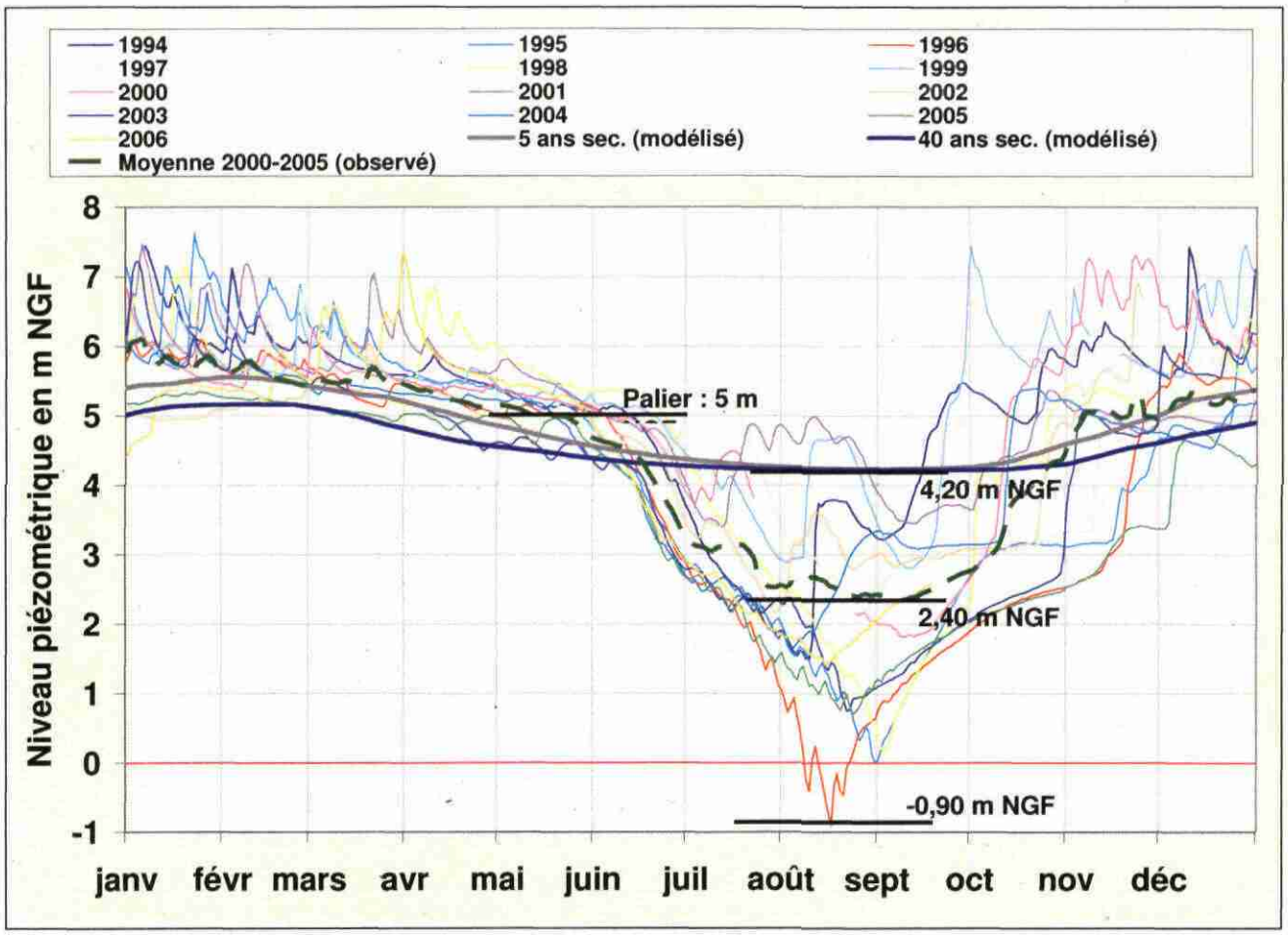


Illustration 127 - Le piézomètre 06101X0202. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision

Le piézomètre 06102X0606/P3 - Forage d'Aziré (Benet)

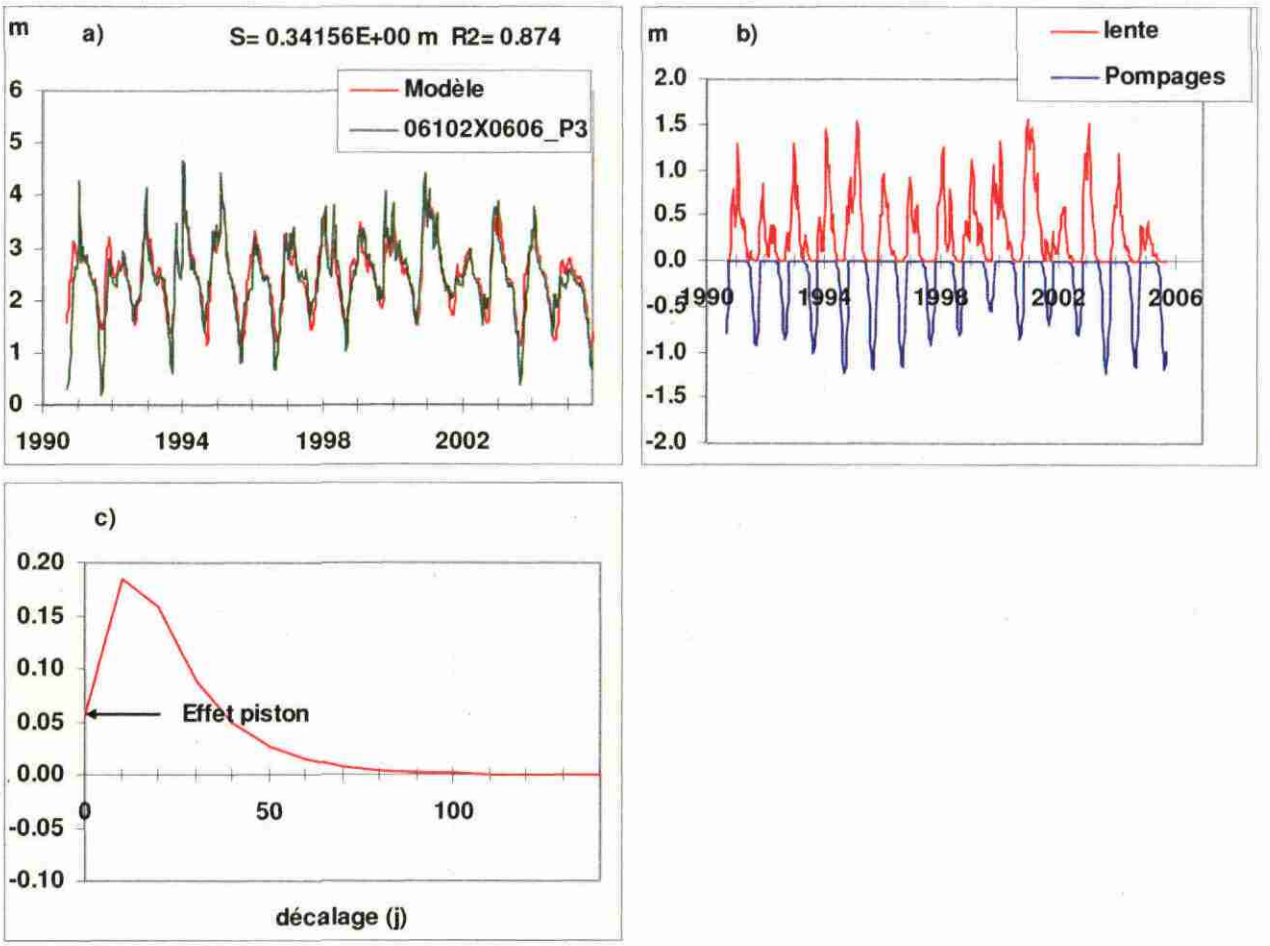


Illustration 128 - Le piézomètre 06102X0606. - a) Comparaison du modèle au niveau piézométrique. – b) Les différentes composantes du niveau piézométrique. – c) La réponse impulsionnelle lente.

Ce piézomètre (profondeur : 25 m ; altitude : 4,5 m NGF) est en bordure du marais et capte la nappe du Dogger sous les calcaires argileux du Callovien.

La modélisation montre une composante lente mais avec un pic au bout d'environ 15 jours et le passage d'une pluie au bout de 2 mois. **Ces circulations relativement rapides traduisent le caractère fissuré et karstique de l'aquifère**. La mise en charge est toutefois instantanée (comportement d'une nappe captive), ce qui peut s'expliquer par la présence des calcaires argileux calloviens au toit de l'aquifère du Dogger.

Aucun seuil de débordement n'est observé.

Le niveau est très impacté par les pompages qui induisent des rabattements supplémentaires du même ordre que les rabattements naturels annuels (entre 1 m et 1,50 m).

Le comportement de ce piézomètre rejoint les observations réalisées sur les piézomètres en bordure du marais dans les autres bassins, en particulier celui de Vendée / Sèvre Niortaise.

Le modèle utilisé en prévision donne un niveau non influencé d'étiage situé autour de la cote 2,4 m NGF qui semble correspondre au niveau de l'eau dans le marais proche. Ce niveau constituerait un niveau de base pour la nappe. Cette valeur correspond aussi au niveau du palier de fin de printemps / début d'été.

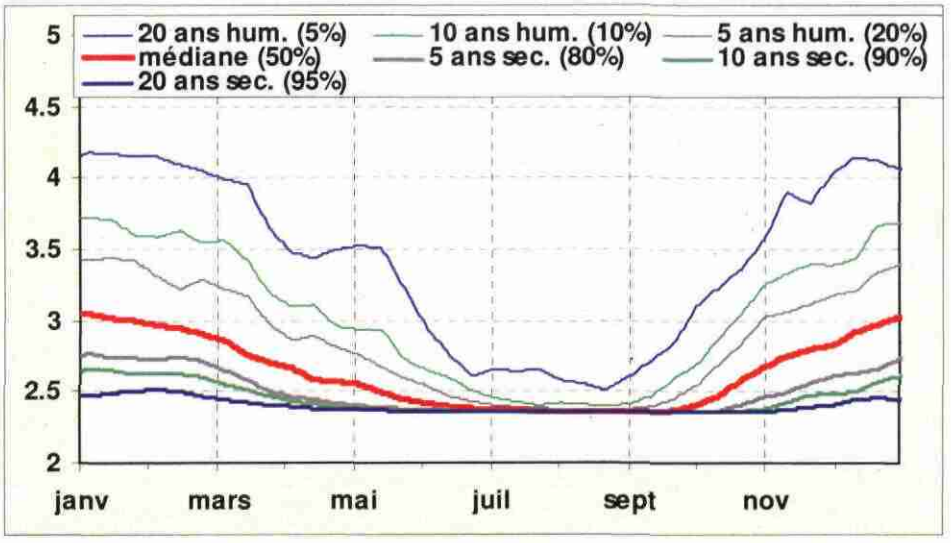


Illustration 129 - Le piézomètre 06102X0606. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

La superposition de la chronique piézométrique et des courbes données par le modèle utilisé en prévision (Illustration 130) met en évidence dans la chronique un palier à 2,40 m NGF en fin de printemps – début d'été. L'impact des prélèvements se fait ensuite sentir très nettement.

Le palier à 2,40 m NGF est le niveau principal à retenir comme indicateur pour le début d'été. Ce niveau pourrait être abaissé en prenant en compte la chronique pour obtenir un niveau d'objectif plus réaliste (au moins à court terme). Pour l'étiage, un compromis serait aussi à définir entre le niveau d'étiage restitué par le modèle pour une année sèche (niveau «naturel») et la chronique observée (niveau trop bas - impact des prélèvements à réduire).

La courbe « Moyenne 2000-2005 » pourrait être utilisée pour fixer un niveau raisonnable à ne pas dépasser.

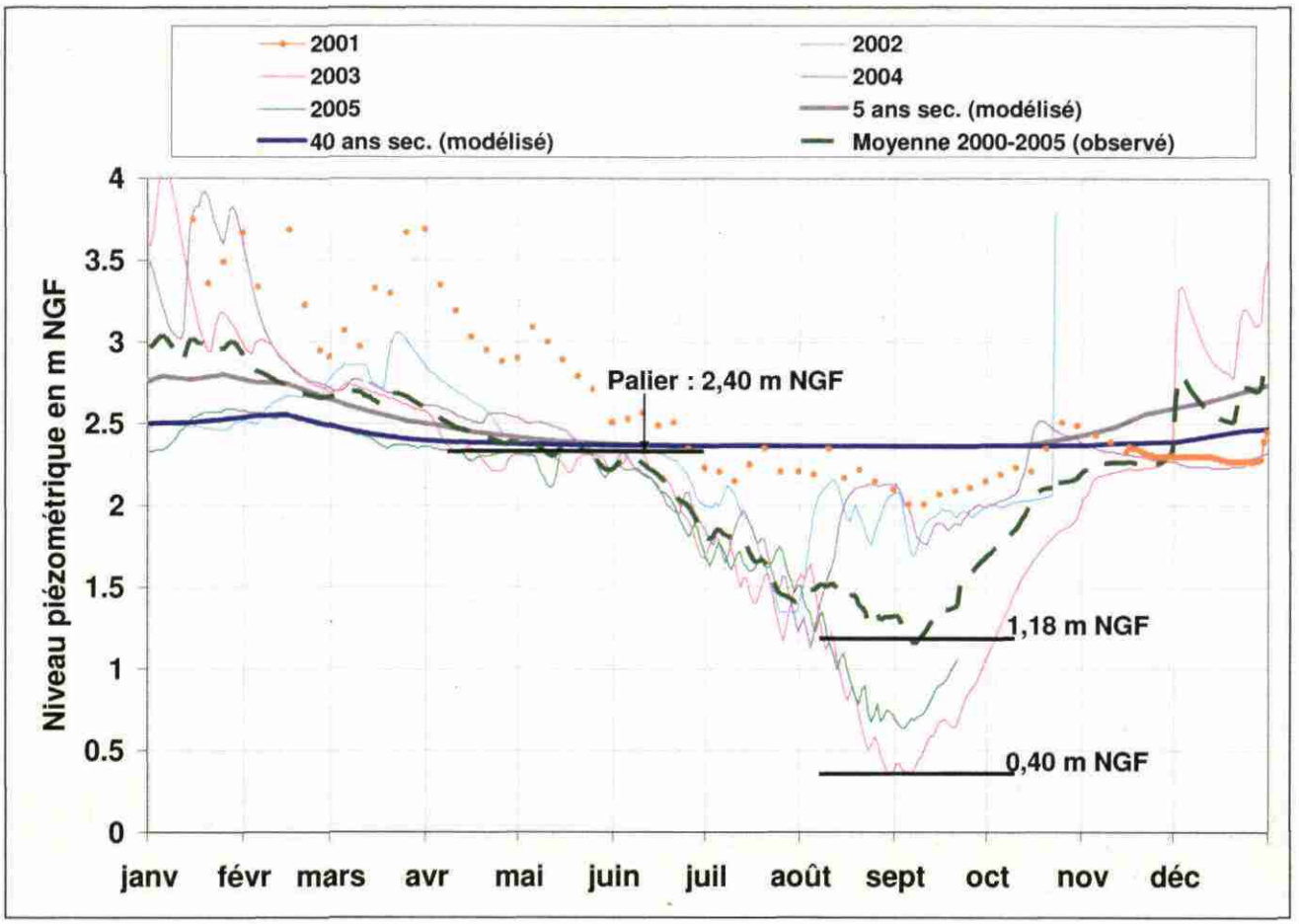


Illustration 130 - Le piézomètre 06102X0606. Superposition de la chronique piézométrique et des courbes 5 ans sec et 40 ans sec données par le modèle utilisé en prévision

6.1.2. Bilan de l'analyse des piézomètres

Même si ce bassin versant est pauvre en suivi de nappe, les deux piézomètres illustrent bien deux types de situation :

- le comportement de la nappe amont du Dogger : plutôt libre avec une onde de pluie qui passe au bout d'environ 3 mois ;

- le comportement de la nappe du Dogger à l'aval (périphérie du marais) : apparaît en relation avec le réseau superficiel. La réactivité à une pluie est plus importante (pic à environ 15 jours et passage complet de la réponse impulsionnelle au bout d'environ 2 mois).

6.2. ANALYSE DES CHRONIQUES DE DEBITS ET APPROCHE DES VOLUMES DISPONIBLES

Le débit de l'Autise à St Hilaire des Loges (Station N5101710) et le piézomètre 06102X0606

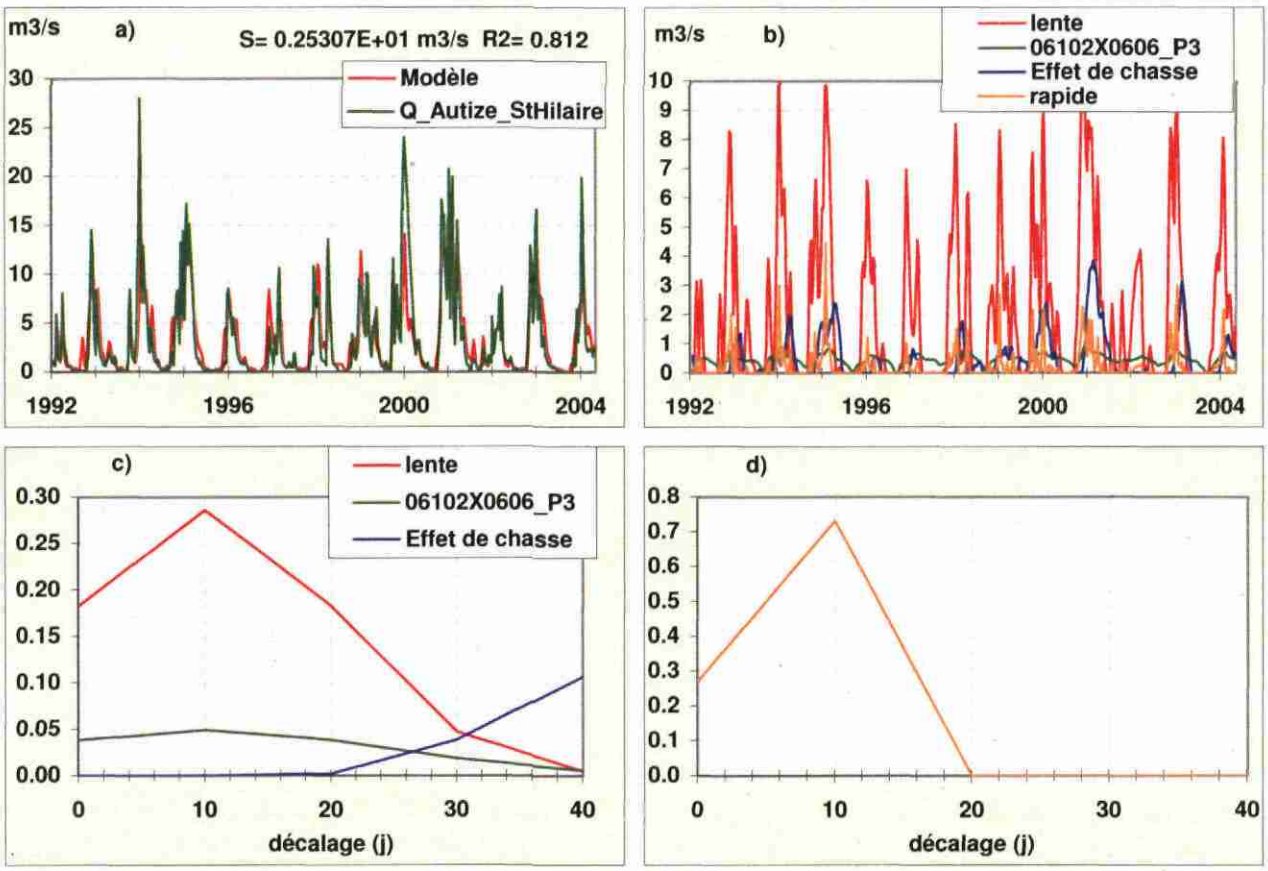


Illustration 131 – Le débit de l'Autise à Saint-Hilaire-des-Loges. - a) Comparaison du modèle au débit observé. – b) Les différentes composantes du débit. – c) La réponse impulsionnelle lente. – d) La réponse impulsionnelle rapide.

Même si le piézomètre de Benet est éloigné de cette station et à l'aval dans le bassin, il a été utilisé en entrée de la modélisation pour voir l'impact éventuel de la nappe du Dogger. Bien que très faibles, il y aurait des apports de cette nappe à l'étiage.

Toutefois, l'essentiel du débit s'explique par des ruissellements dans le bassin versant amont principalement constitué par des formations de socle (composantes lente et rapide). Le modèle souligne aussi une amplification des crues exceptionnelles (effet de chasse) qui correspondraient à des apports différés de circulations karstiques dans les aquifères de l'Infra-Toarcien et du Dogger.

Le modèle utilisé en prévision donne un débit d'étiage QMNA5 (courbe « 5 ans secs ») de l'ordre de 0,25 m^3/s.

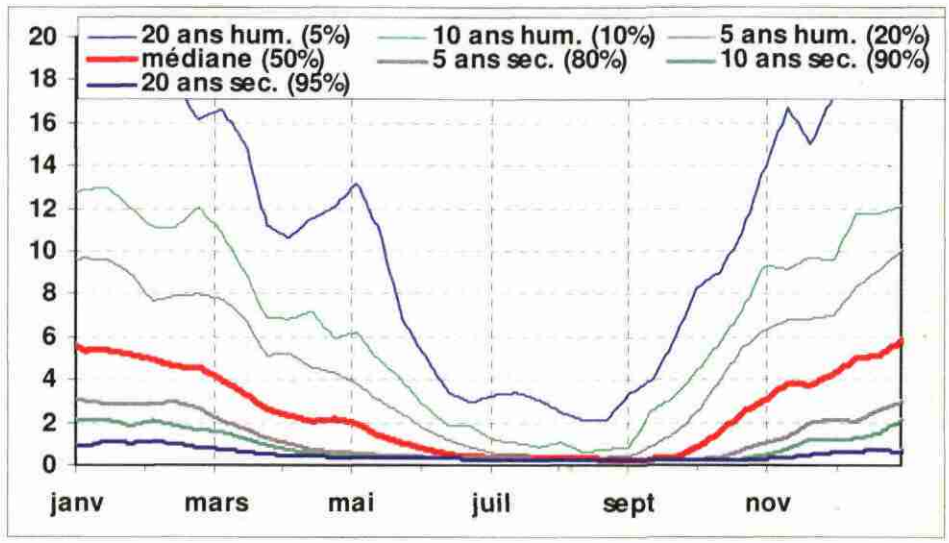


Illustration 132 – L'Autise à St Hilaire des Loges. Représentation des quantiles (Prévision à long terme)

La composante piézométrique est très influencée par les pompages. Cette influence disparaît lors du calcul des volumes disponibles : **dans les calculs prévisionnels, les pompages sont supprimés de sorte que le niveau piézométrique ainsi que le débit de l'Autise soient non influencés**.

Les volumes présentés en Illustration 133 correspondent aux volumes disponibles sur l'ensemble du bassin amont de la station de Saint-Hilaire-des-Loges par rapport à un objectif de débit d'étiage de 0,25 m^3/s (valeur donnée par la courbe « 5 ans secs » du modèle - équivalent du QMNA5).

06102X0606	20 ans hum.	10 ans hum.	5 ans hum.	médiane	5 ans sec.
TOTAL	20.5	4.8	1.0	1.0	0.0

Illustration 133 - Tableau de prévision des volumes disponibles du sous bassin de l'Autise (Mm^3) pour maintenir un débit d'étiage de 0,25 m^3/s (valeurs indicatives)

Pour cette station de débit, dont la modélisation intègre une chronique piézométrique en entrée, une fonction de transfert entre le niveau piézométrique et le débit a pu être établie. Plusieurs estimations de volumes ont donc été faites selon différentes hypothèses de débit minimal et selon différents scénario de répartition des prélèvements dans l'année (cf. Chapitre 2.6.3).

L'évolution des volumes disponibles selon plusieurs hypothèses de débit réservé (Illustration 134) met en évidence une décroissance linéaire des volumes disponibles proportionnelle à la diminution du débit réservé. Pour des débits très faibles ainsi que pour quelques valeurs, le graphique met évidence des erreurs numériques. Ces erreurs sont inhérentes au modèle TEMPO, elles proviennent du fait que les

volumes calculés pour différentes périodes de retour le sont a partir de différents quantiles qui sont eux mêmes emprunts d'erreurs aléatoires (méthode stochastique).

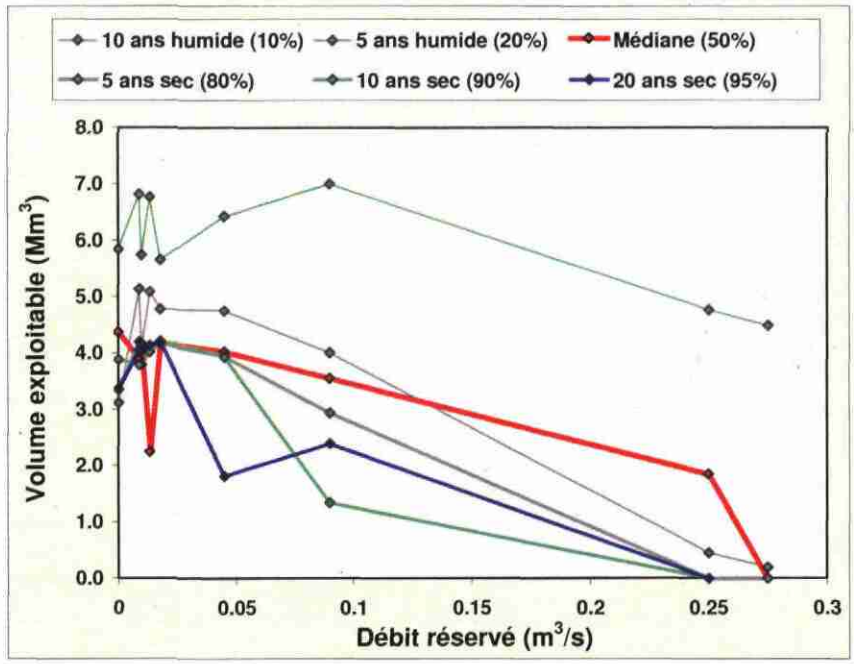


Illustration 134 - Prévisions de volumes disponibles (Mm^3) du bassin en amont de la station de Saint-Hilaire-des-Loges pour différents débits réservés (scénario de prélèvements n°1).

La différence de volume disponible selon les scénarios de répartition des prélèvements dans l'année (Illustration 135) met en évidence que lorsque les prélèvements sont concentrés sur une courte période (scénario 2), le volume exploitable est moindre. Par ailleurs, selon ces calculs, il apparaît que le scénario de prélèvements permettant d'exploiter le plus important volume est le scénario 1 : prélèvements commençant à la fin de la phase de recharge de l'aquifère et s'intensifiant jusqu'en juillet-août (pas de pic de prélèvements).

Qreservé = 0,012 m3/s (Qmna5*)							
	20 ans humide (5%)	10 ans humide (10%)	5 ans humide (20%)	Médiane (50%)	5 ans sec (80%)	10 ans sec (90%)	20 ans sec (95%)
Scénario 1	22.47	6.79	2.99	3.85	4.24	3.76	4.02
Scénario2	15.02	5.21	2.56	3.15	0.97	0.97	2.03
Scénario 3	16.72	16.72	16.72	9.12	3.14	4.18	1.59
Scénario 4	18.98	6.56	2.54	1.94	3.93	2.85	3.89

**calculé pour la période 1969-2006, source : Banque Hydro*

Illustration 135 - Prévisions des volumes disponibles (Mm^3) du bassin en amont de la station de Saint-Hilaire-des-Loges pour différents scénario de répartition des prélèvements dans l'année.

6.2.1. Bilan

Sur ce bassin versant de l'Autise, la seule station de débit se situe à Saint-Hilaire-des-Loges. Les débits en étiage sont très faibles et les volumes disponibles pour un maintien de débit de 0,25 m^3/s sont de l'ordre de 1 million de m^3 en année médiane.

La superficie du bassin topographique au-dessus de la station est de 250 km^2. Transposé à la totalité du bassin versant de l'Autise, le volume disponible 1 année sur deux (année médiane) serait de l'ordre de 2 millions de m^3.

7. Bilan des analyses

7.1. BILAN DE L'ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES

L'Illustration 137 reprend sous forme de tableau les caractéristiques déduites de l'analyse des modélisations et des chroniques pour chaque piézomètre. Le tableau indique également les ouvrages pris en compte dans la phase de modélisation des débits et ceux pour lesquels des indicateurs de gestion sont proposés.

7.2. BILAN DE L'ANALYSE DES VOLUMES DISPONIBLES

Le volume total disponible représente le volume prélevable – à l'exception des prélèvements permanents existants (AEP ou industriels) – sur le bassin situé en amont de la station. Il est calculé selon le scénario de prélèvements 1 (Chapitre 2.6.3) afin de respecter un débit d'étiage minimal (QMNA5) et en fonction de la période de retour de la pluie.

L'illustration ci-dessous synthétise les résultats pour chaque station :

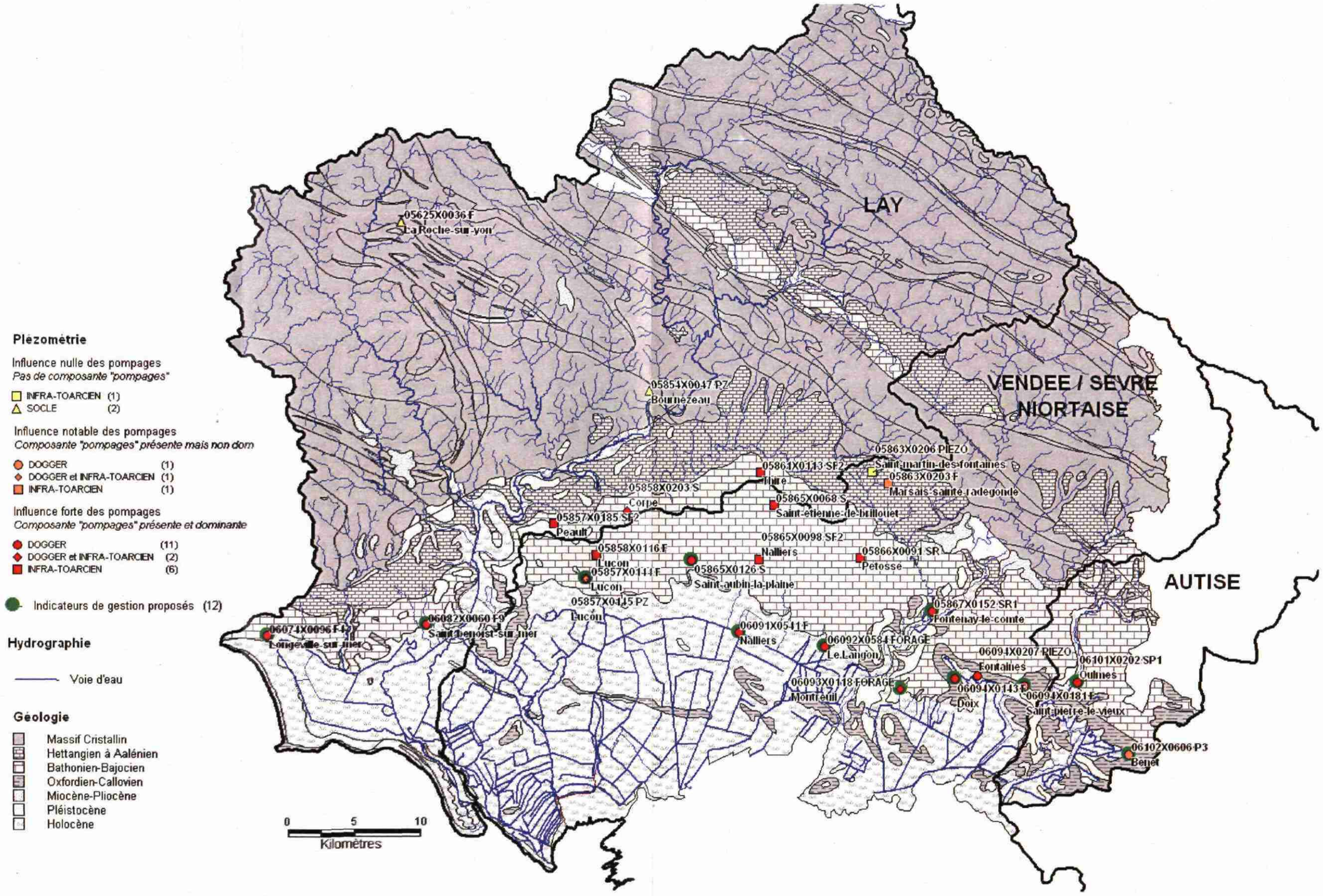
Bassin versant	Station	Numéro	Bassin amont (km²)	Débit réservé* (m3/s)	20 ans hum(5%)	10 ans hum(10%)	5 ans hum(20%)	Médiane (50%)	5 ans sec (80%)
Lay	Grand Lay à Saint-Prouant	*N3001610*	131	0.048	11.4	6.3	3.4	0.5	0.0
	Le Louing à Chantonnay	*N3024010*	120	0.09	5.9	4.2	3.0	0.0	0.0
	Le Lay à Mareuil	*N3301610*	913	1.5	57.4	12.1	10.2	4.6	0.0
	La Smagne à Sainte Pexine	*N3222010*	180	0.23	11.4	2.9	1.4	0.0	0.0
	Le Marillet à Saint Florent	*N3304120*	48	0.006	4.0	0.7	0.2	0.0	0.0
	L'Yon à Dompierre	*N3403010*	42	0.028	2.0	1.1	1.0	0.6	0.0
	L'Yon à Nesmy	*N3423020*	296	0.35	21.4	5.6	3.3	0.8	0.0
Vendée/Sèvre Niortaise	La Mère à Antigny	*N7114010*	59		-	-	-	-	-
	La Vendée à Foussais-Payré	*N7101810*	157		-	-	-	-	-
	La Vendée à Pissotte	*N7121810*	393	1.05	26.1	6.4	0.9	0.8	0.0
Autise	L'Autise à Saint-Hilaire-des-Loges	*N5101710*	250	0.25	20.5	4.8	1.0	1.0	0.0

* Débit pour lequel le modèle donne un volume disponible nul en 5 ans sec

Illustration 136 – Volumes disponibles en Mm^3 par rapport au QMNA5 en fonction de la période de retour de la pluie

SITUATION		DESIGNATION		CARACTERISTIQUES PRINCIPALES				ANALYSE DU MODELE TEMPO						ANALYSE DES CHRONIQUES					USAGE		INDICE	ZONE DE GESTION
Zone de gestion	Commune	Indice	Libellé	Aquifère suivi		Altitude (m NGF)	Profondeur (en m)	Ordre d'importance des composantes	R.I.° composante "Lente"		R.I.° composante "Rapide"		Composante "Pompages"	Niveau d'étiage en année sèche		Battement annuel "naturel" modélisé (ordre de grandeur en m)	Rabattement lié aux pompages saisonniers (ordre de grandeur en m)	Palier (m NGF)	en entrée d'un modèle de débit	Proposition d'indicateurs		
									Durée	Pic	Durée	Pic		Modélisé (5 ans sec - sans pompages)	Observé (niveau minimum)							
LAY	LA ROCHE-SUR-YON	05625X0036/F	forage des Ajoncs	SOCLE	Libre	89.91	70	Lente > Rapide	8 mois	2 mois	1 mois	10 jours	Non	80.4	79.73	10	0	-	-	*(Représentatif de l'aquifère Socle)*	05625X0036/F	LAY
	BOURNEZEAU	05854X0047/PZ	forage du Bois Sorin	SOCLE	Libre	55.5	16	Lente > Rapide	8 mois	2 mois	1 mois	20 jours	Non	42.4	41.95	10	0	-	-	-	05854X0047/PZ	
	THIRE	05861X0113/SF2	forage de la la Ville Morte	INFRA-TOARCIEN	Captif	51.93	53	Pompage > Lente	3 mois	1 mois	-	-	Oui	26.1	11.74	13	12	-	Lay à Mareuil (station N3301610)	-	05861X0113/SF2	
	PEAULT	*05857X0185/SF2*	*forage*	INFRA-TOARCIEN	Captif	*27.36*	*71*	Pompage > Lente	3 mois	1 mois	-	-	Oui	0.4	**-9.50**	10	6	-	-	-	*05857X0185/SF2*	
	CORPE	05858X0203/S	forage de la Chaume	DOGGER et INFRA-TOARCIEN	Captif	26.95	70	Lente = Rapide = Pompages	3 mois	20 jours	20 jours	10 jours	Oui	9.8	**-6.06**	12	8	-	Smagne à Sainte Pexine (station N3222010)	-	05858X0203/S	
	LONGEVILLE-SUR-MER	06074X0096/F4	forage de l'Aurière	DOGGER	Libre	4.26	38	Pompage > Lente > Rapide	4 mois	2 mois	20 jours	10 jours	Oui	0.6	**-1.52**	1.5	2	1.70	-	Oui	06074X0096/F4	
	SAINT-BENOIST-SUR-MER	06082X0060/F9	forage des Caillettes	DOGGER	Semi-captif	3.44	33	Pompage > Lente	1 mois	10 jours	-	-	Oui	2.4	1.06	0.3	0.5	2.50	-	Oui	06082X0060/F9	
VENDEE/SEVRE NIORTAISE	SAINT-ETIENNE-DE-BRILLOUET	05865X0068/S	forage du Petit Magnil	INFRA-TOARCIEN	Captif	39.8	72.2	Pompage > Lente = Rapide	6 mois	4 mois	1 mois	20 jours	Oui	20.0	4.49	10	10	-	-	-	05865X0068/S	VENDEE/SEVRE NIORTAISE
	NALLIERS	05865X0098/SF2	forage du Gd Crochet	INFRA-TOARCIEN	Captif	26.01	89	Pompage > Lente > Rapide	4 mois	1 mois	20 jours	10 jours	Oui	2.5	**-11.80**	7	7	-	-	-	05865X0098/SF2	
	LUCON	05858X0116/F	forage	INFRA-TOARCIEN	Captif	33	95	Pompage = Lente > Rapide	3 mois	20 jours	1 mois	10 jours	Oui	1.0	**-4.17**	4	3	-	-	-	05858X0116/F	
	SAINT-MARTIN-DES-FONTAINES	05863X0206/PIEZO	forage des vergnères	INFRA-TOARCIEN	Captif	67.65	33	Lente > Rapide	12 mois	2 mois	20 jours	10 jours	Non	52.2	52.30	3	0	-	-	-	05863X0206/PIEZO	
	MARSAIS-SAINTE-RADEGONDE	05863X0203/F	forage	INFRA-TOARCIEN	Captif	41.5	25	Lente > Pompage	6 mois	20 jours	-	-	Oui	40.9	39.56	0.3	0.2	-	-	-	05863X0203/F	
	PETOSSE	05866X0091/SR	forage du bourg	INFRA-TOARCIEN	Captif	48	76.9	Pompage > Lente = Rapide	5 mois	3 mois	1 mois	10 jours	Oui	7.0	**-6.20**	20	10	-	-	-	05866X0091/SR	
	SAINT-AUBIN-LA-PLAINE	05865X0126/S	forage du Tous Vents	DOGGER	Semi-captif	10.22	46	Pompage > Lente = Rapide	5 mois	2 mois	1 mois	10 jours	Oui	1.7	**-2.95**	2,5	2	2.30	-	Oui	05865X0126/S	
	NALLIERS	06091X0541/F	forage de la Bonde coteau	DOGGER	Captif	3.5	50	Pompage > Lente > Rapide	6 mois	2,5 mois	20 jours	10 jours	Oui	1.2	**-1.53**	0.5	1.2	1.5	-	Oui	06091X0541/F	
	LUCON	05857X0144/F	forage	DOGGER et INFRA-TOARCIEN	Captif	7.42	98	Lente > Pompage	4 mois	20 jours	-	-	Oui	2.0	**-1.00**	2	2	2.5	-	-	05857X0144/F	
	LUCON	05857X0145/PZ	forage	DOGGER	Libre	7.57	0	Pompage = Lente > Rapide	5 mois	1 mois	20 jours	10 jours	Oui	1.8	**-1.84**	2	2	2	-	Oui	05857X0145/PZ	
	LE LANGON	06092X0584/FORAGE	forage du Breuil	DOGGER	Semi-captif	4.35	15	Pompage > Lente	3 mois	20 jours	-	-	Oui	1.8	**-1.25**	0.5	2	2	-	Oui	06092X0584/FORAGE	
	FONTENAY-LE-COMTE	05867X0152/SR1		DOGGER	Semi-captif	4.71	25	Pompage > Lente > Rapide	5 mois	20 jours	1 mois	10 jours	Oui	2.4	**-1.40**	1.5	2	3	Vendée à Pissotte (station N7121810)	Oui	05867X0152/SR1	
	MONTREUIL	06093X0118/FORAGE	forage de Chottard	DOGGER et INFRA-TOARCIEN	Captif	3.99	93	Pompage > Lente	70 jours	10 jours	-	-	Oui	1.2	**-1.44**	0.5	1	1.4	-	Oui	06093X0118/FORAGE	
	DOIX	06094X0143/F	forage de Billaude	DOGGER	Semi-captif	4.78	70	Pompage > Lente > Rapide	2 mois	10 jours	20 jours	10 jours	Oui	1.5	**-2.09**	1	1	2	-	Oui	06094X0143/F	
	FONTAINES	06094X0207/PIEZO	forage	DOGGER	Semi-Captif	4	46	Pompage > Lente	40 jours	10 jours	-	-	Oui	-	-	*Chronique trop incomplète*		-	-	-	06094X0207/PIEZO	
	SAINT-PIERRE-LE-VIEUX	06094X0181/F	forage de Chalais	DOGGER	Semi-captif	3	36	Pompage > Lente > Rapide	4 mois	40 jours	20 jours	10 jours	Oui	1.9	**-2.50**	1	2	2.5	-	Oui	06094X0181/F	
AUTISE	OULMES	06101X0202/SP1	forage du Grand Nati	DOGGER	Libre	10.2	41	Pompage > Lente > Rapide	130 jours	40 jours	20 jours	10 jours	Oui	4.2	**-0.90**	2	2	5	-	Oui	06101X0202/SP1	AUTISE
	BENET	*06102X0606/P3*	*forage d'Aziré*	*DOGGER*	*Libre*	*4.5*	*25*	Lente > Pompage	2 mois	15 jours	-	-	Oui	2.4	0.09	1	1	2.4	Autise à St Hilaire des Loges (station N5101710)	Oui	*06102X0606/P3*	

Illustration 137 - Analyse des chroniques piézométriques, Tableau récapitulatif



Plézométrie

Influence nulle des pompages
Pas de composante "pompages"

- INFRA-TOARCIEN (1)
- SOCLE (2)

Influence notable des pompages
Composante "pompages" présente mais non dom

- DOGGER (1)
- DOGGER et INFRA-TOARCIEN (1)
- INFRA-TOARCIEN (1)

Influence forte des pompages
Composante "pompages" présente et dominante

- DOGGER (11)
- DOGGER et INFRA-TOARCIEN (2)
- INFRA-TOARCIEN (6)

Indicateurs de gestion proposés (12)

Hydrographie

Voie d'eau

Géologie

- Massif Cristallin
- Hettangien à Aalénien
- Bathonien-Bajocien
- Oxfordien-Callovien
- Miocène-Pliocène
- Pléistocène
- Holocène

Illustration 138 - Analyse des chroniques piézomètriques, Carte de synthèse

8. Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence les critères applicables aux différents bassins pour l'identification d'indicateurs de gestion pour les eaux souterraines et pour l'évaluation des volumes disponibles.

L'analyse des chroniques piézométriques met en évidence le comportement de chaque aquifère :

- l'aquifère de socle - suivi sur le bassin du Lay - se caractérise par un comportement de nappe libre. La modélisation révèle également la structure liée à la fissuration et à l'altération relativement superficielle. La densité du chevelu hydrographique met en évidence la prépondérance du ruissellement par rapport à l'infiltration vers la nappe.

- les suivis piézométriques de l'aquifère Infra-Toarcien dans sa partie captive révèlent un comportement de nappe captive dans le bassin du Lay (mise en charge immédiate par transfert de pression, faible inertie). Dans le bassin Vendée / Sèvre Niortaise, le comportement de l'aquifère dans sa partie captive est différent puisqu'il indique des interactions fortes avec le Dogger sus-jacent, en particulier à travers le réseau de fractures.

- l'aquifère du Dogger présent à l'affleurement tout autour du marais se caractérise par un comportement de nappe libre (mise en charge différée). En périphérie du marais, tous les suivis piézométriques mettent en évidence une interconnexion importante de la nappe avec le réseau superficiel.

L'analyse des chroniques piézométrique permet également d'évaluer l'importance de l'impact de prélèvements saisonniers. Tous les suivis piézométriques des nappes de l'Infra-Toarcien et du Dogger révèlent un impact très important des pompages en période estivale. L'impact est en général plus fort dans la nappe captive de l'Infra-Toarcien. En bordure du marais, cet impact ce traduit par une très forte chute du niveau piézométrique de la nappe du Dogger aux environs de la mi-juin avec une déconnexion de la nappe et du réseau superficiel.

Les indicateurs de gestion ont été proposés pour tous les ouvrages situés en périphérie du marais. Ces éléments sont basés sur les graphiques qui superposent les courbes issues du modèle utilisé en prévision (5 ans sec) et la chronique observée.

L'analyse des chroniques de débit a permis de caractériser en partie la contribution des eaux souterraines. Pour caractériser la contribution des nappes, la modélisation des chroniques de débit intègre en principe en entré une(des) chronique(s) piézométrique(s) représentative(s) de la (des) nappe(s). Utilisé en prévision, le modèle permet de simuler des débits correspondant à différentes périodes de retour.

Sur cette base, une fonction de transfert étant normalement établie entre la chronique de débit et une chronique piézométrique, le volume disponible pour les prélèvements saisonniers sur le bassin en amont de la station considérée peut être établi. Ce volume est établi pour différentes périodes de retour de la pluie de manière à assurer un débit minimal fixé. Dans le cadre de cette

étude, pour les stations de débit dont la modélisation intègre une chronique piézométrique en entrée (fonction de transfert établie entre le niveau piézométrique et le débit), plusieurs estimations de volumes ont été faites selon différentes hypothèses de débit minimal et selon différents scénario de répartition des prélèvements dans l'année

Toutefois, cette approche n'a été possible que pour quelques stations. En effet, la majorité des stations de mesure sont situées dans la partie amont des bassins versant. Pour ces stations, dont la modélisation n'intègre pas de chronique piézométrique en entrée, l'approche des volumes prélevables pour le maintient d'un débit d'objectif est critiquable et les résultats sont donc à considérer comme des ordres de grandeurs. En respect du cadre de l'étude fixé, la démarche a été menée jusqu'au bout pour chaque station mais l'approche des volumes prélevables faite par le biais de l'outil TEMPO sur les stations de débit où aucune fonction de transfert entre les chroniques piézométriques et hydrométriques n'a pu être établie donne des résultats qui ne peuvent en toute rigueur pas être utilisés tels quels dans le cadre d'une politique de gestion des eaux souterraines.

Ainsi, en l'absence de données de débit et d'objectifs de débits plus en aval, il est difficile de déterminer les volumes disponibles sur l'ensemble des bassins. Toutefois des estimations ont été réalisées afin d'établir un ordre de grandeur des volumes disponibles pour chaque bassin.

Cette approche permet donc d'établir des indicateurs de gestion.

Afin de mettre en place un politique de gestion globale à l'échelle du Marais Poitevin, une étude plus approfondie permettant d'établir le fonctionnement du Marais Poitevin dans sa globalité (modélisation maillée) et de simuler différents scénarios de gestion pour en évaluer leurs impacts respectifs. Cette approche serait à coupler avec une analyse socio-économique tenant compte des différents usages. Ainsi, différents scénarios réalisables seraient établis et leurs conséquences estimées sur les plans de la gestion de l'eau pour les différents usages, environnemental et économique.

9. Bibliographie

9.1. ARTICLES SCIENTIFIQUES

Pinault, J.-L., N. Amraoui, and C. Golaz (2005), Groundwater-induced flooding in macropore-dominated hydrological system in the context of climate changes, Water Resour. Res., 41, W05001, doi:10.1029/2004WR003169

Pinault, J.-L., N. Doerfliger, B. Ladouche, and M. Bakalowicz (2004), Characterizing a coastal karst aquifer using an inverse modeling approach: The saline springs of Thau, southern France, Water Resour. Res., 40, W08501, doi:10.1029/2003WR002553.

Pinault J-L, Pauwels H. and Cann Ch., Inverse modeling of the hydrological and the hydrochemical behavior of hydrosystems: Application to nitrate transport and denitrification, Water Res. Research, 37 (8), pp 2179-2190, 2001.

Pinault J-L, Plagnes V, Aquilina L. and Bakalowicz M., Inverse modeling of the hydrological and the hydrochemical behavior of hydrosystems: Characterization of karst system functioning, Water Res. Research, 37 (8), pp 2191-2204, 2001.

Lachassagne P, Pinault J-L, Laporte P, Radon 222 emanometry: a relevant methodology for water well siting in hard rock aquifers, Water Res. Research, 37 (12), pp 3131-3148, 2001.

Pinault J-L, Baubron J-C, Signal processing of diurnal and semidiurnal variations in radon and atmospheric pressure: A new tool for accurate in situ measurement of soil gas velocity, pressure gradient, and tortuosity, Journal of Geophysical Research, Vol. 102, N° B8, pp 18,101-18,120, 1997

Pinault J-L, Baubron J-C, Signal processing of soil gas radon, atmospheric pressure, moisture and soil temperature data: A new approach for radon concentration modelling, Journal of Geophysical Research, Vol. 101, N° B2, pp 3157-3171, 1996

9.2. RAPPORTS

Normand M., Pinault J.L., Seguin J.J., Vernoux J.F. (2005) – Assistance au plan sécheresse en Ile de France. Analyse critique des données piézométriques et prévision de niveaux non influencés. Rapport BRGM/RP-54221-FR.

Mondain P.-H. (1995) – Plaine et Marais du Sud Vendée et de l'Ouest des Deux-Sèvres – Rapport CALLIGEE

Bresson G. (1975) – Etude hydrogéologique des nappes jurassiques du Sud de la Vendée, Zone Ouest (1ère phase) – Rapport Brgm 75 SGN 121 BPL.

Bresson G. (1977) – Etude hydrogéologique des nappes jurassiques du Sud de la Vendée, Zone Est (1ère phase) – Rapport Brgm 77 SGN 124 BPL.

Roy C. (1984) – Etude hydrogéologique dans la région de Nieul-sur-l'Autise, Rapport de synthèse – Départementale de l'Agriculture, Département de la Vendée.

Bresson G. (1978) – Prjet d'alimentation du plan d'eau de la ville d eLuçon, Possibilité du maitien des niveaux d'eau dans les canaux du Marais, Programme d'étude et de travaux – Direction Départementale de l'Agriculture, Département de la Vendée.

Bresson G. (1978) - Syndicat du marais de Vix, Maillé, Maillezais et Doix, Projet de réalimentation des Maraix déssechés, Programme d'étude et de travaux - Direction Départementale de l'Agriculture, Département de la Vendée.

Bresson G. (1975) – Le marais poitevin en Vendée, Géologie & Hydrogéologie, Programmes d'études - Direction Départementale de l'Agriculture, Département de la Vendée.

Bresson G. (1977) – Ville de Luçon – Programme d'étude hydrogéologique – Direction de l'Equipement, Direction Départementale de l'Agriculture, Département de la Vendée.

Roy C. (1988) – Compte rendu des travaux de forages et de pompages (étiage 1987) – Association syndicale autorisée d'irrigation collective de Nieul-sur-l'Autise, Direction Départementale de l'Agriculture, Département de la Vendée

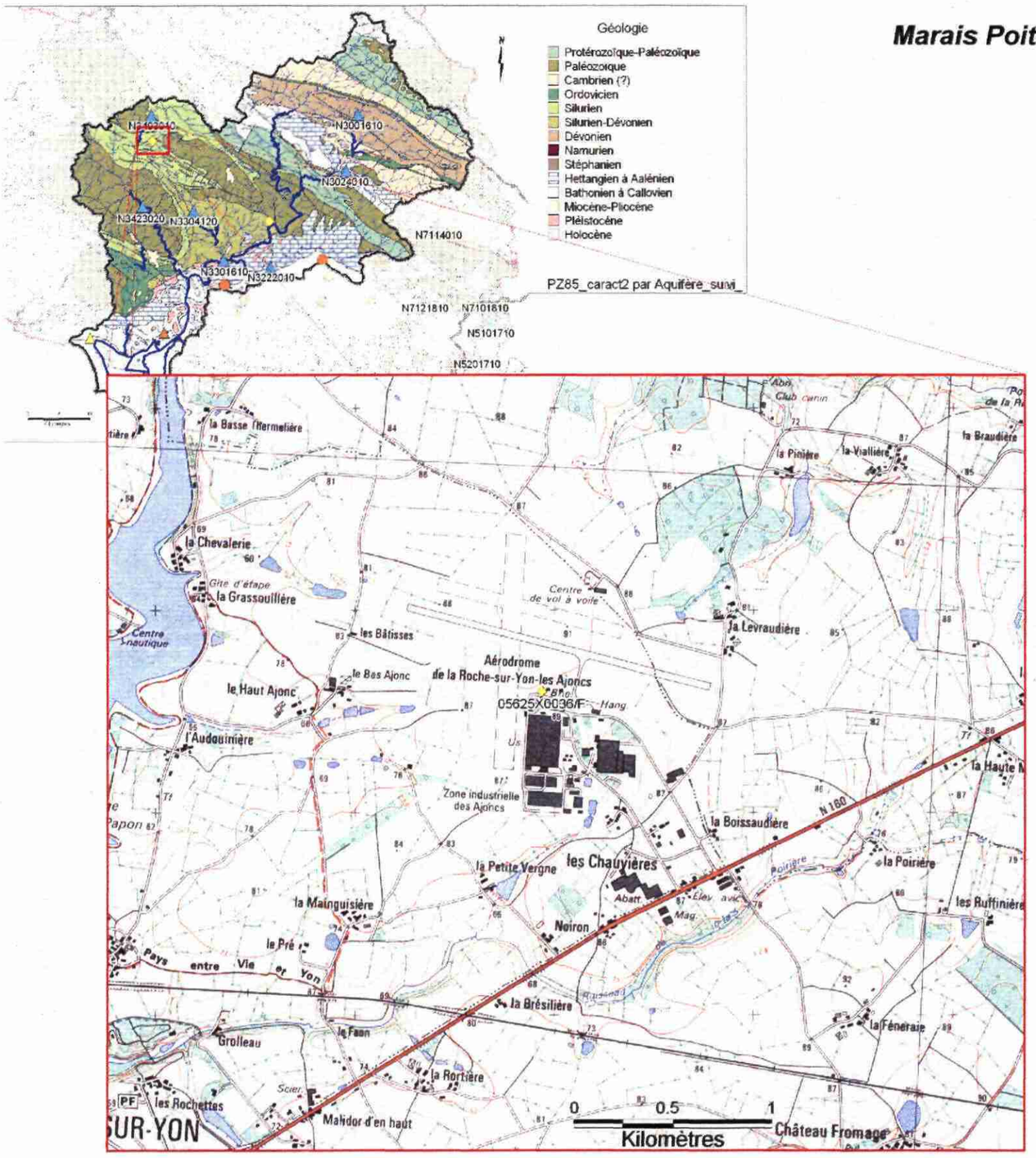
Roy C. (1987) – Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine jurassique du Sud de la Vendée – Thèse de Doctorat, Université de Nantes.

Depagne J. (1974) – Hydrogéologie de la région Pays de la Loire – Rapport Brgm 74 SGN 417 BPL.

Annexe 1

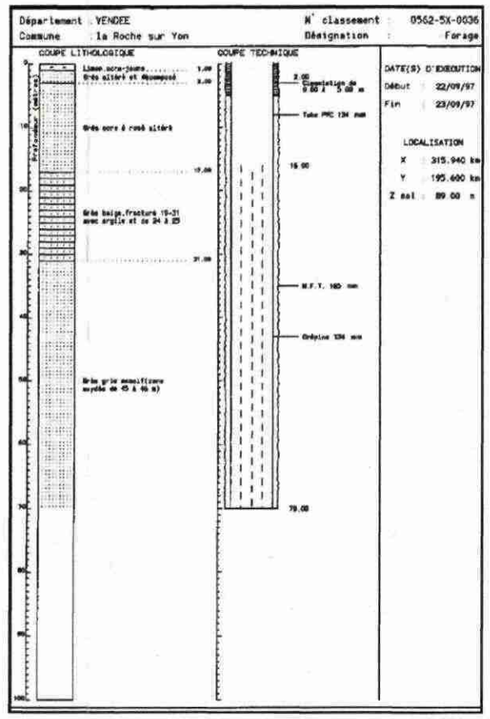
Bassin du Lay
Fiches des piézomètres

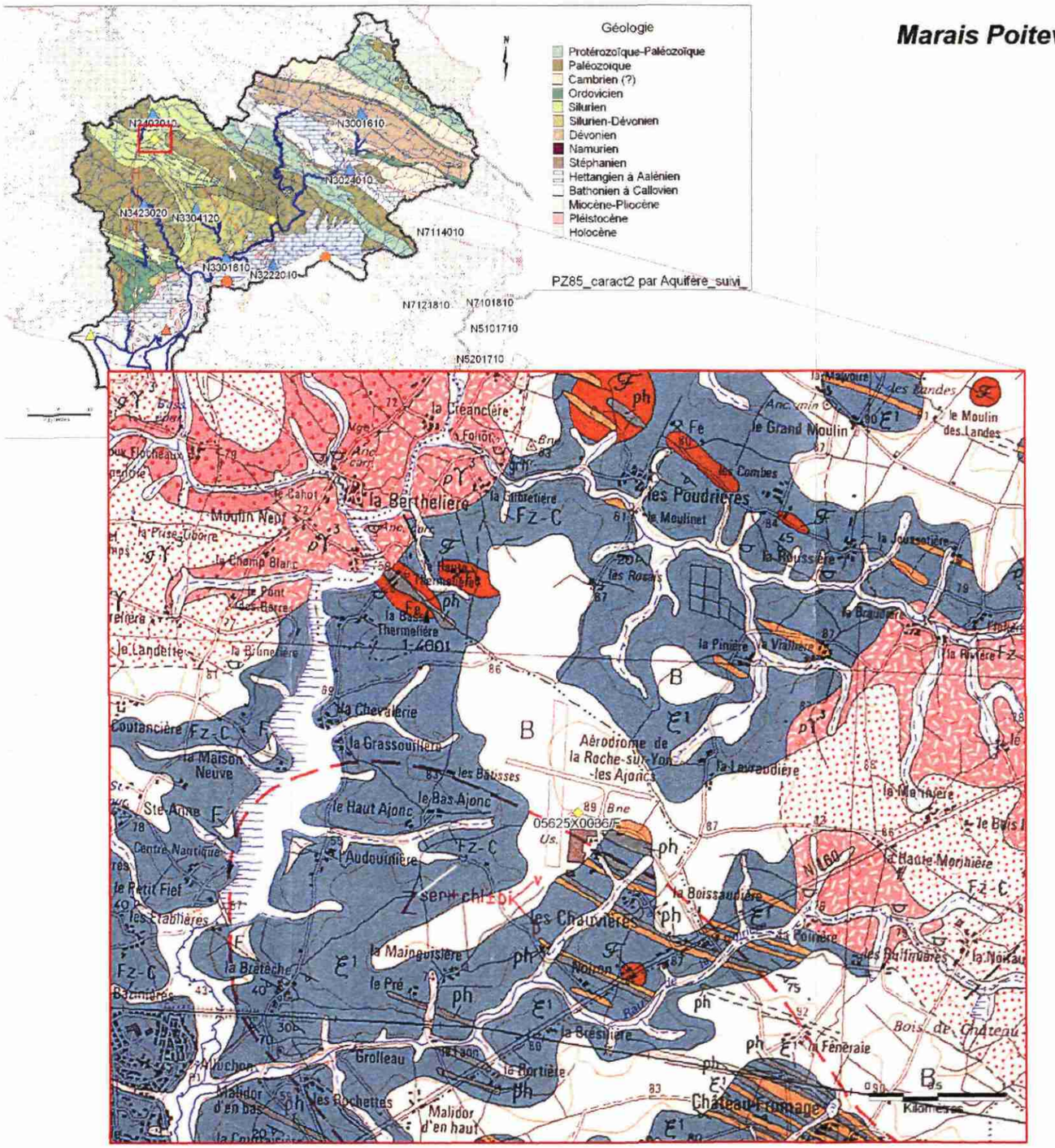
Marais Poitevin : Bassin versant du Lay (et ses affluents)
Fiche piézométrique



Caractéristiques	Point_1	Point_2
Indice BSS	05625X0006/SC	05625X0036/F
Secteur	le Lay	le Lay
Code secteur	N3	N3
Commune	La Roche-sur-Yon	La Roche-sur-Yon
Libellé	Forage des Ajoncs	Forage des Ajoncs
Altitude (m NGF)	87	89,91
Aquifère suivi	Socle	Socle
Etat aquifère	Libre	Libre
XL2	316250	315940
YL2	2195370	2195600
Profondeur (m)	223.66	70
Niveau min	-	-
Niveau max	-	-
Log	non	oui
Mise en service (O-F)	01/01/1998 - 16/06/1999	23/11/1993 -
Distance point d'eau (m)	220	584
Altitude point d'eau (m NGF)	82	82

Non disponible

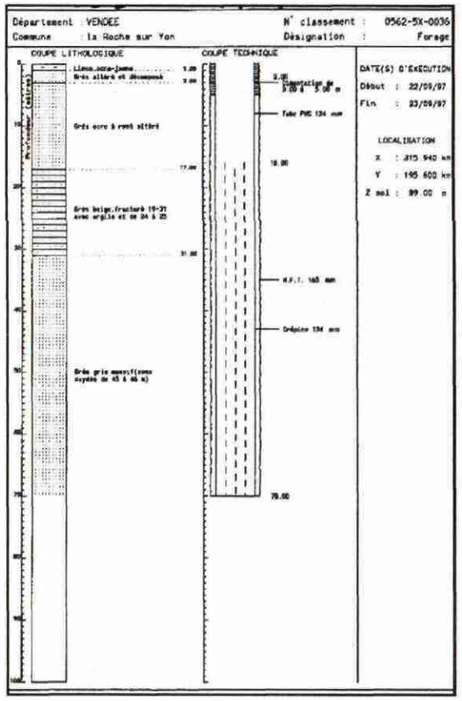




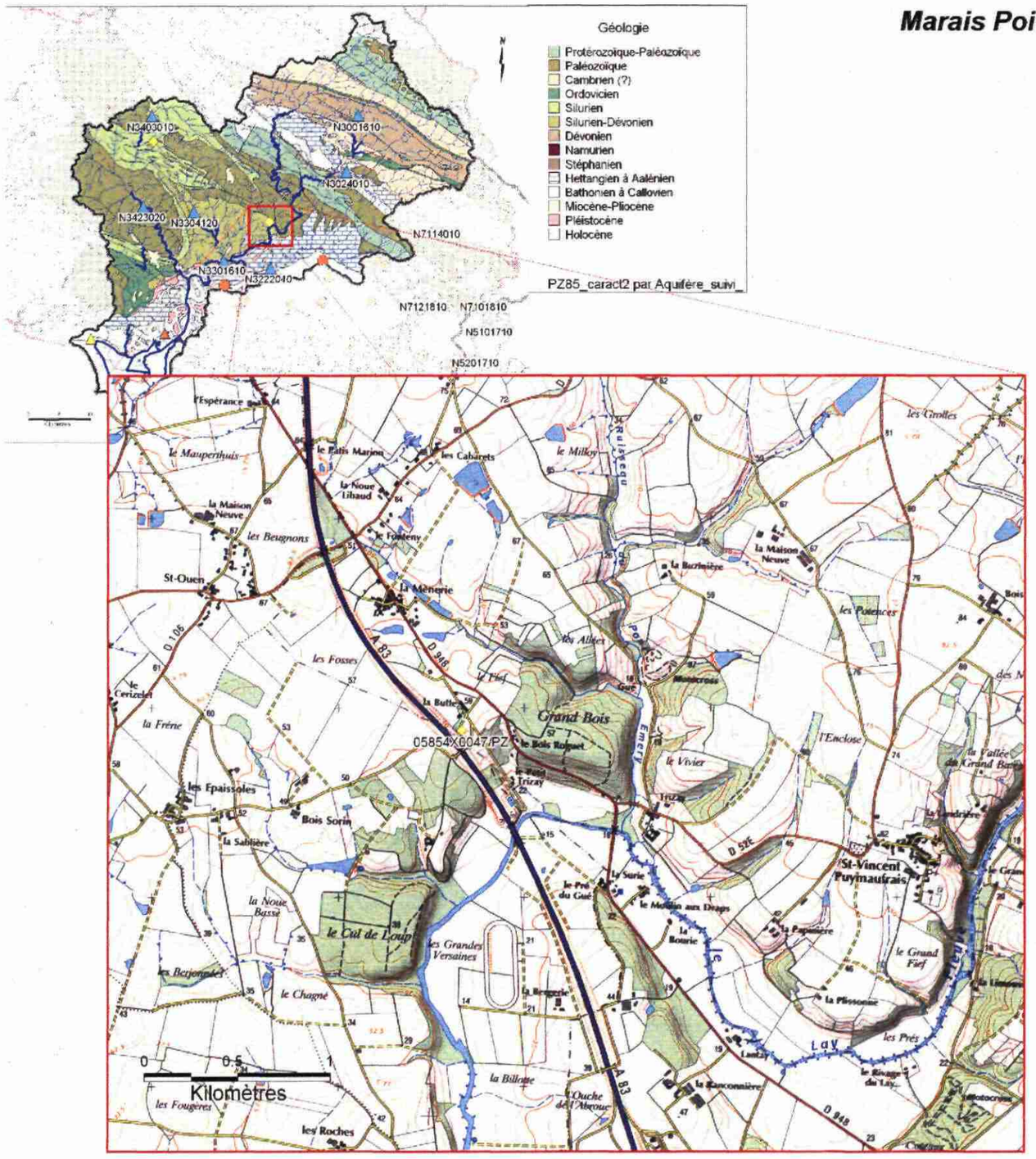
Marais Poitevin : Bassin versant du Lay (et ses affluents)
Fiche piézométrique

Caractéristiques	Point_1	Point_2
Indice BSS	05625X0006/SC	05625X0036/F
Secteur	le Lay	le Lay
Code secteur	N3	N3
Commune	La Roche-sur-Yon	La Roche-sur-Yon
Libellé	Forage des Ajoncs	Forage des Ajoncs
Altitude (m NGF)	87	89.91
Aquifère suivi	Socle	Socle
Etat aquifère	Libre	Libre
XL2	316250	315940
YL2	2195370	2195600
Profondeur (m)	223.66	70
Niveau min	-	-
Niveau max	-	-
Log	non	oui
Mise en service (O-F)	01/01/1998 - 16/06/1999	23/11/1993 -
Distance point d'eau (m)	220	584
Altitude point d'eau (m NGF)	82	82

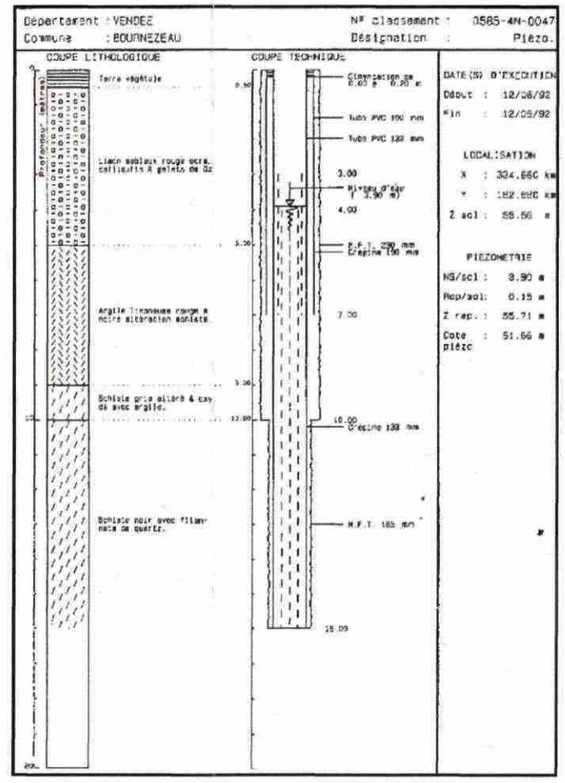
Non disponible



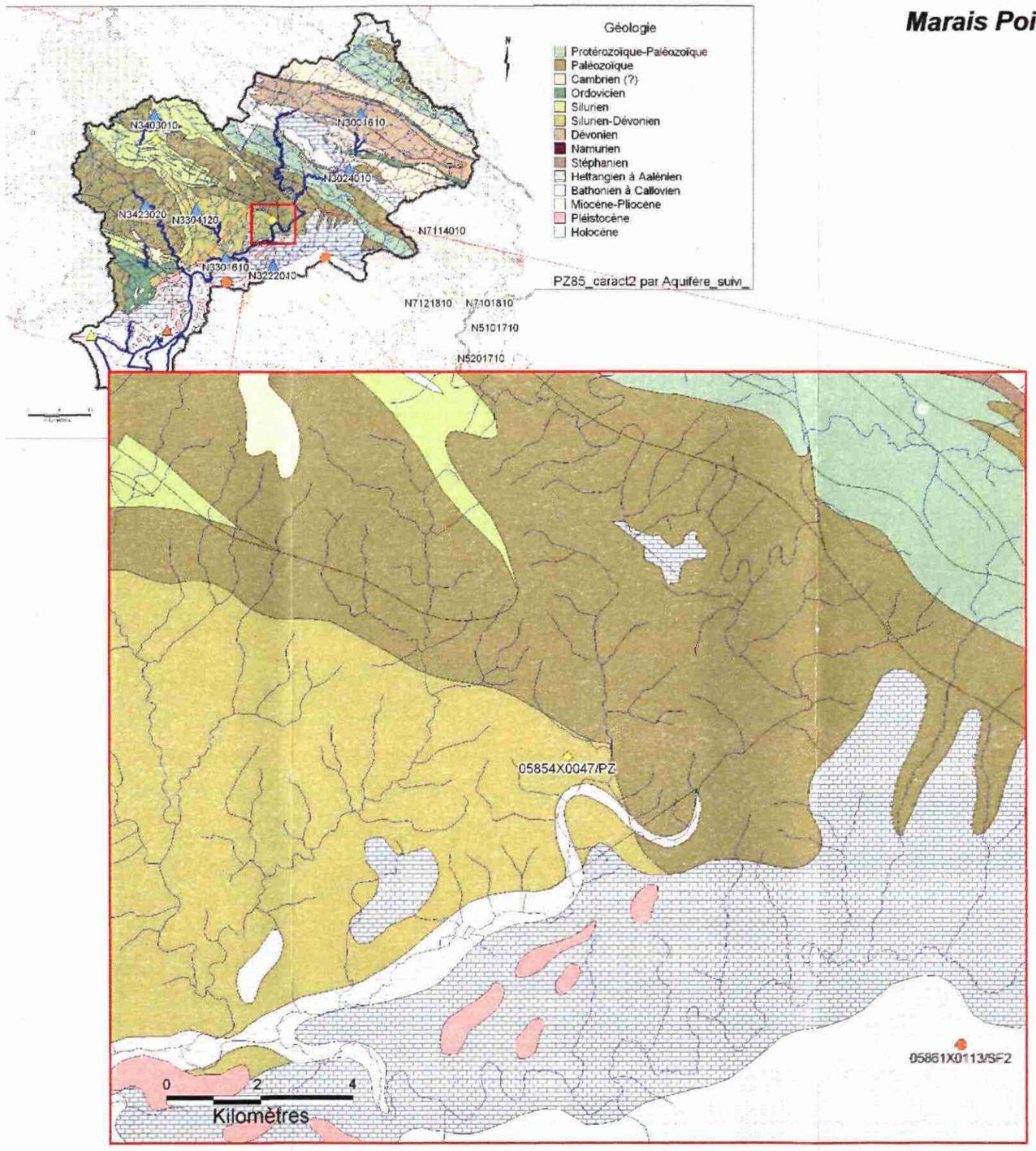
Marais Poitevin: Bassin versant du Lay (et ses affluents)
Fiche piézométrique



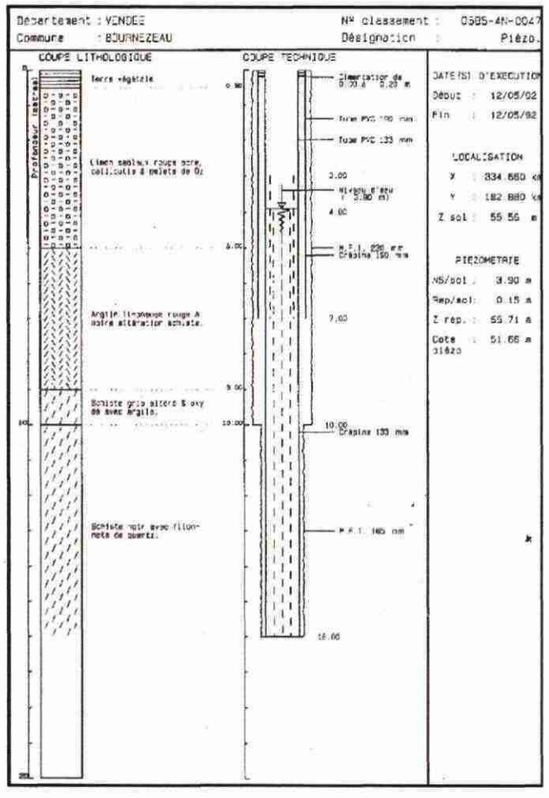
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05854X0047/PZ
Secteur	le Lay
Code secteur	N3
Commune	Bournezeau
Libellé	Forage du Bois Sorin
Altitude (m NGF)	55.5
Aquifère suivi	Socle
Etat aquifère	Libre
XL2	334660
YL2	2182880
Profondeur (m)	16
Niveau min	-
Niveau max	-
Log	oui
Mise en service (O-F)	15/06/1992 -
Distance point d'eau (m)	424
Altitude point d'eau (m NGF)	22

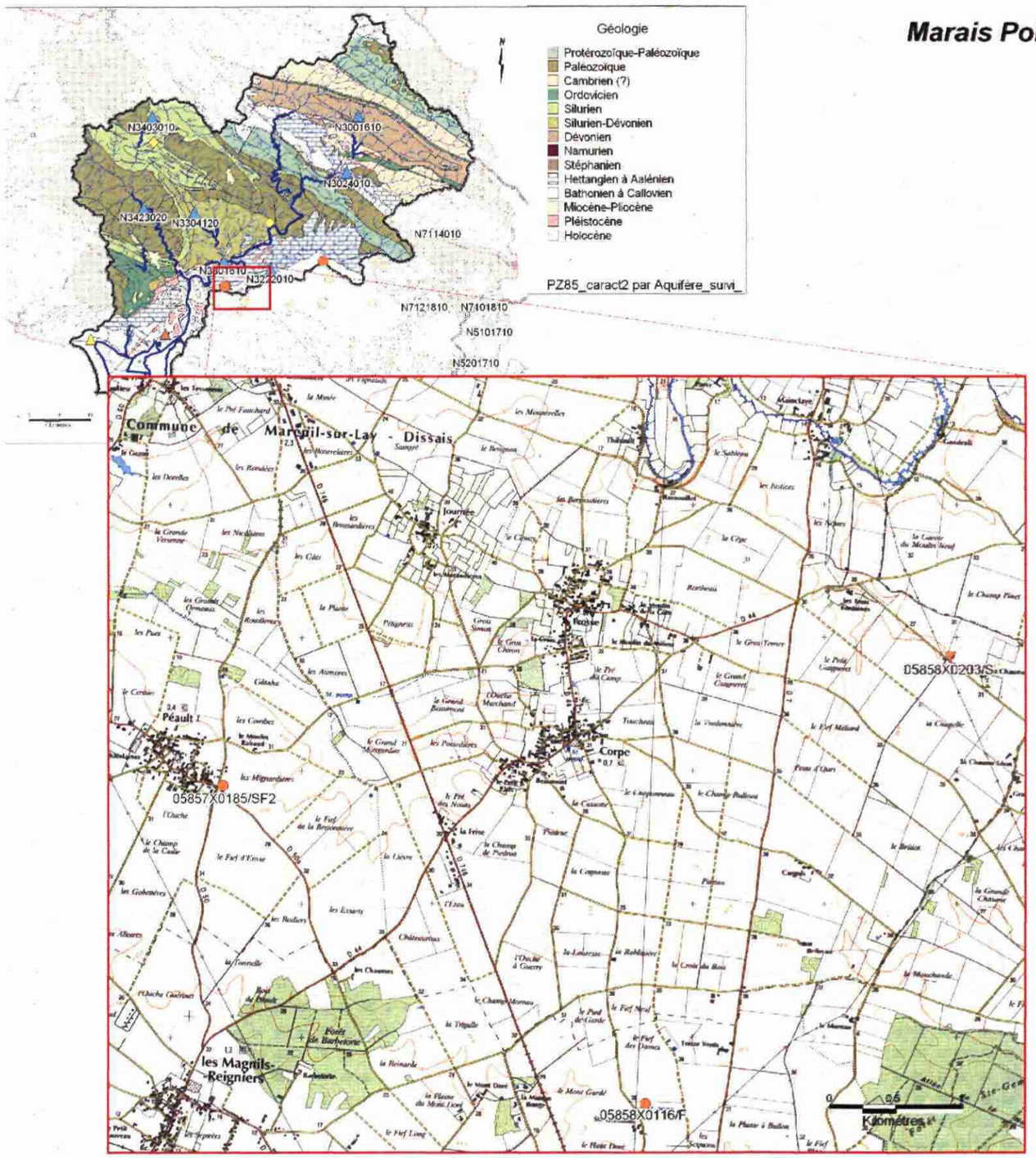


Marais Poitevin: Bassin versant du Lay (et ses affluents)
Fiche piézométrique



Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05854X0047/PZ
Secteur	le Lay
Code secteur	N3
Commune	Bournezeau
Libellé	Forage du Bois Sorin
Altitude (m NGF)	55.5
Aquifère suivi	Socle
Etat aquifère	Libre
XL2	334660
YL2	2182880
Profondeur (m)	16
Niveau min	-
Niveau max	-
Log	oui
Mise en service (O-F)	15/05/1992 -
Distance point d'eau (m)	424
Altitude point d'eau (m NGF)	22

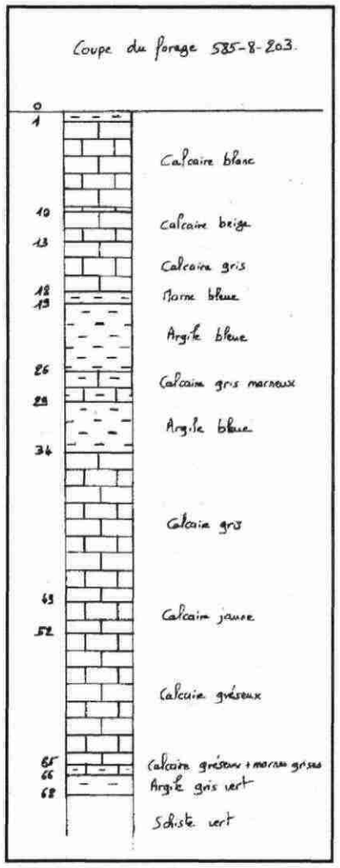




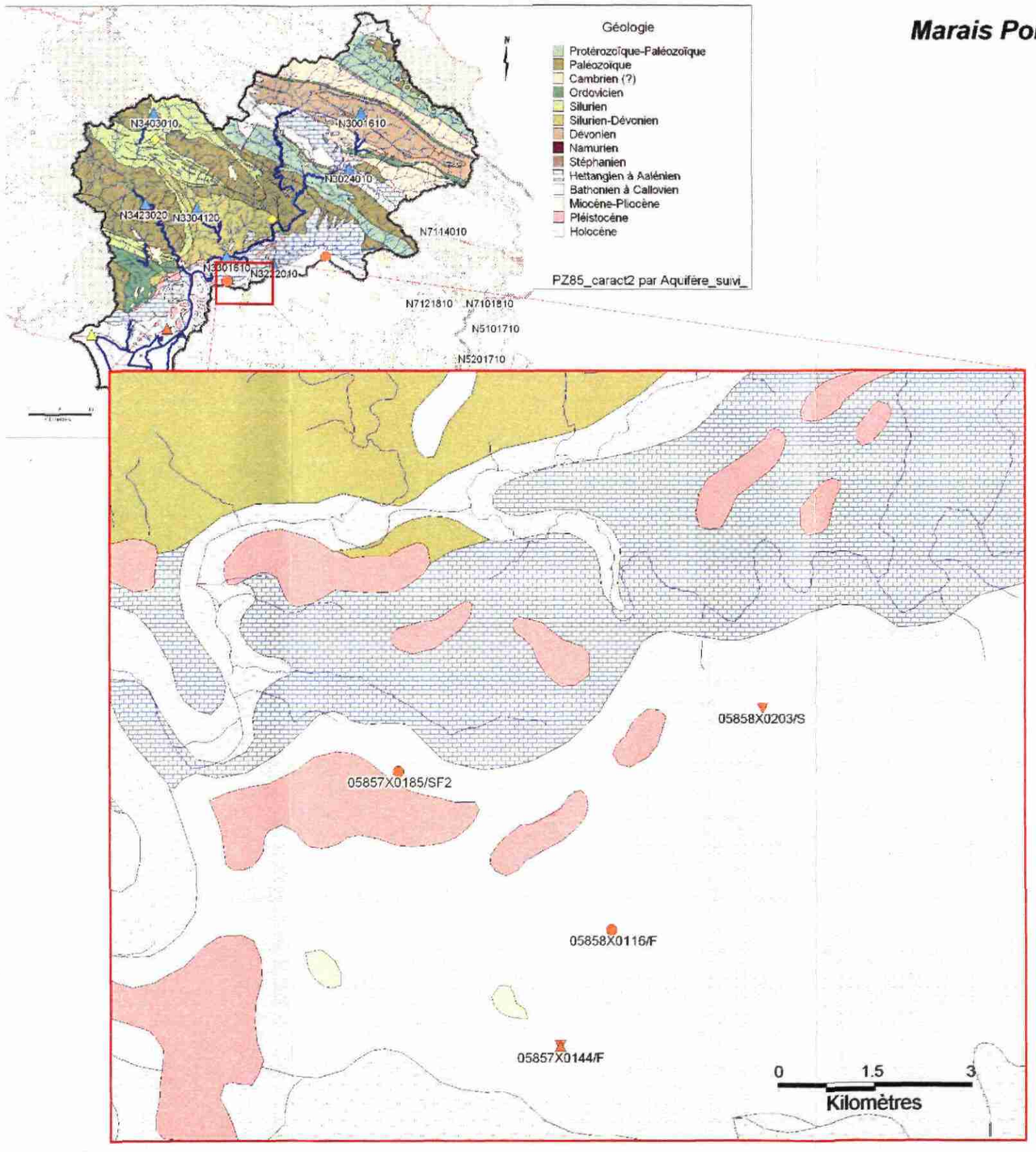
Marais Poitevin: Bassin versant du Lay (et ses affluents)
Fiche piézométrique

Caractéristiques	Point_1	Point_2
Indice BSS	05857X0185/SF2	05858X0203/S
Secteur	le Lay	le Lay
Code secteur	N3	N3
Commune	Peault	Corpe
Libellé	Forage	Forage de la Chaume
Altitude (m NGF)	27.36	26.95
Aquifère suivi	Lias inf	Dogger + Lias inf
Etat aquifère	Captif	Captif
XL2	327400	332950
YL2	2172890	2173850
Profondeur (m)	71	70
Niveau min	-9.51	3.5
Niveau max	15.81	19.32
Log	non	oui
Mise en service (O-F)	10/10/1986 - 10/03/2002	05/01/1993 -
Distance point d'eau (m)	884	967
Altitude point d'eau (m NGF)	27	22

Non disponible

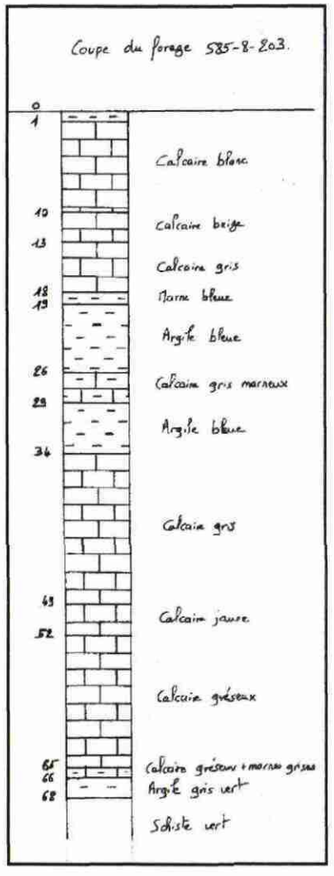


Marais Poitevin: Bassin versant du Lay (et ses affluents)
Fiche piézométrique

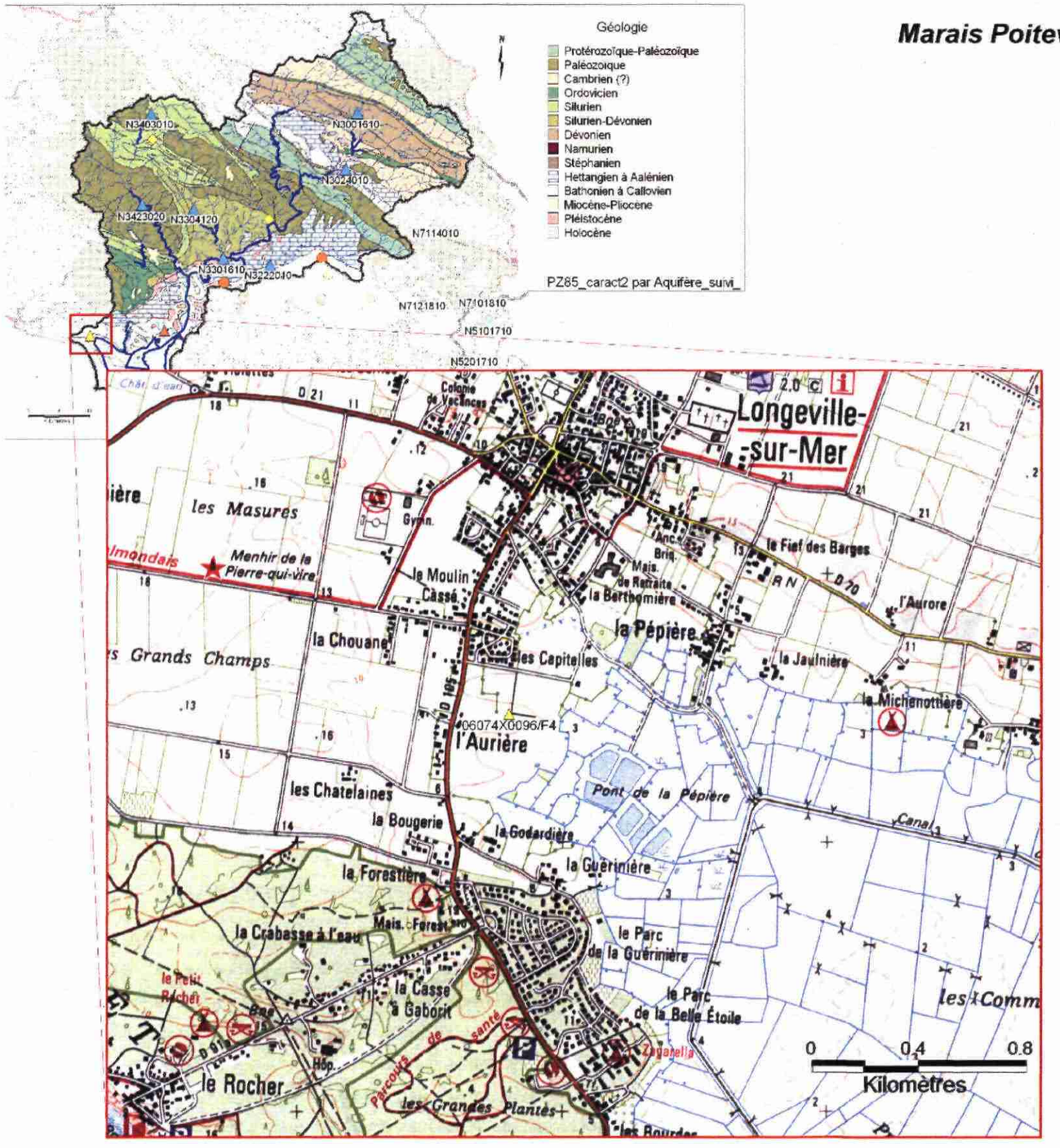


Caractéristiques	Point_1	Point_2
Indice BSS	05857X0185/SF2	05858X0203/S
Secteur	le Lay	le Lay
Code secteur	N3	N3
Commune	Peault	Corpe
Libellé	Forage	Forage de la Chaume
Altitude (m NGF)	27.36	26.95
Aquifère suivi	Lias inf	Dogger + Lias inf
Etat aquifère	Captif	Captif
XL2	327400	332950
YL2	2172890	2173850
Profondeur (m)	71	70
Niveau min	-9.51	3.5
Niveau max	15.81	19.32
Log	non	oui
Mise en service (O-F)	10/10/1986 - 10/03/2002	05/01/1993 -
Distance point d'eau (m)	884	987
Altitude point d'eau (m NGF)	27	22

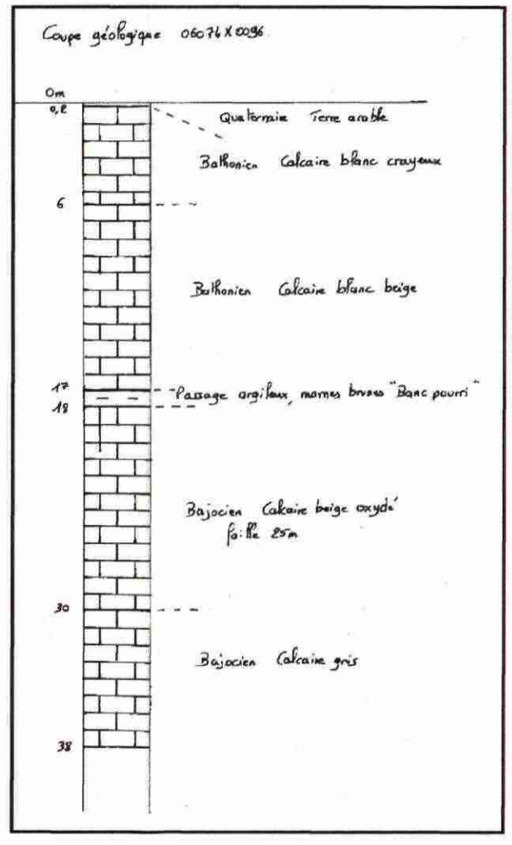
Non disponible



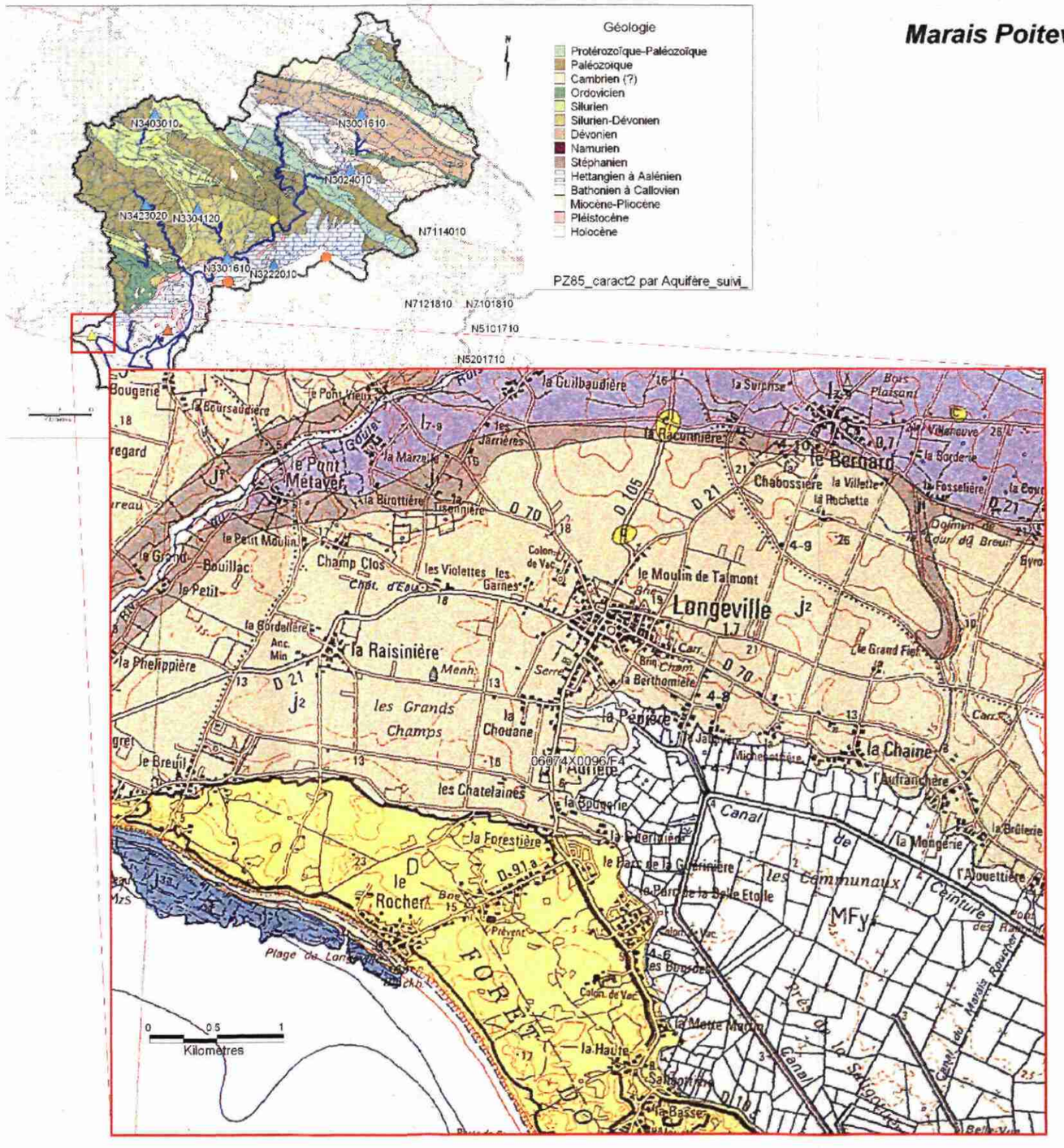
Marais Poitevin : Bassin versant du Lay (et ses affluents)
Fiche piézométrique



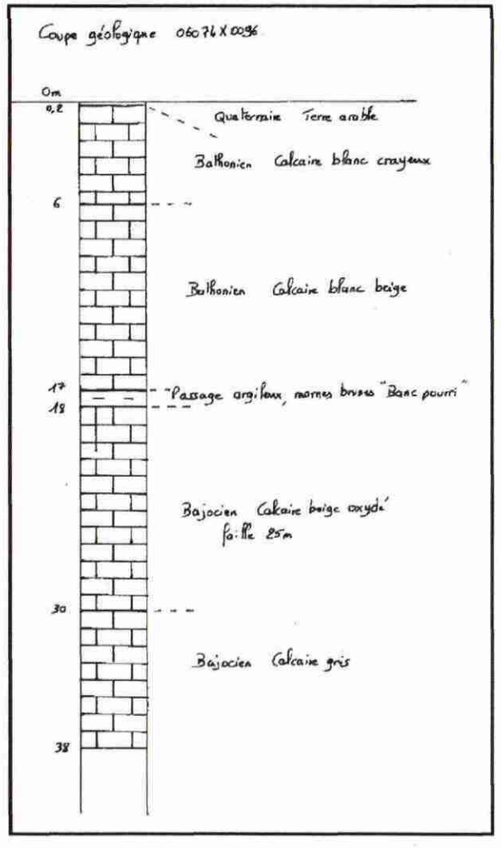
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06074X0096/F4
Secteur	le Lay
Code secteur	N3
Commune	Longeville-sur-Mer
Libellé	Forage de l'Aurière
Altitude (m NGF)	4.26
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Libre
XL2	305800
YL2	2164480
Profondeur (m)	38
Niveau min	-0.91
Niveau max	2.74
Log	oui
Mise en service (O-F)	05/09/1990 -
Distance point d'eau (m)	190
Altitude point d'eau (m NGF)	3



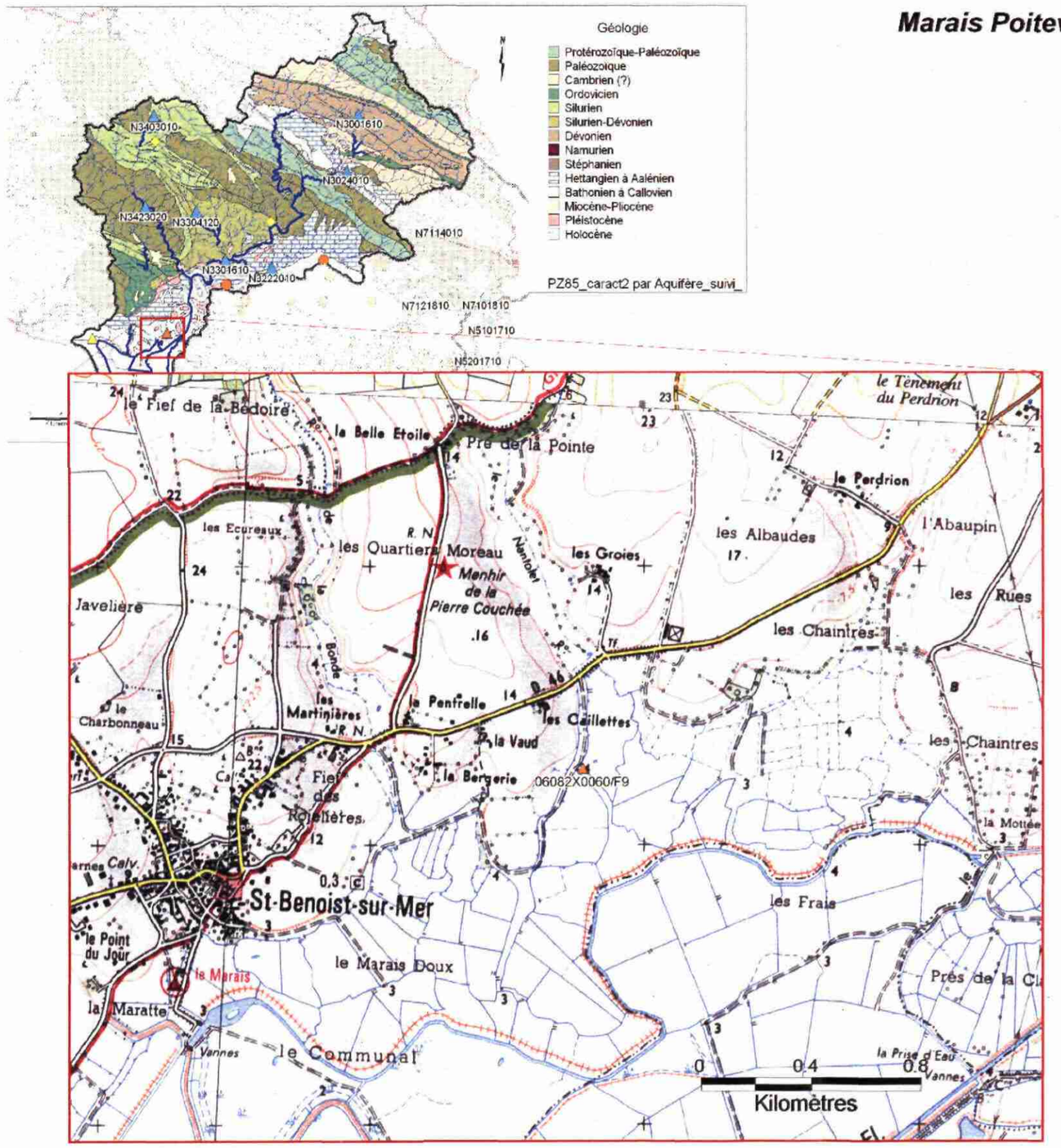
Marais Poitevin : Bassin versant du Lay (et ses affluents)
Fiche piézométrique



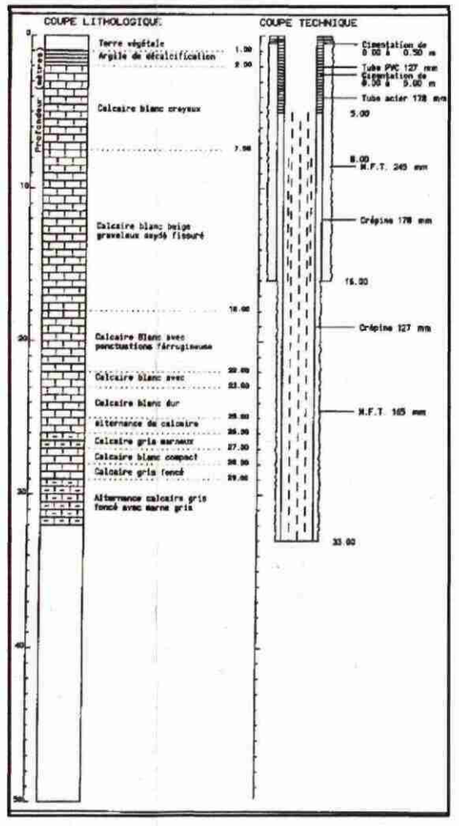
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06074X0096/F4
Secteur	le Lay
Code secteur	N3
Commune	Longeville-sur-Mer
Libellé	Forage de l'Aurière
Altitude (m NGF)	4.26
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Libre
XL2	305800
YL2	2164480
Profondeur (m)	38
Niveau min	-0.91
Niveau max	2.74
Log	oui
Mise en service (O-F)	05/09/1990 -
Distance point d'eau (m)	190
Altitude point d'eau (m NGF)	3



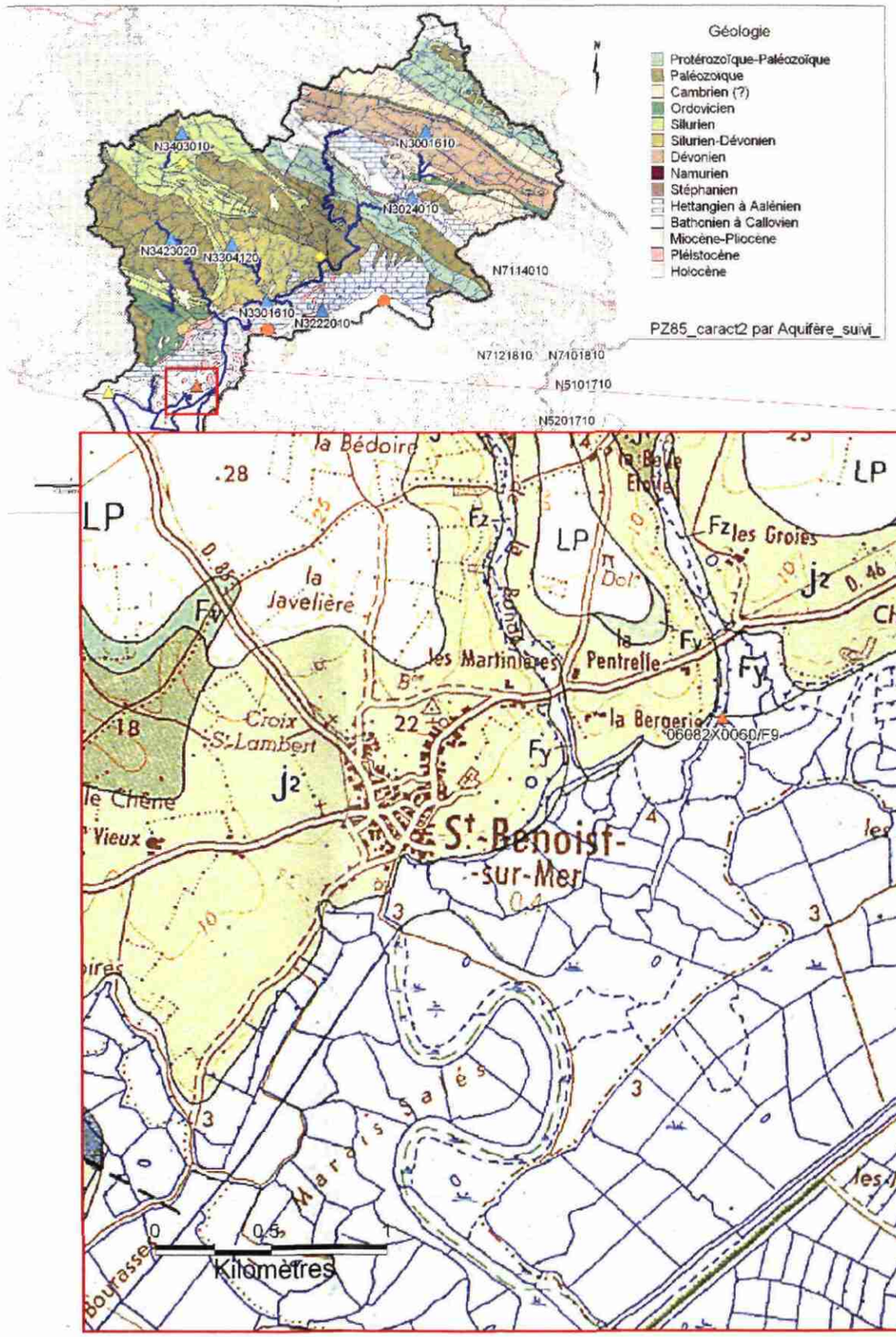
Marais Poitevin : Bassin versant du Lay (et ses affluents)
Fiche piézométrique



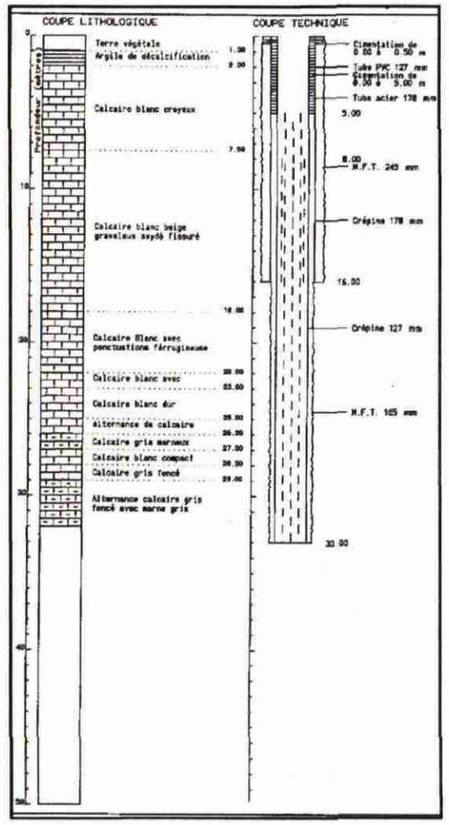
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06082X0060/F9
Secteur	le Lay
Code secteur	N3
Commune	Saint-Benoist-sur-Mer
Libellé	Forage des Caillettes
Altitude (m NGF)	3.44
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	317770
YL2	2165280
Profondeur (m)	33
Niveau min	-
Niveau max	-
Log	oui
Mise en service (O-F)	15/11/1996 -
Distance point d'eau (m)	<5
Altitude point d'eau (m NGF)	4



Marais Poitevin : Bassin versant du Lay (et ses affluents)
Fiche piézométrique



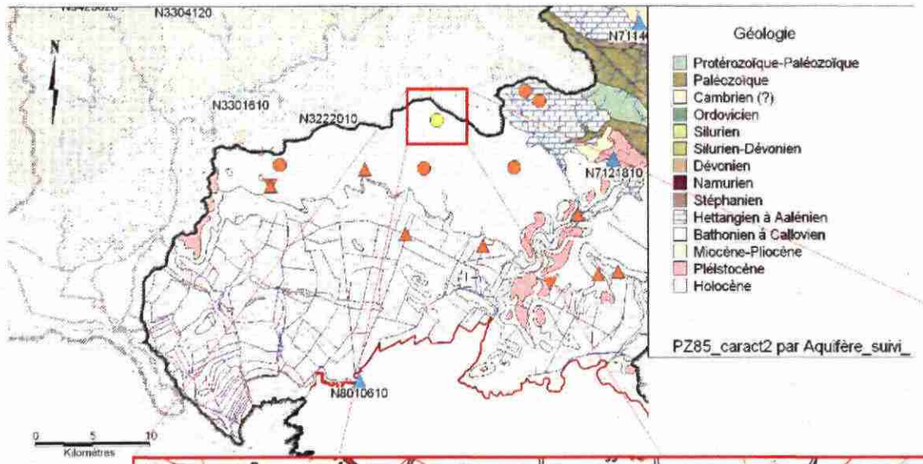
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06082X0060/F9
Secteur	le Lay
Code secteur	N3
Commune	Saint-Benoist-sur-Mer
Libellé	Forage des Caillettes
Altitude (m NGF)	3.44
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	317770
YL2	2165280
Profondeur (m)	33
Niveau min	-
Niveau max	-
Log	oui
Mise en service (O-F)	15/11/1996 -
Distance point d'eau (m)	<5
Altitude point d'eau (m NGF)	4



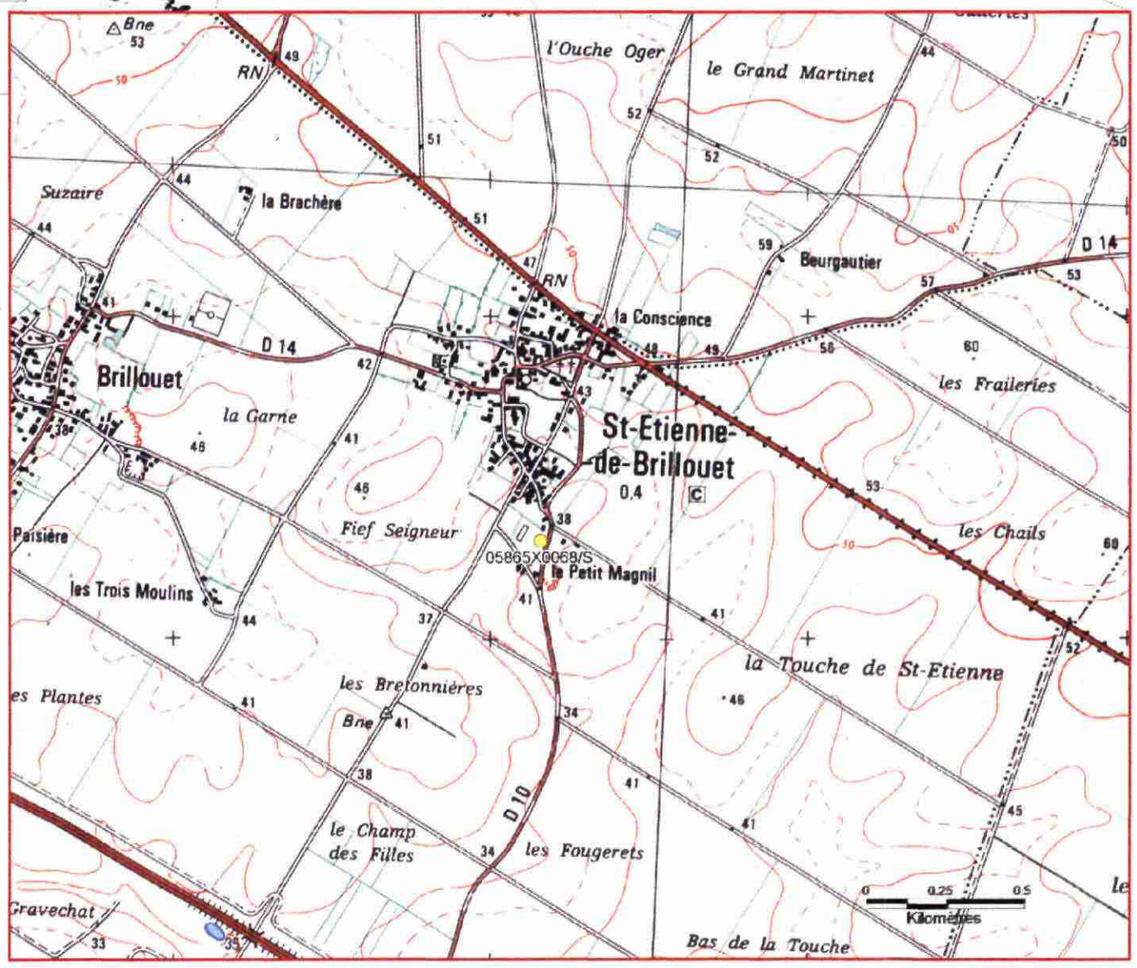
Annexe 2

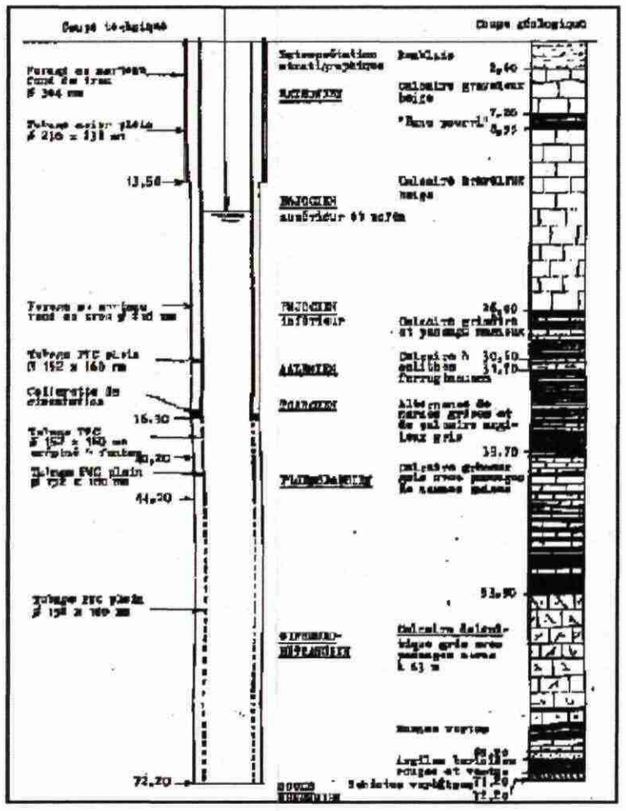
Bassin Vendée/Sèvre Niortaise
Fiches des piézomètres

Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique

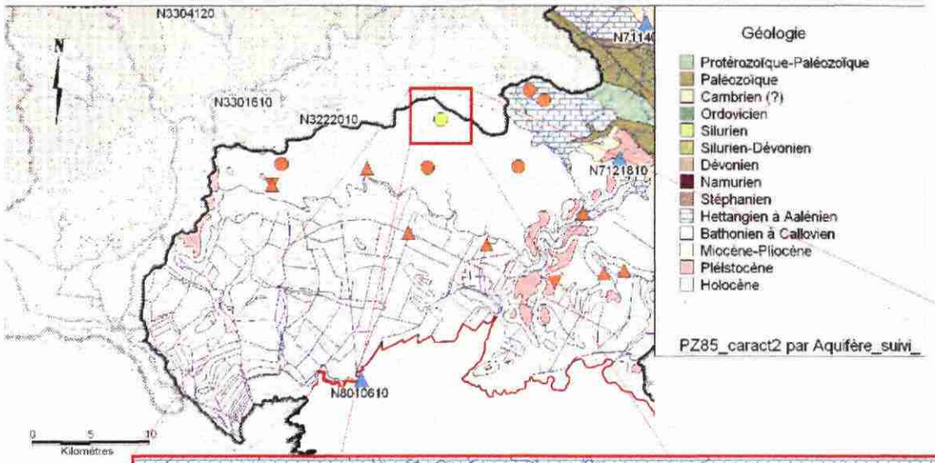


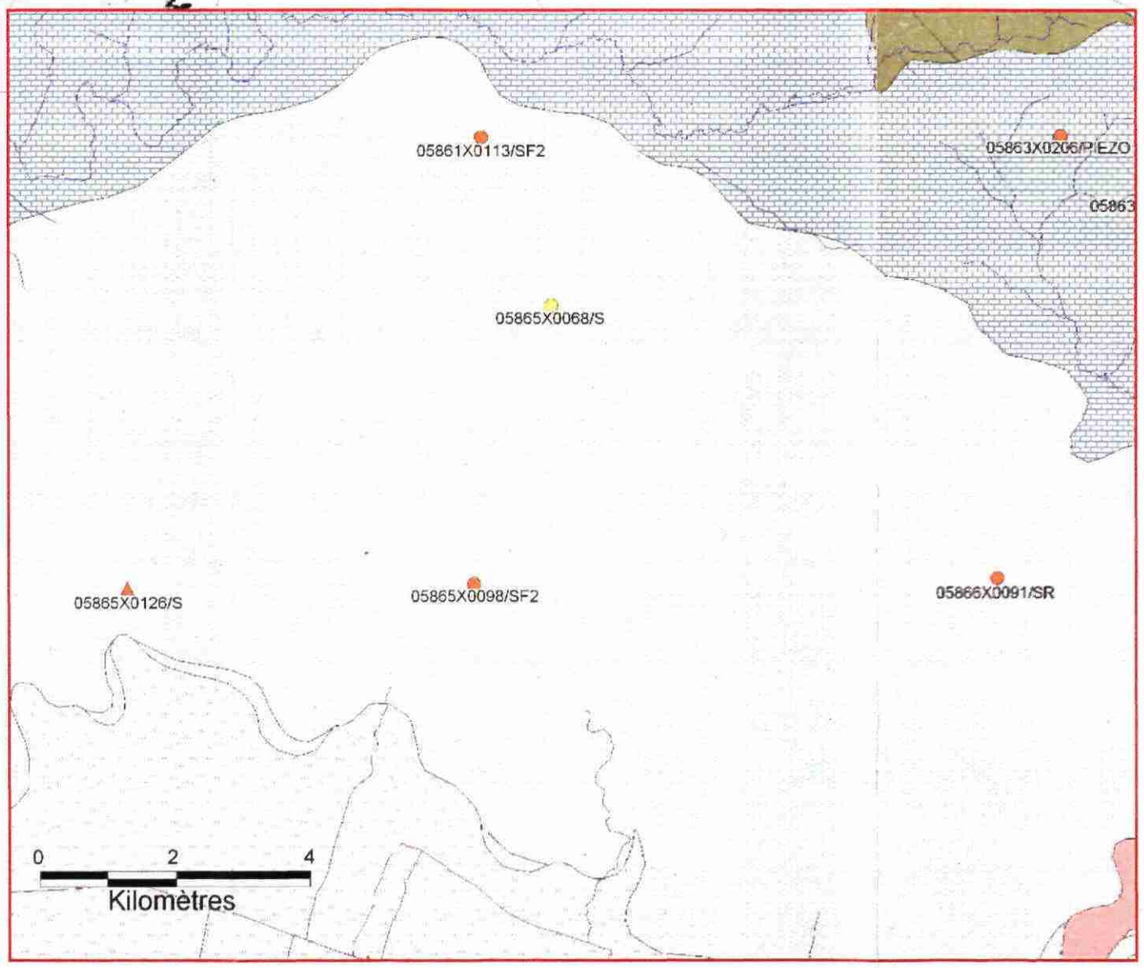
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05865X0068/S
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N8
Commune	Saint-Etienne-de-Brillouet
Libellé	Forage du Petit Magnil
Altitude (m NGF)	39.8
Aquifère suivi	Lias inf
Etat aquifère	Libre
XL2	344160
YL2	2174300
Profondeur (m)	72.2
Niveau min	7.43
Niveau max	33.1
Log	oui
Mise en service (O-F)	30/09/1985 -
Distance point d'eau (m)	1546
Altitude point d'eau (m NGF)	32



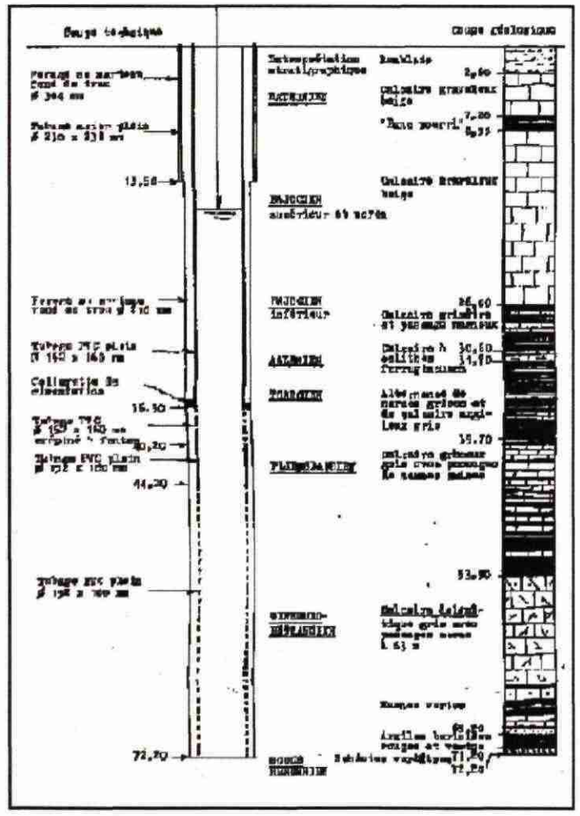


Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique

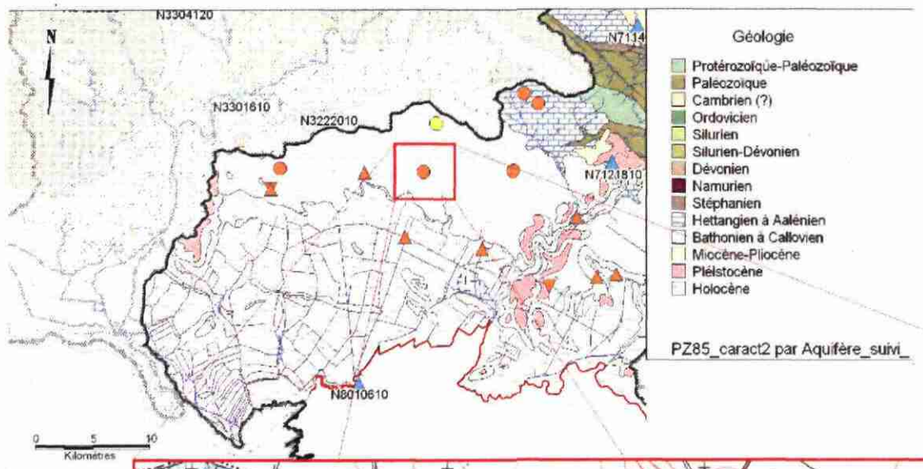


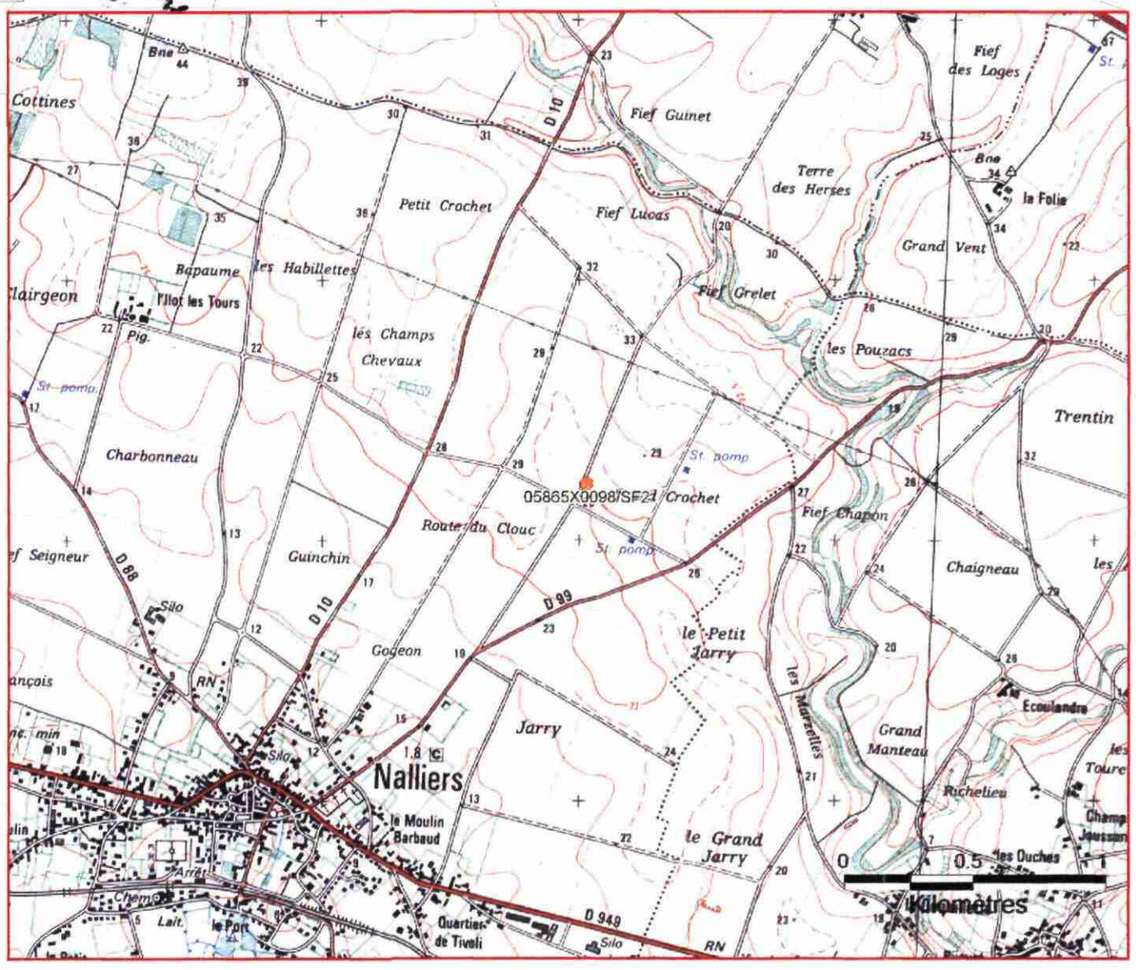


Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05865X0068/S
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N8
Commune	Saint-Etienne-de-Brillouet
Libellé	Forage du Petit Magnil
Altitude (m NGF)	39.8
Aquifère suivi	Lias inf
Etat aquifère	Libre
XL2	344160
YL2	2174300
Profondeur (m)	72.2
Niveau min	7.43
Niveau max	33.1
Log	oui
Mise en service (O-F)	30/09/1985 -
Distance point d'eau (m)	1546
Altitude point d'eau (m NGF)	32



Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique

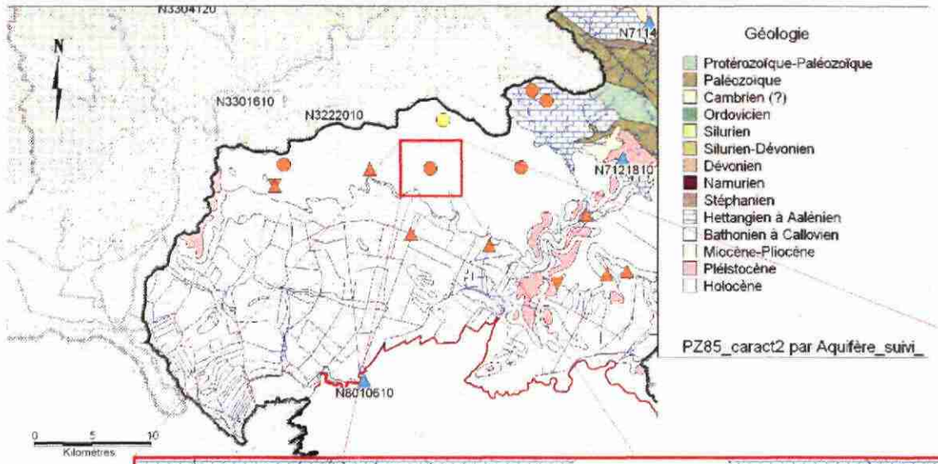




Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05865X0098/SF2
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N8
Commune	Nalliers
Libellé	Forage du Grand Crochet
Altitude (m NGF)	26.01
Aquifère suivi	Lias inf
Etat aquifère	Captif
XL2	343030
YL2	2170220
Profondeur (m)	89
Niveau min	-11.75
Niveau max	14.62
Log	non
Mise en service (O-F)	31/07/1990 -
Distance point d'eau (m)	1755
Altitude point d'eau (m NGF)	4

Non disponible

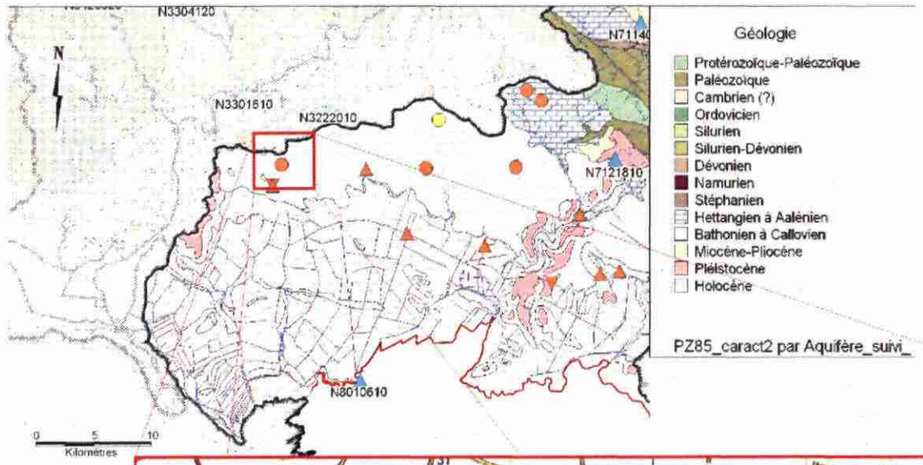
Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique

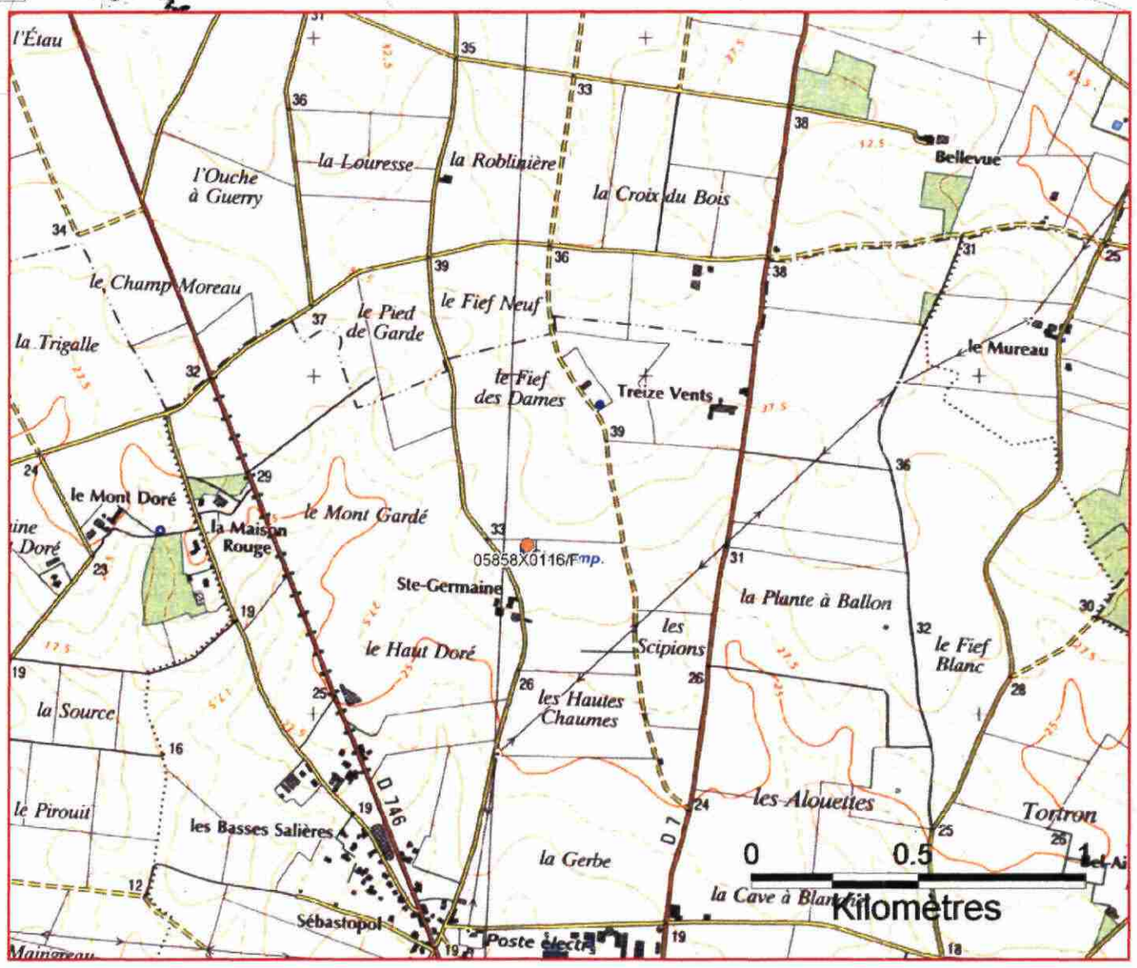


Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05865X0098/SF2
Secteur	la Sevre niortaise
Code secteur	N8
Commune	Nalliers
Libellé	Forage du Grand Crochet
Altitude (m NGF)	26.01
Aquifère suivi	Lias inf
Etat aquifère	Captif
XL2	343030
YL2	2170220
Profondeur (m)	89
Niveau min	-11.75
Niveau max	14.62
Log	non
Mise en service (O-F)	31/07/1990 -
Distance point d'eau (m)	1755
Altitude point d'eau (m NGF)	4

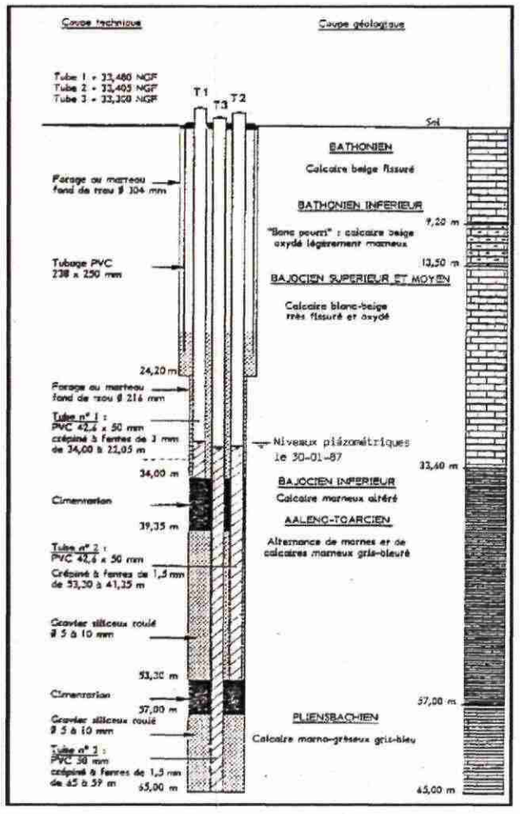
Non disponible

Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique

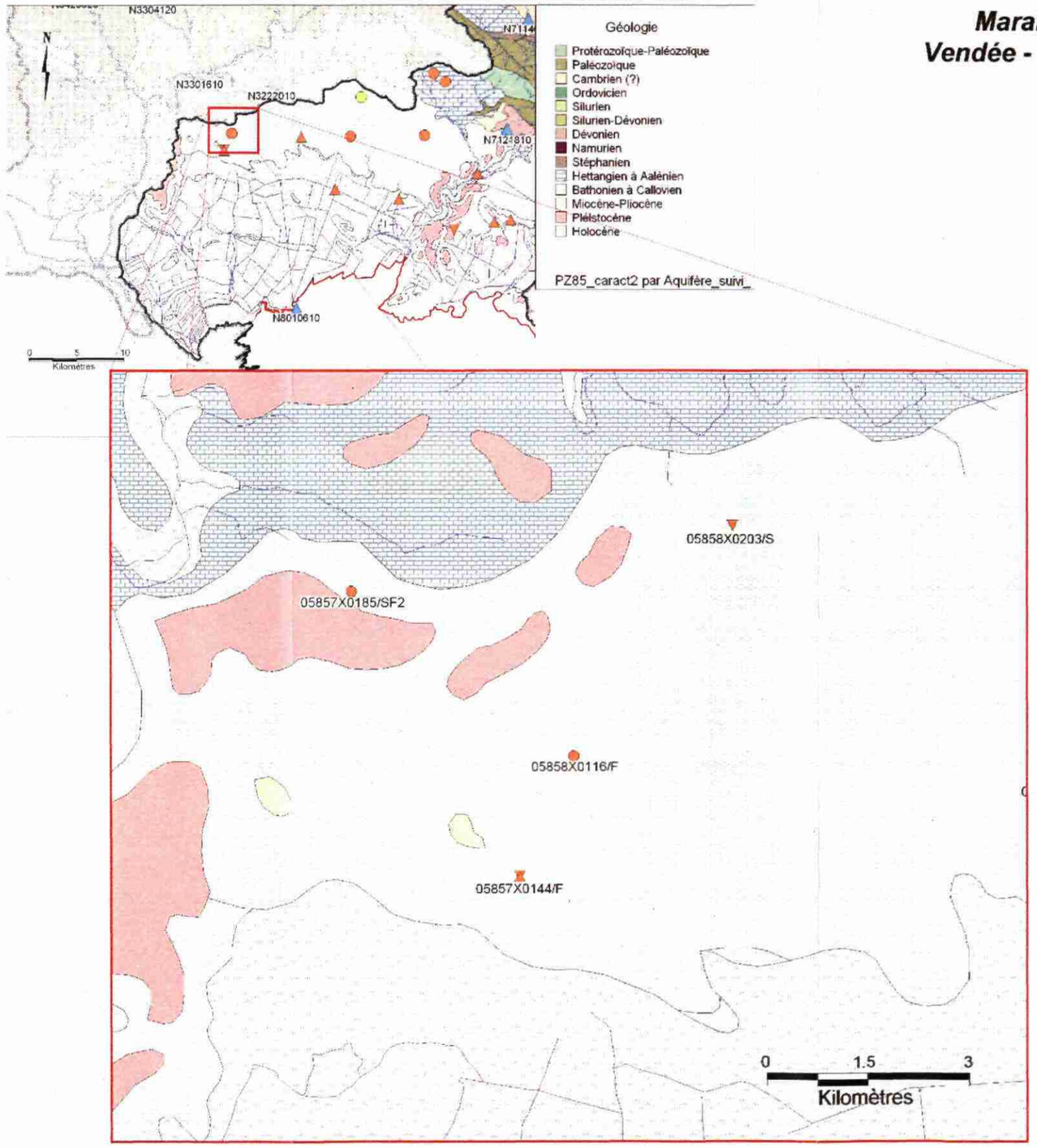




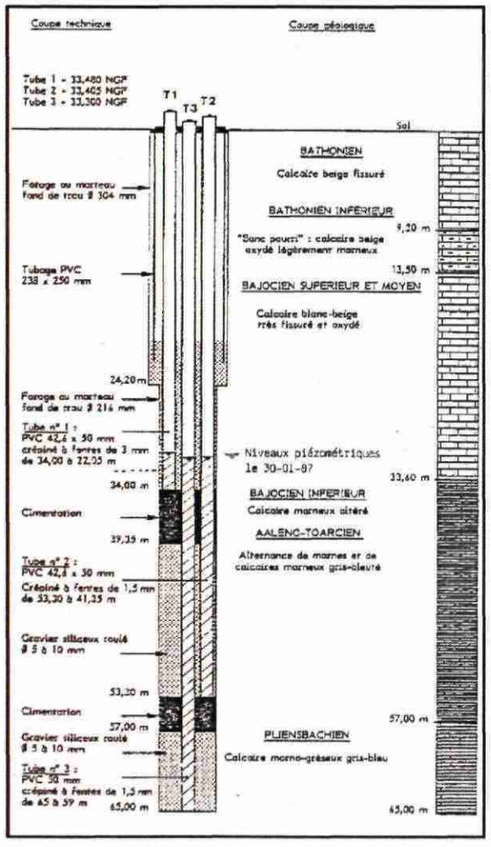
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05858X0116/F
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N8
Commune	Luçon
Libellé	Forage
Altitude (m NGF)	33
Aquifère suivi	Lias inf
Etat aquifère	Captif
XL2	330640
YL2	2170500
Profondeur (m)	95
Niveau min	-0.79
Niveau max	5.5
Log	oui
Mise en service (O-F)	05/10/1992 -
Distance point d'eau (m)	2566
Altitude point d'eau (m NGF)	24



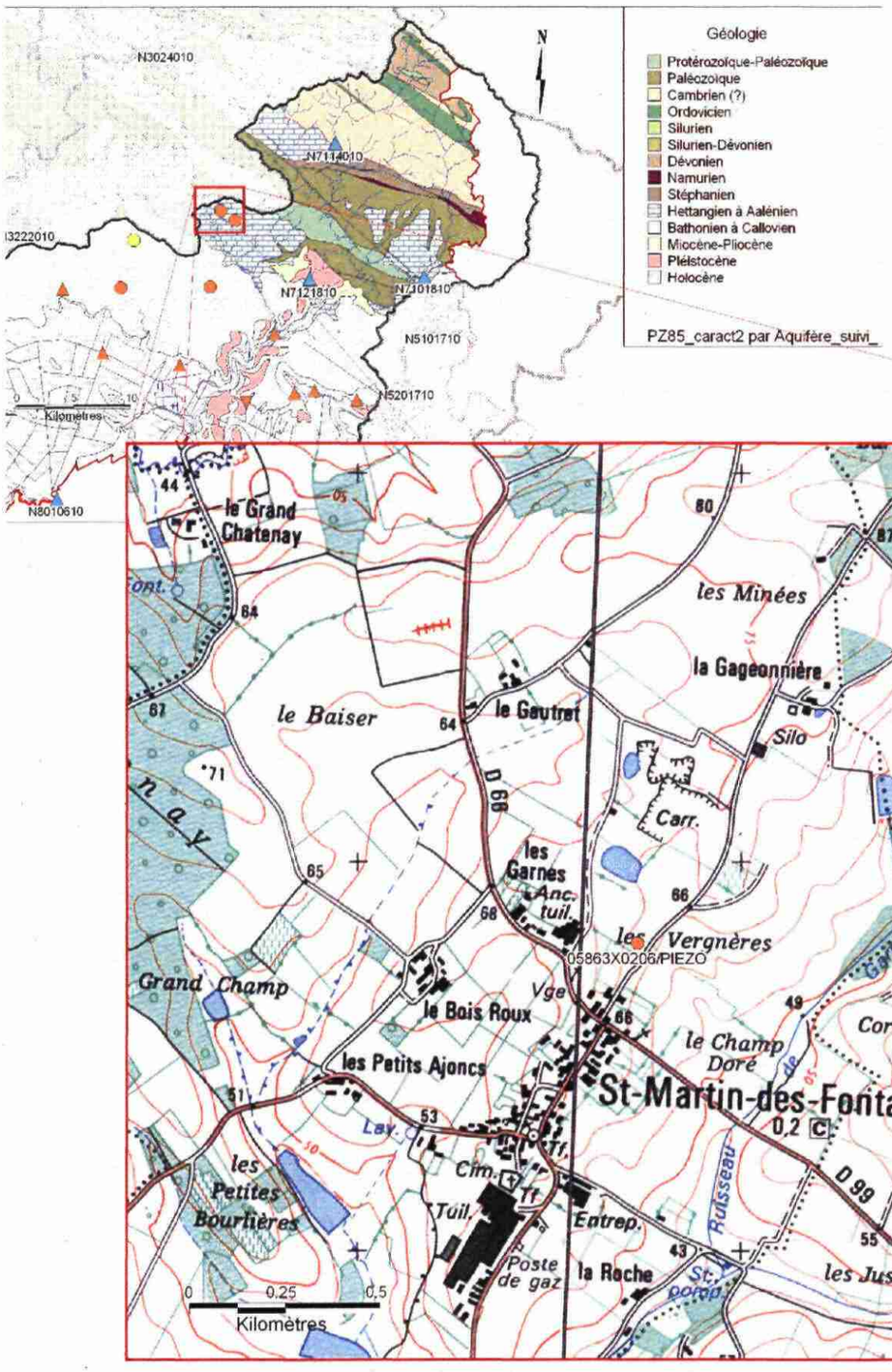
Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique



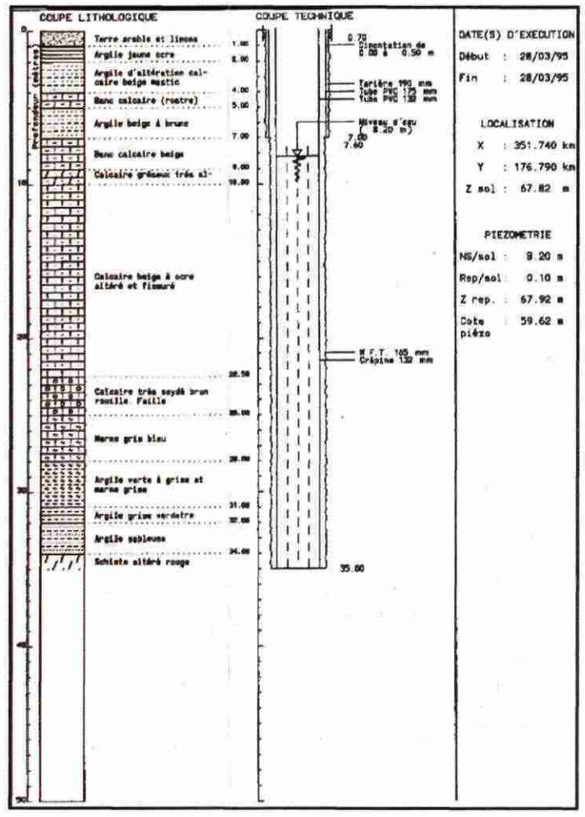
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05858X0116/F
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N8
Commune	Luçon
Libellé	Forage
Altitude (m NGF)	33
Aquifère suivi	Lias inf
Etat aquifère	Captif
XL2	330640
YL2	2170500
Profondeur (m)	95
Niveau min	-0.79
Niveau max	5.5
Log	oui
Mise en service (O-F)	05/10/1992 -
Distance point d'eau (m)	2586
Altitude point d'eau (m NGF)	24



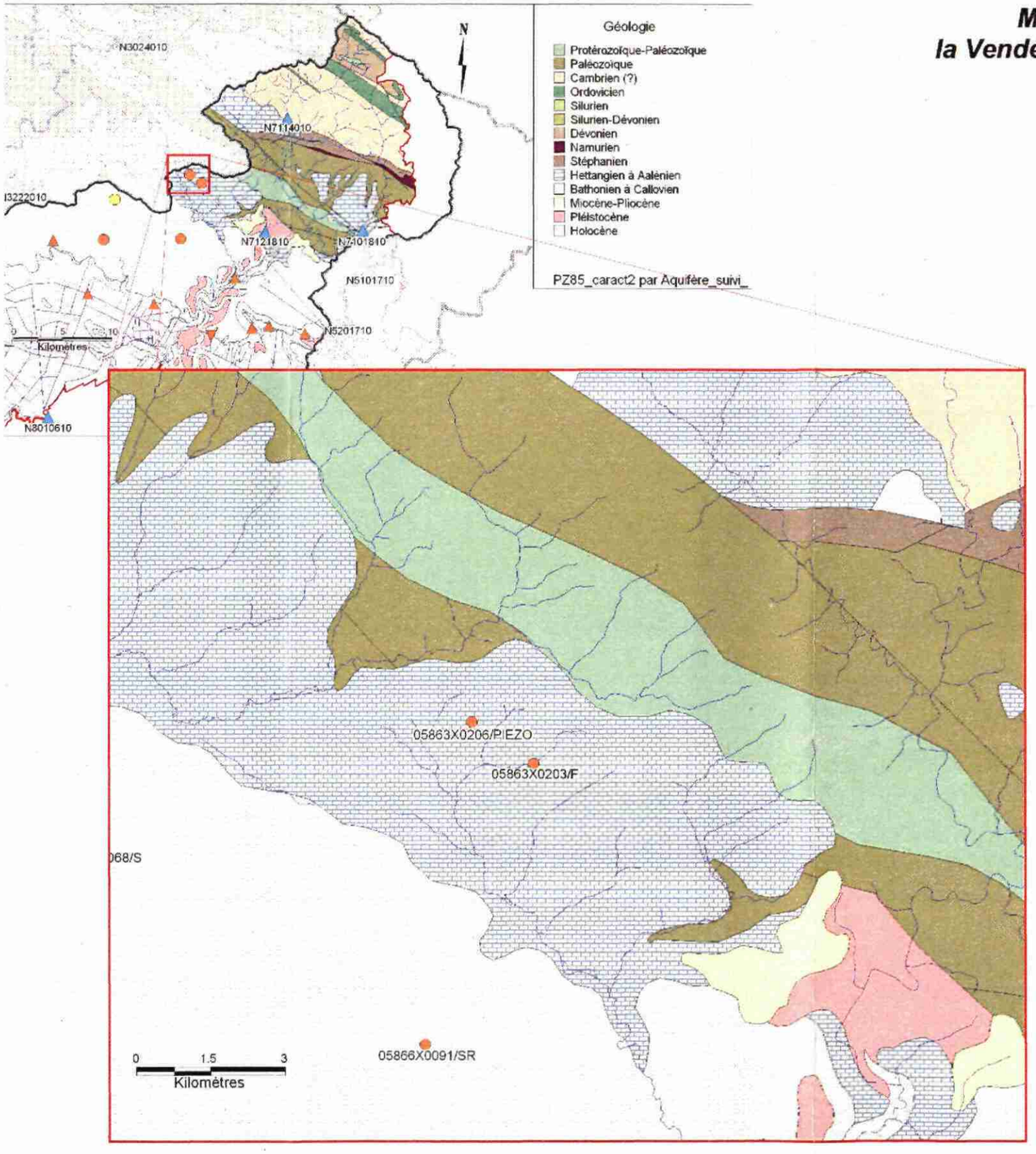
Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique



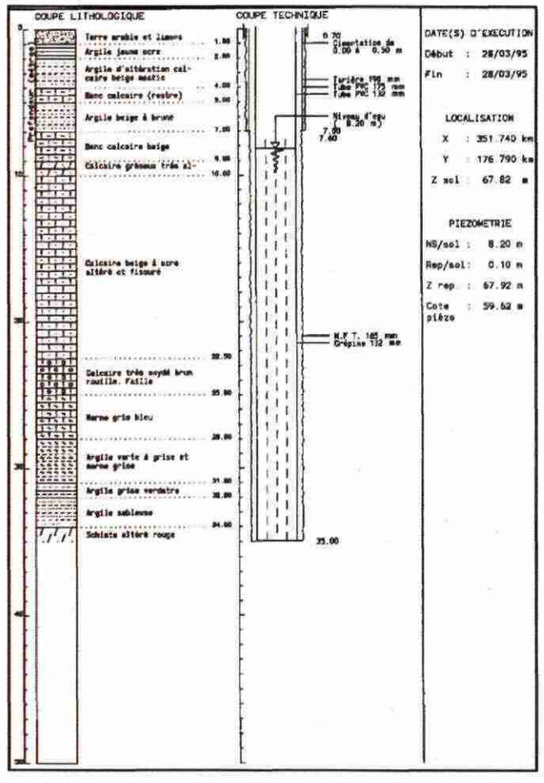
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05863X0206/PIEZO
Secteur	la Vendée
Code secteur	N7
Commune	Saint-Martin-des-Fontaines
Libellé	Forage des Vergnères
Altitude (m NGF)	67.65
Aquifère suivi	Lias inf
Etat aquifère	Captif
XL2	351730
YL2	2176790
Profondeur (m)	33
Niveau min	-
Niveau max	-
Log	oui
Mise en service (O-F)	31/06/1995 -
Distance point d'eau (m)	157
Altitude point d'eau (m NGF)	65



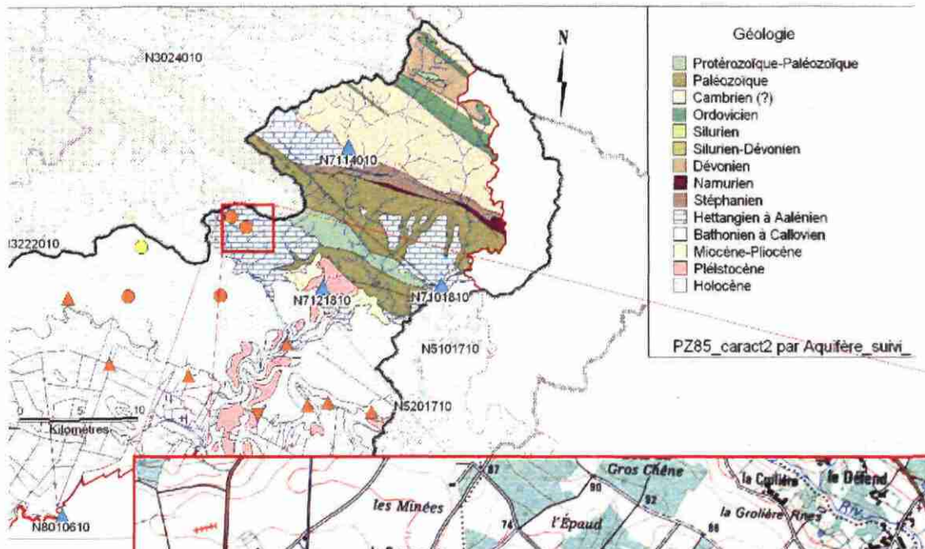
Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique

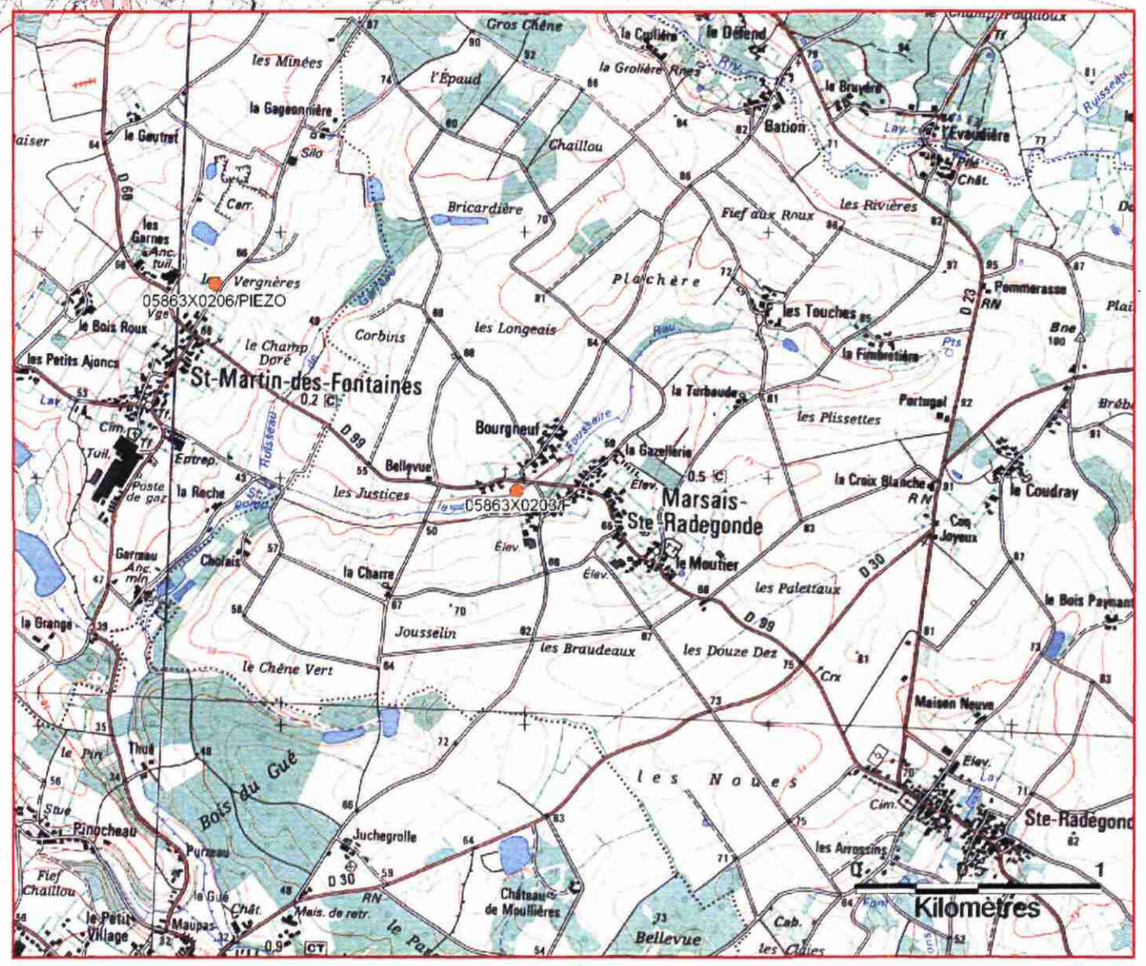


Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05863X0206/PIEZO
Secteur	la Vendée
Code secteur	N7
Commune	Saint-Martin-des-Fontaines
Libellé	Forage des Vergnéres
Altitude (m NGF)	67.65
Aquifère suivi	Lias inf
Etat aquifère	Captif
XL2	351730
YL2	2176790
Profondeur (m)	33
Niveau min	-
Niveau max	-
Log	oui
Mise en service (O-F)	31/06/1995 -
Distance point d'eau (m)	157
Altitude point d'eau (m NGF)	65



Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique

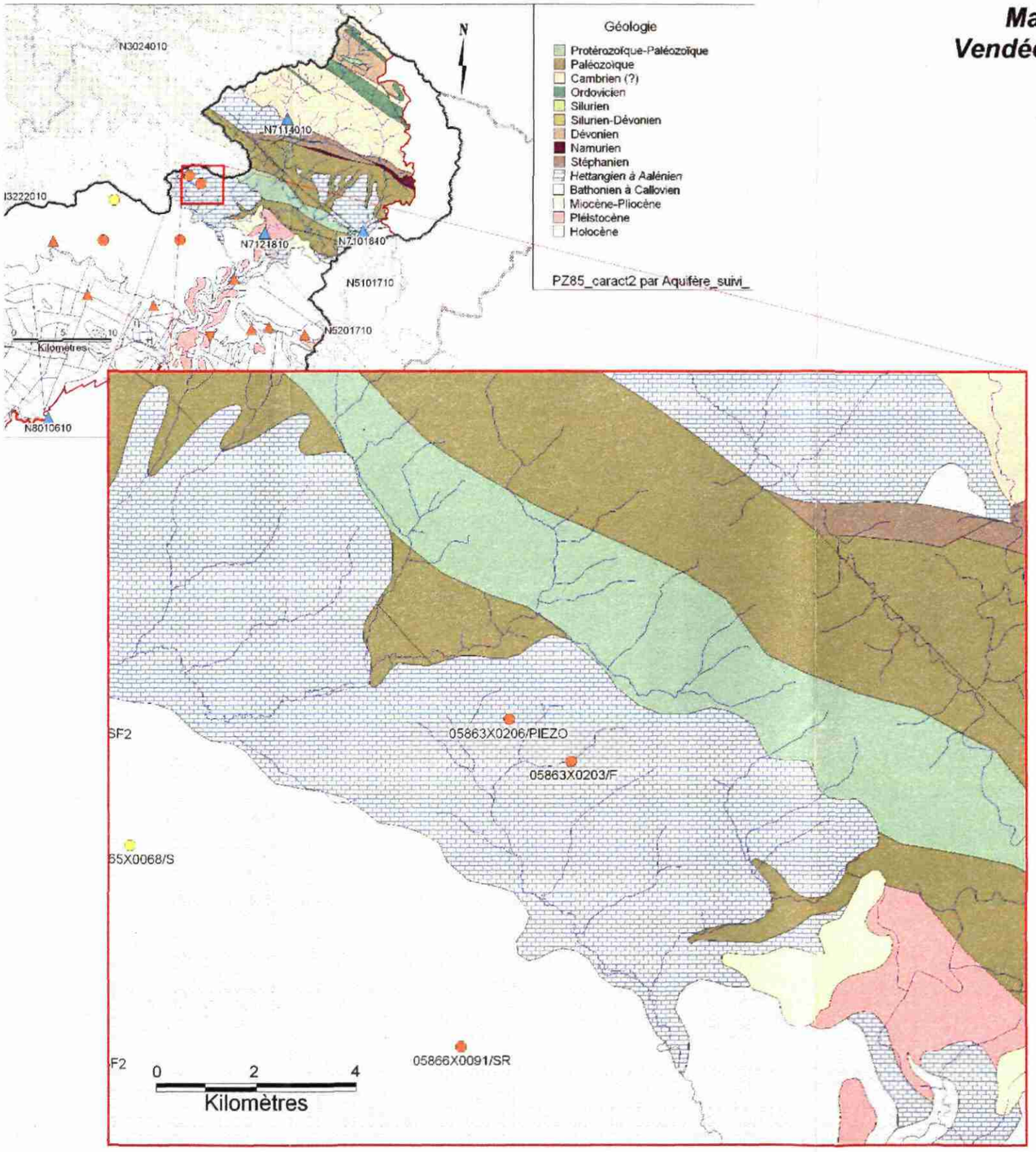




Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05863X0203/F
Secteur	la Vendée
Code secteur	N7
Commune	Marsais Sainte Radegonde
Libellé	Forage
Altitude (m NGF)	41.5
Aquifère suivi	Lias
Etat aquifère	Captif
XL2	352970
YL2	2175950
Profondeur (m)	25
Niveau min	-
Niveau max	-
Log	non
Mise en service (O-F)	09/12/1994 -
Distance point d'eau (m)	12
Altitude point d'eau (m NGF)	50

Non disponible

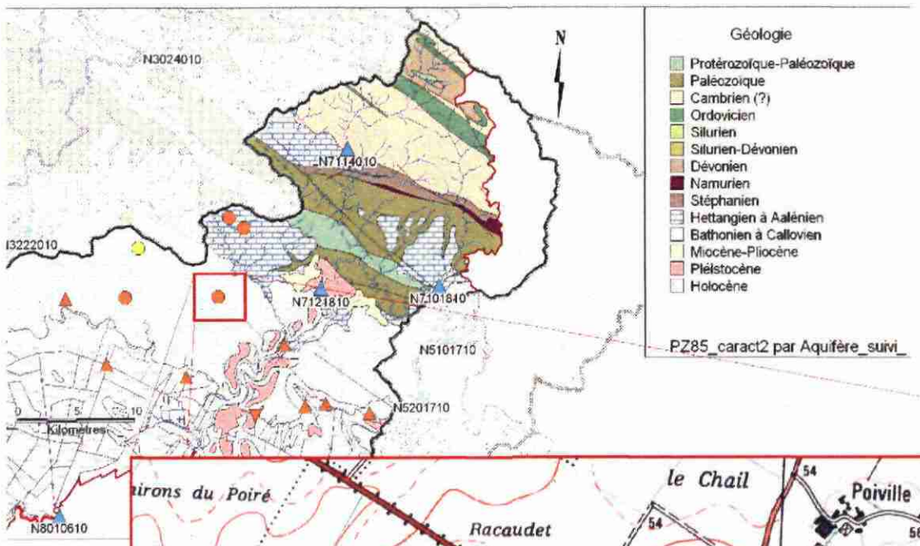
Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique

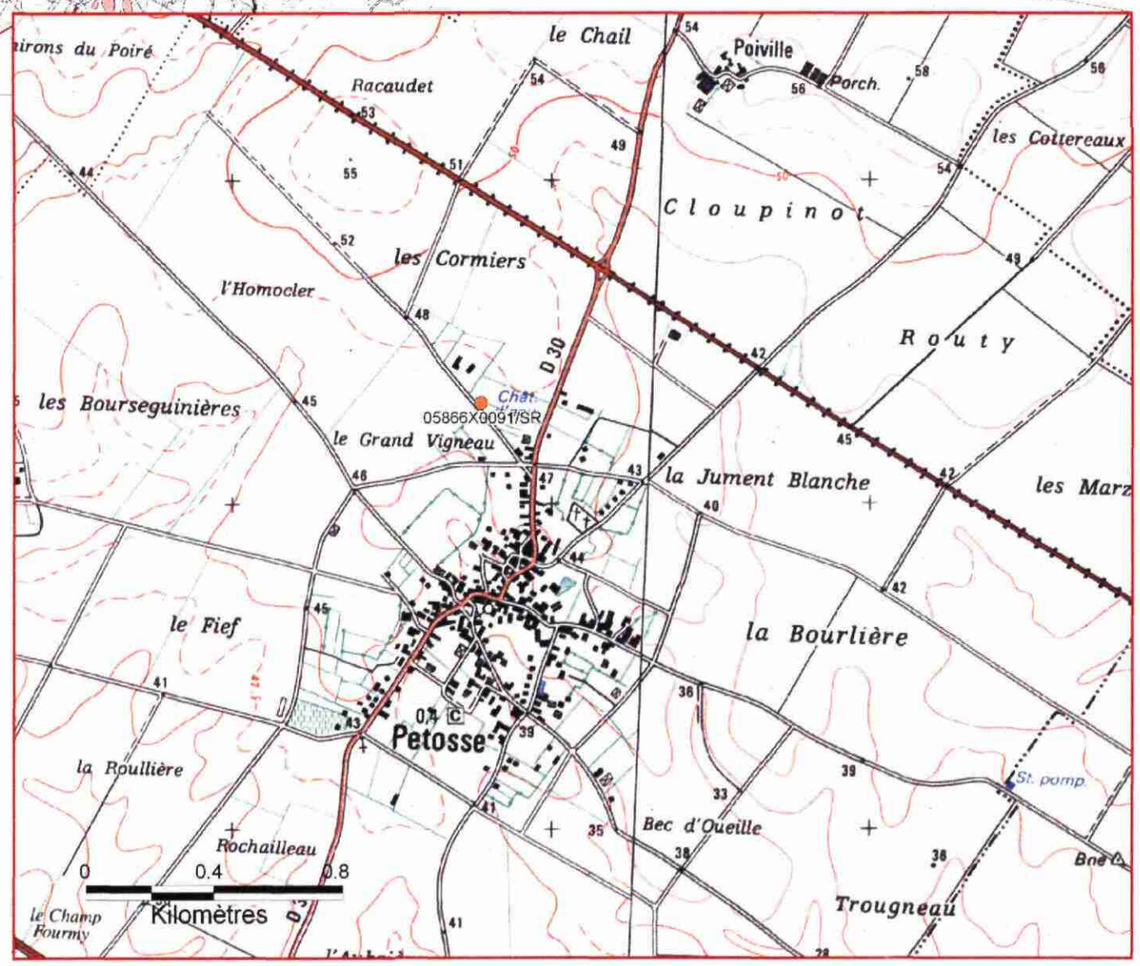


Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05863X0203/F
Secteur	la Vendée
Code secteur	N7
Commune	Marsais Sainte Radegonde
Libellé	Forage
Altitude (m NGF)	41.5
Aquifère suivi	Lias
Etat aquifère	Captif
XL2	352970
YL2	2175950
Profondeur (m)	25
Niveau min	-
Niveau max	-
Log	non
Mise en service (O-F)	09/12/1994 -
Distance point d'eau (m)	12
Altitude point d'eau (m NGF)	50

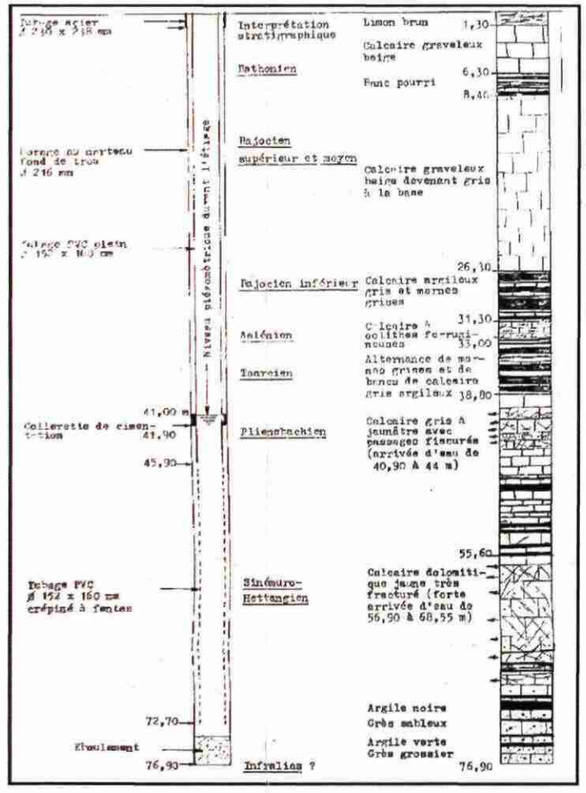
Non disponible

Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique

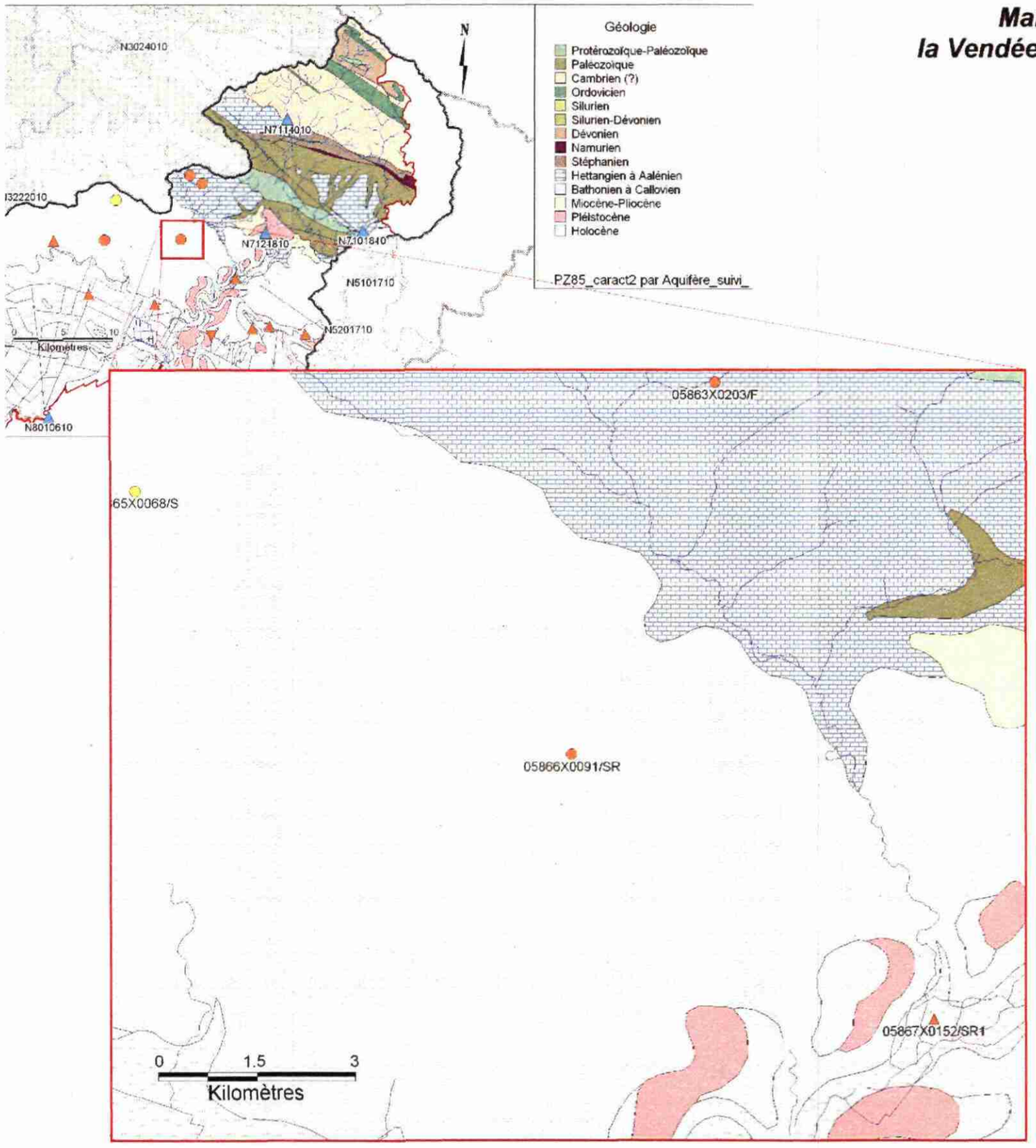




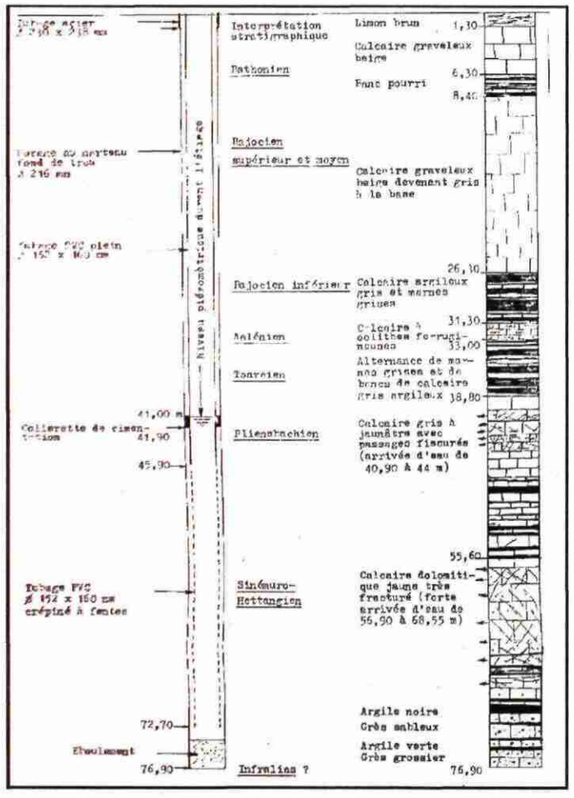
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05866X0091/SR
Secteur	la Vendée
Code secteur	N7
Commune	Petosse
Libellé	Forage du bourg
Altitude (m NGF)	48
Aquifère suivi	Lias inf
Etat aquifère	Captif
XL2	350780
YL2	2170310
Profondeur (m)	76.9
Niveau min	-2.26
Niveau max	28.71
Log	oui
Mise en service (O-F)	31/05/1992 -
Distance point d'eau (m)	3094
Altitude point d'eau (m NGF)	23



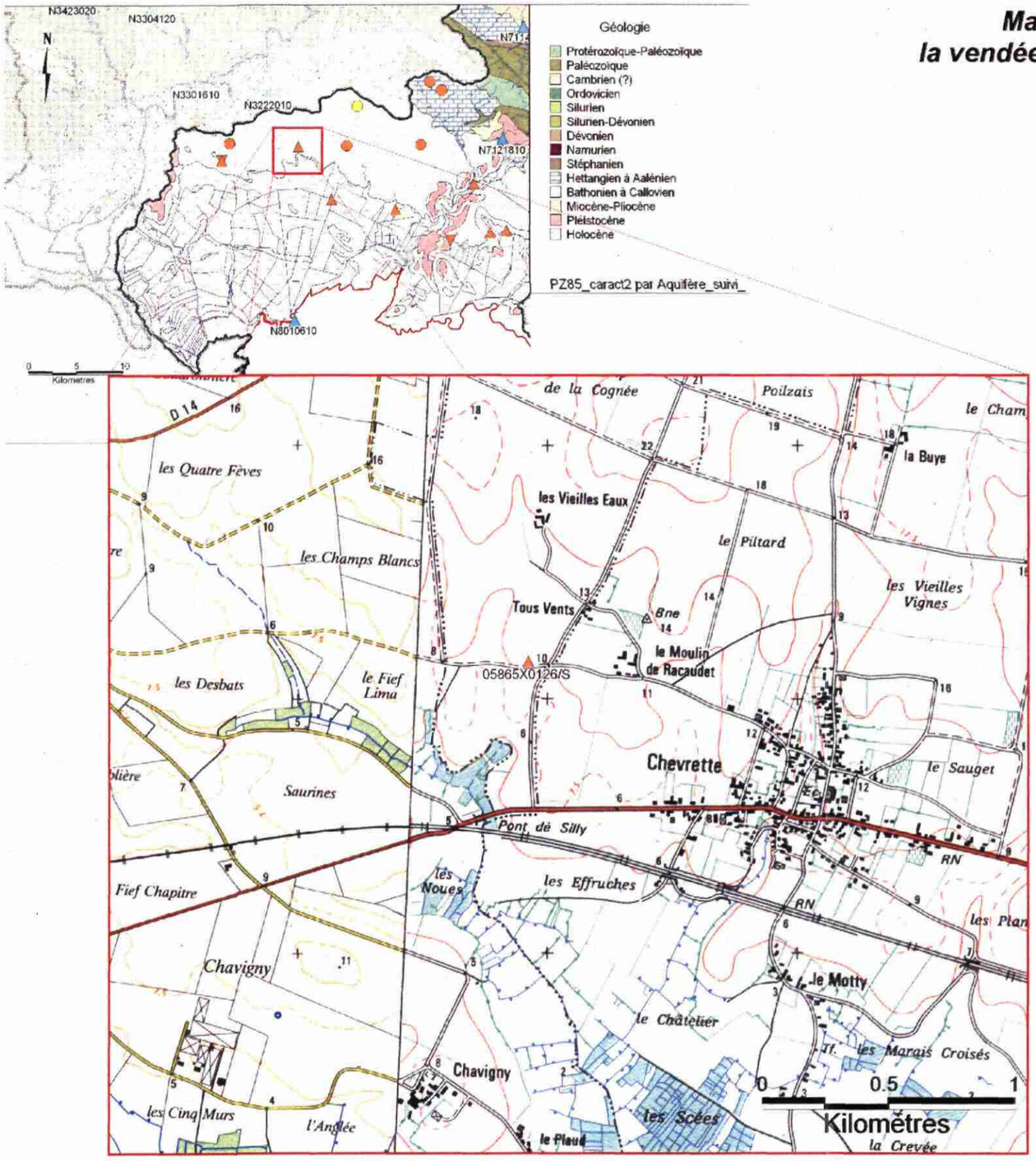
Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique



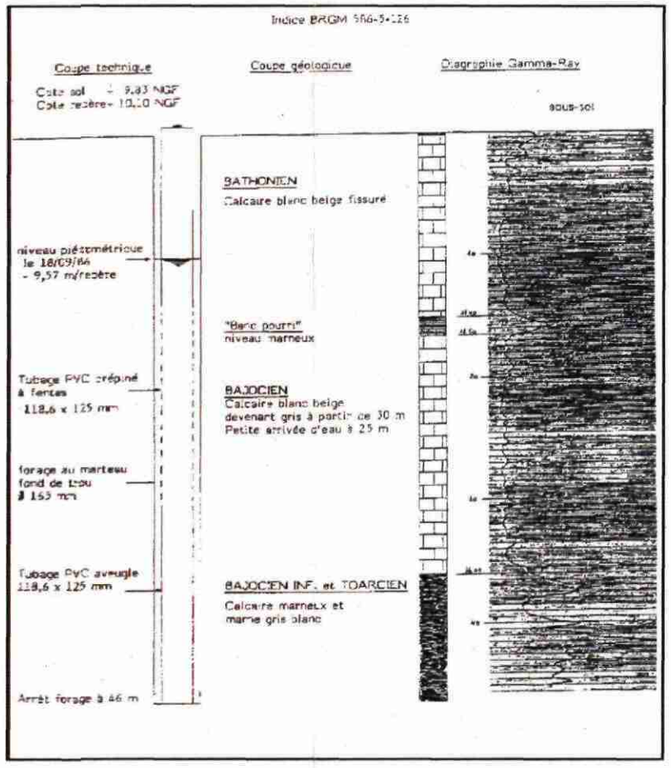
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05866X0091/SR
Secteur	la Vendée
Code secteur	N7
Commune	Petosse
Libellé	Forage du bourg
Altitude (m NGF)	48
Aquifère suivi	Lias inf
Etat aquifère	Captif
XL2	350780
YL2	2170310
Profondeur (m)	76.9
Niveau min	-2.26
Niveau max	28.71
Log	oui
Mise en service (O-F)	31/05/1992 -
Distance point d'eau (m)	3094
Altitude point d'eau (m NGF)	23

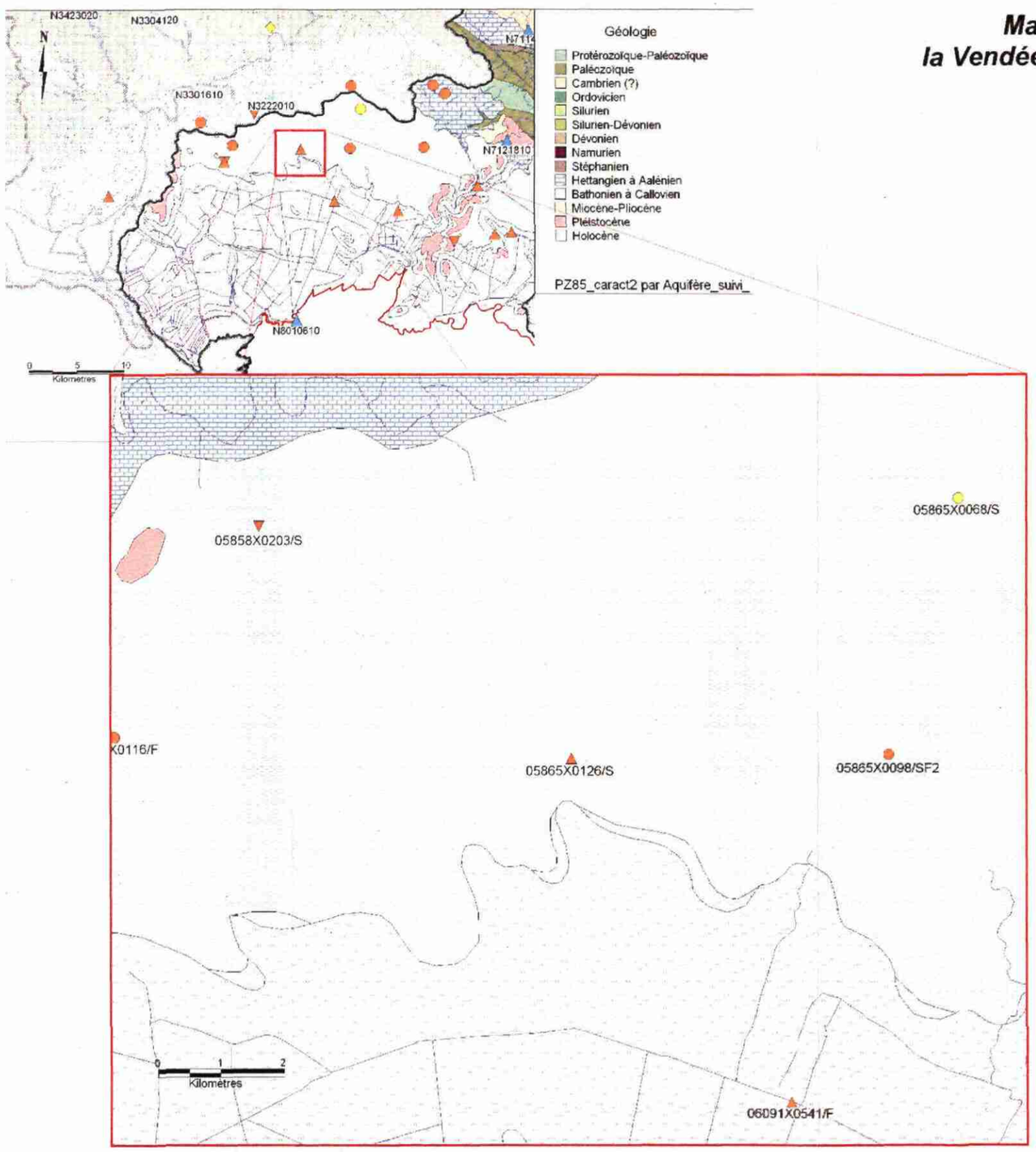


Marais Poitevin : Bassin versant de la vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique



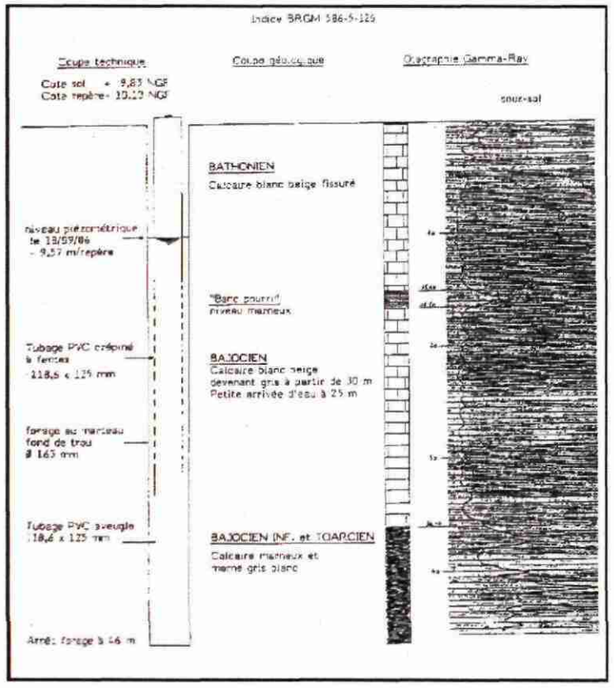
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05865X0126/S
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N8
Commune	Saint-Aubin-la-Plaine
Libellé	Forage du Tous Vents
Altitude (m NGF)	10.22
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	337925
YL2	2170150
Profondeur (m)	46
Niveau min	-2.68
Niveau max	5.52
Log	oui
Mise en service (O-F)	20/12/1998 -
Distance point d'eau (m)	340
Altitude point d'eau (m NGF)	4



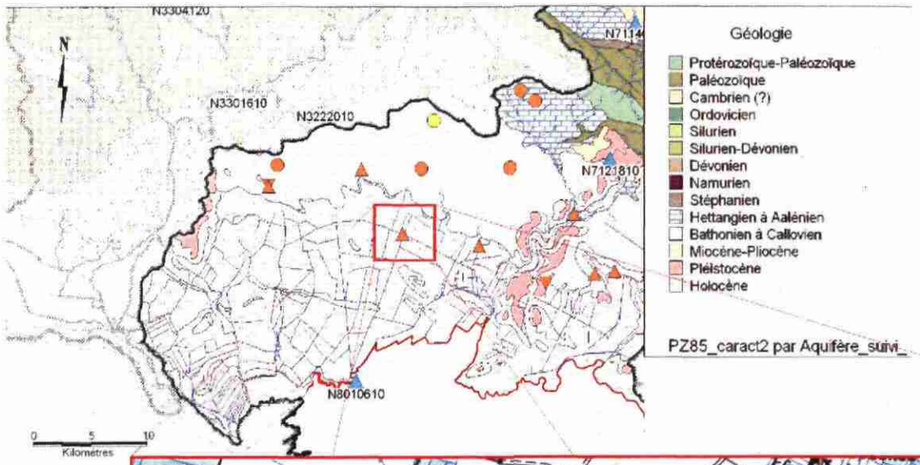


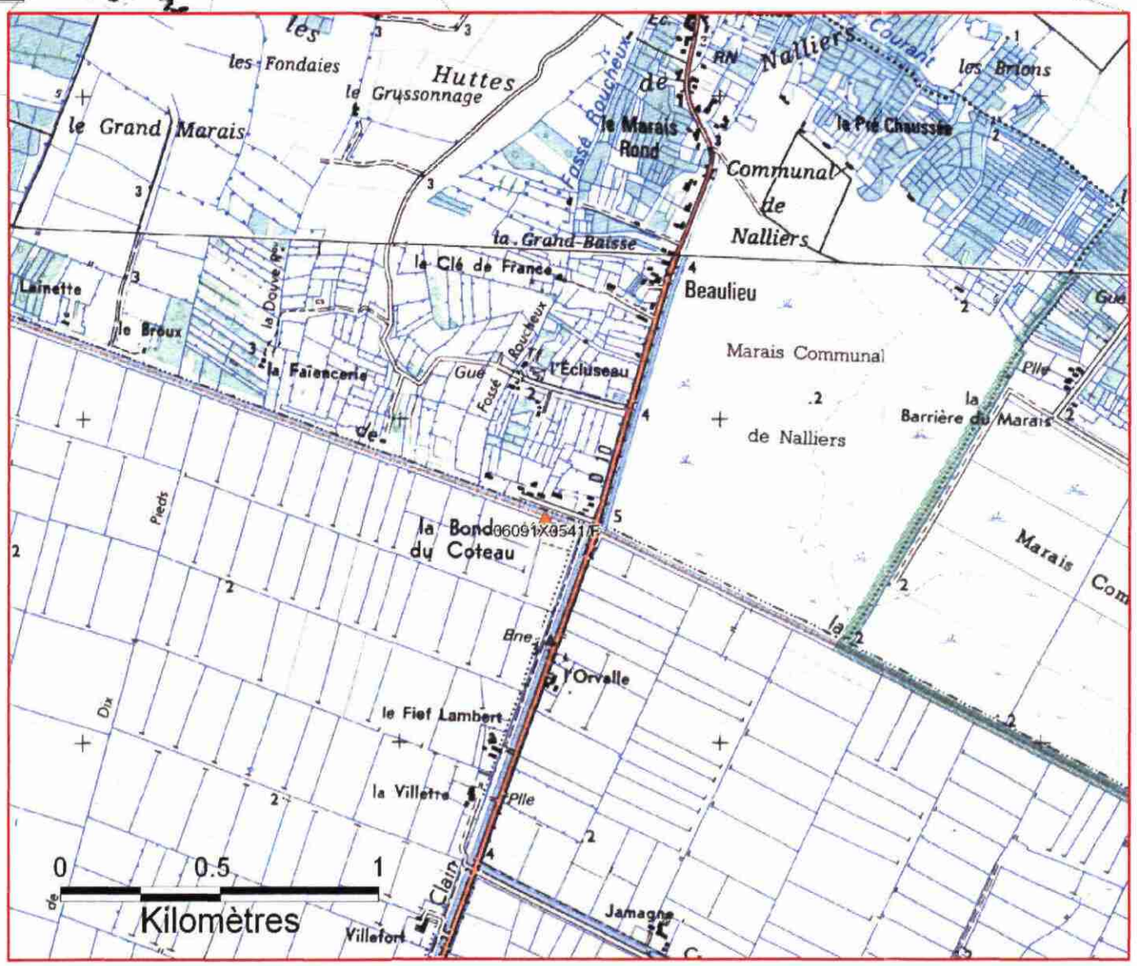
Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique

Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05865X0126/S
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N8
Commune	Saint-Aubin-la-Plaine
Libellé	Forage du Tous Vents
Altitude (m NGF)	10.22
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	337925
YL2	2170150
Profondeur (m)	46
Niveau min	-2.68
Niveau max	5.52
Log	oui
Mise en service (O-F)	20/12/1998 -
Distance point d'eau (m)	340
Altitude point d'eau (m NGF)	4

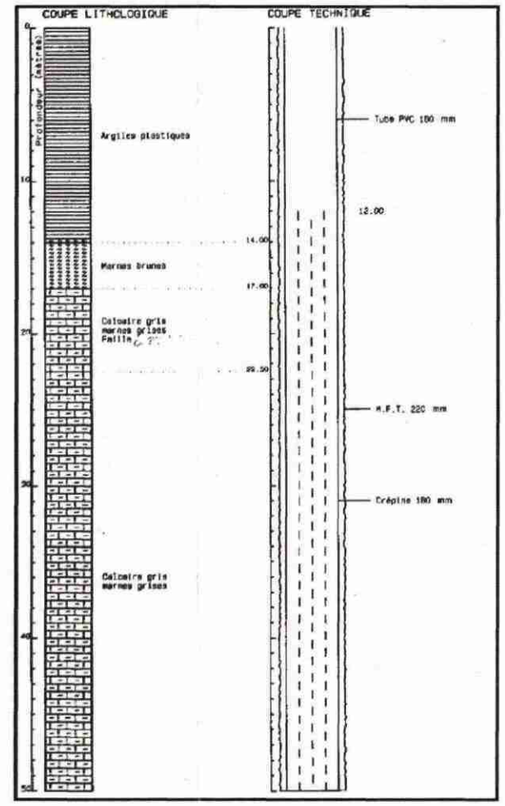


Marais Poitevin : Bassin versant de la Sèvre niortaise (de la Vendée à la mer) - Fiche piézométrique

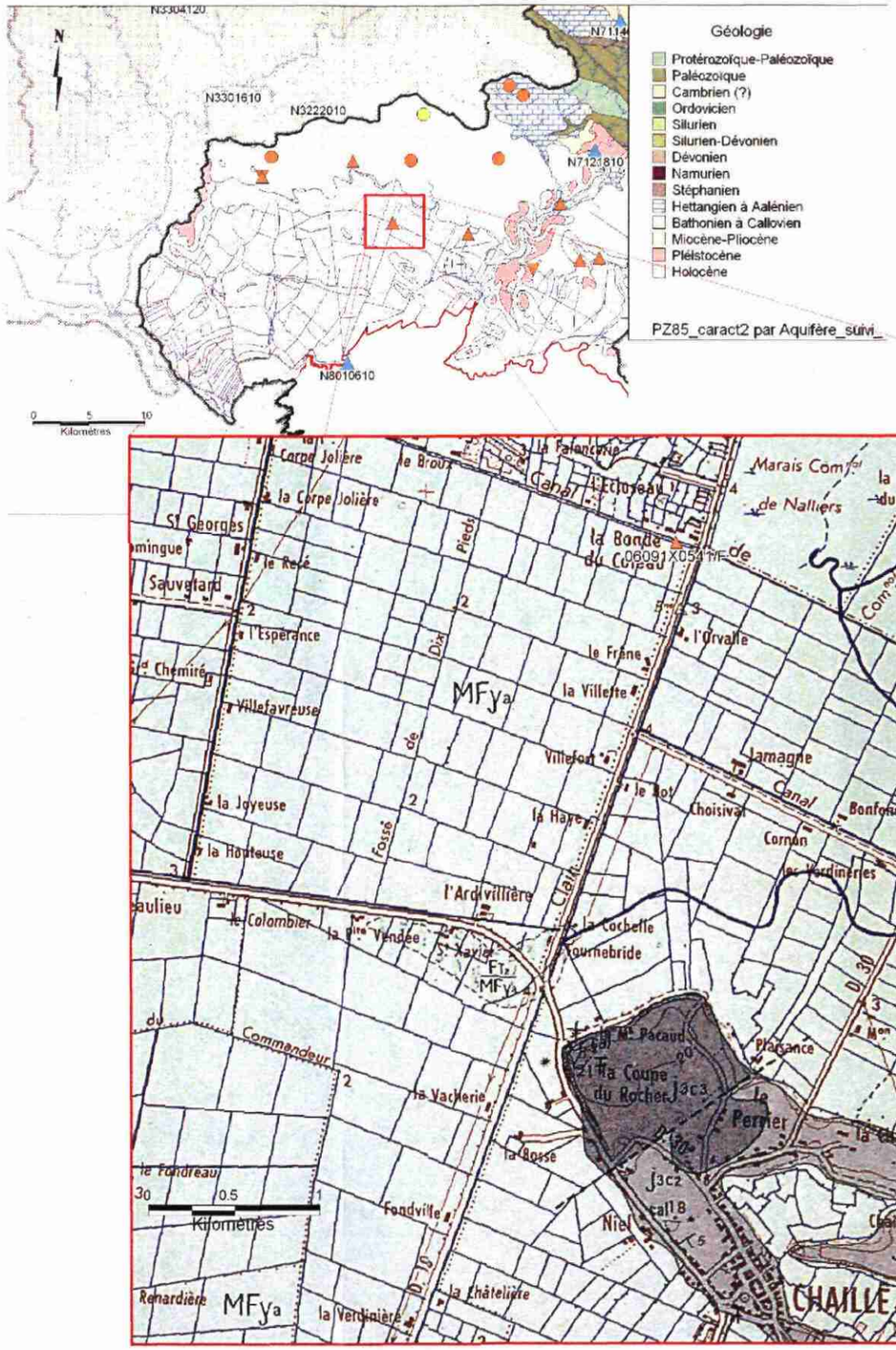




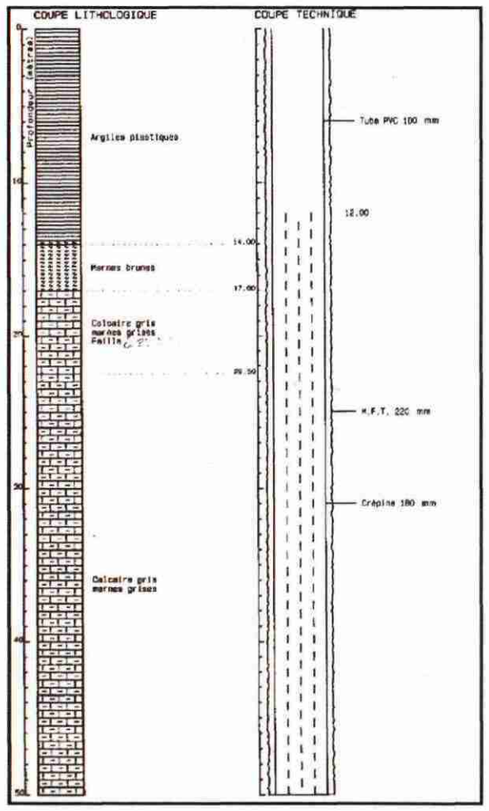
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06091X0541/F
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N8
Commune	Nalliers
Libellé	Forage de la Bonde du Coteau
Altitude (m NGF)	3.5
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	341450
YL2	2164700
Profondeur (m)	50
Niveau min	-1.48
Niveau max	2
Log	oui
Mise en service (O-F)	20/08/1990 -
Distance point d'eau (m)	<5
Altitude point d'eau m NGF)	5



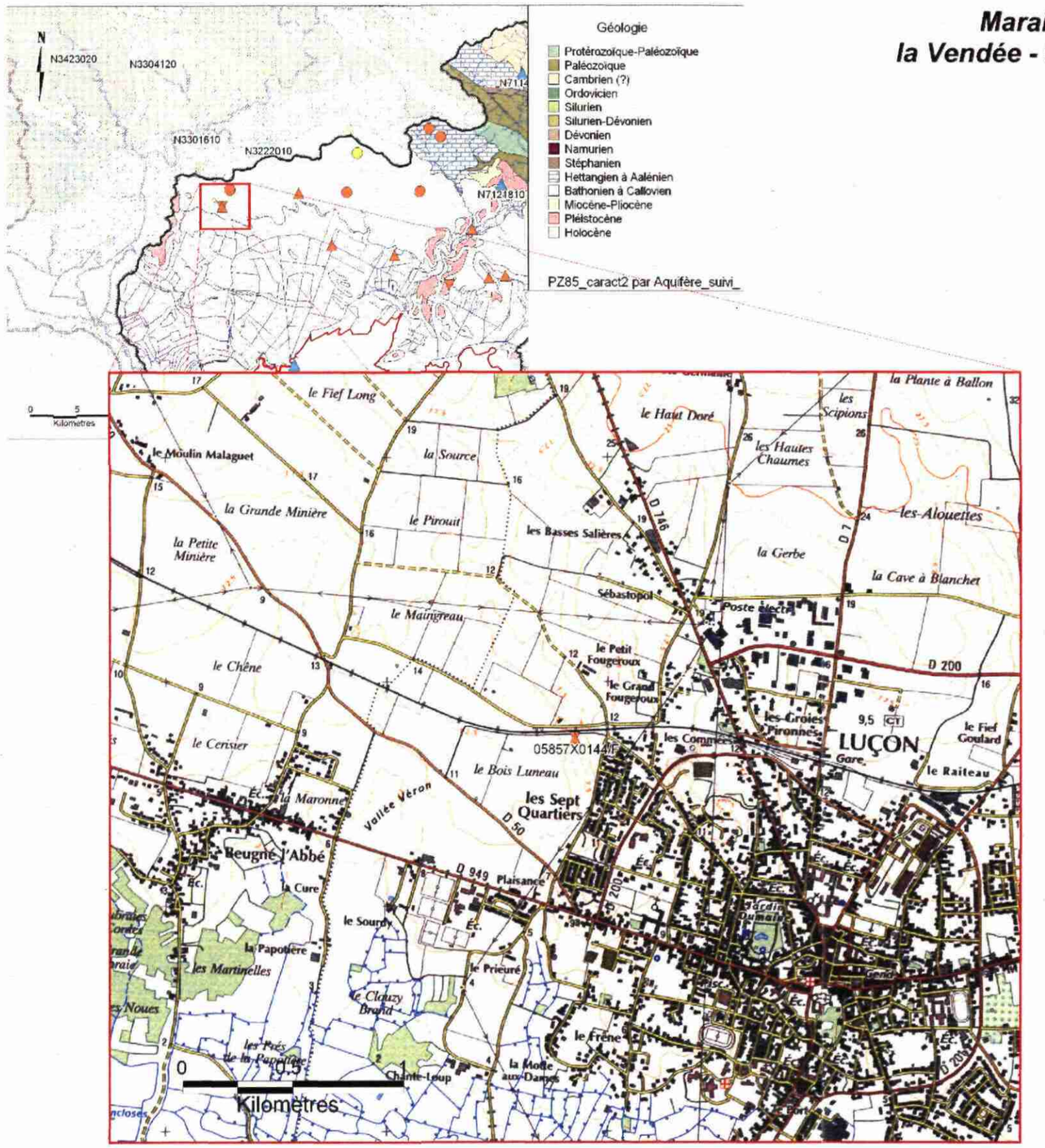
Marais Poitevin : Bassin versant de la Sèvre niortaise (de la Vendée à la mer) - Fiche piézométrique



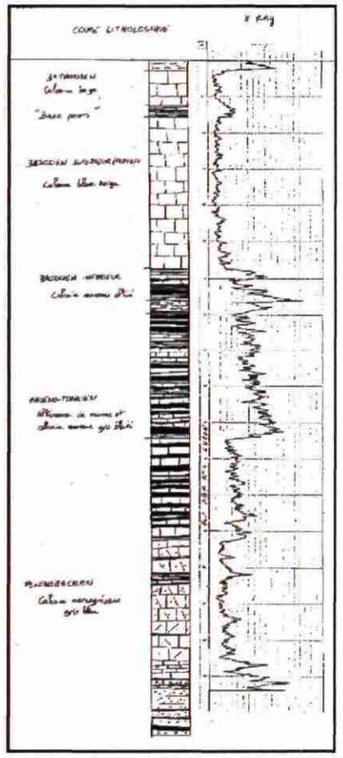
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06091X0541/F
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N8
Commune	Nalliers
Libellé	Forage de la Bonde du Coteau
Altitude (m NGF)	3.5
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	341450
YL2	2164700
Profondeur (m)	50
Niveau min	-1.48
Niveau max	2
Log	oui
Mise en service (O-F)	20/08/1990 -
Distance point d'eau (m)	<5
Altitude point d'eau m NGF)	5



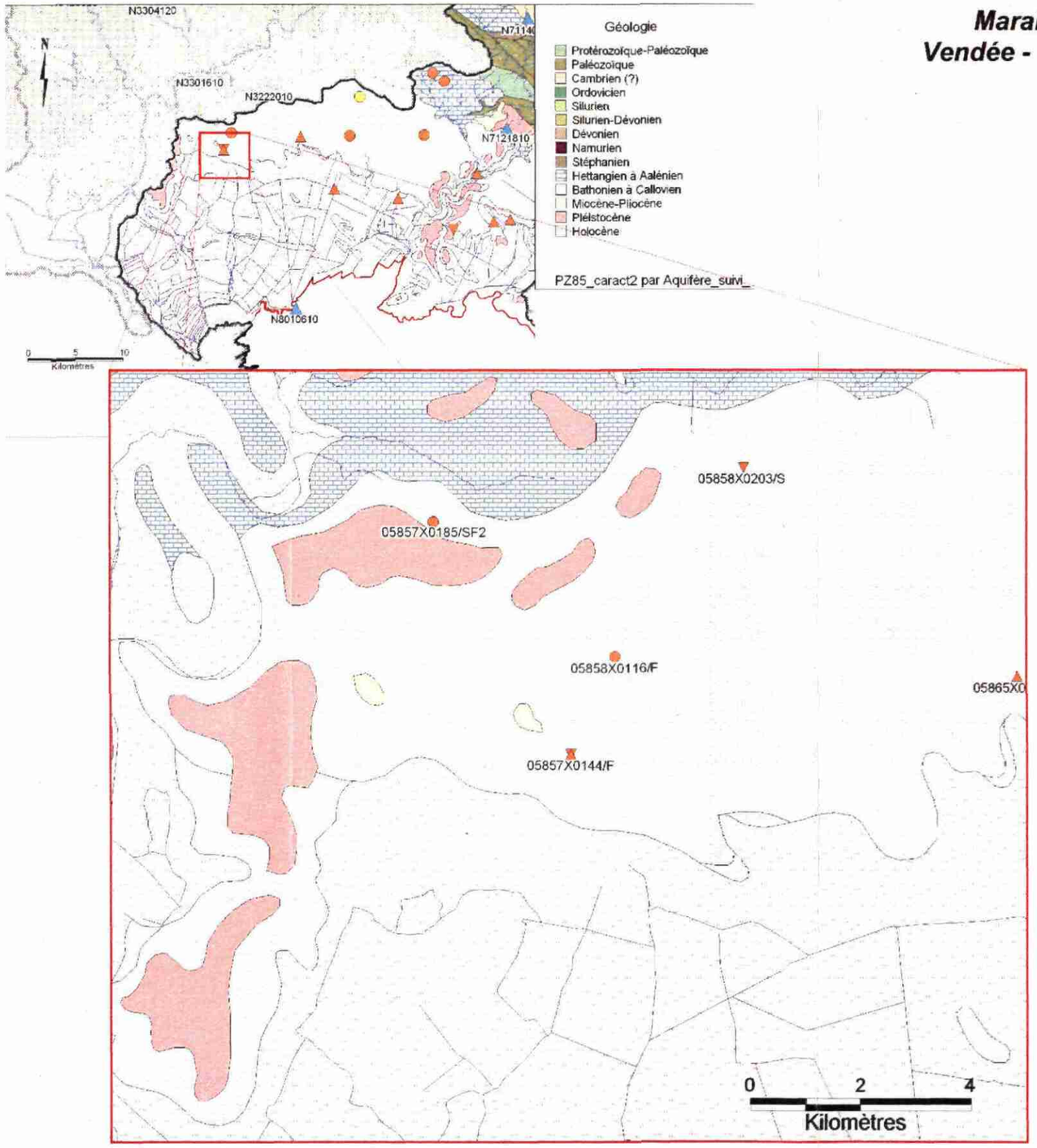
Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique



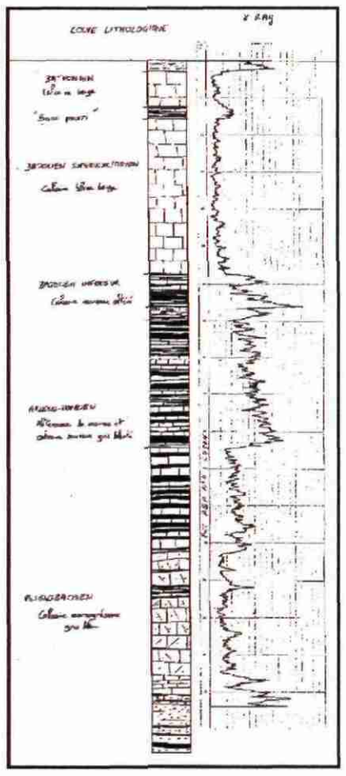
Caractéristiques	Point_1	Point_2
Indice BSS	05857X0144/F	05857X0145/PZ
Secteur	la Sèvre niortaise	la Sèvre niortaise
Code secteur	N8	N8
Commune	Luçon	Luçon
Libellé	Forage	Forage
Altitude (m NGF)	7.42	7.57
Aquifère suivi	Lias inf + Dogger	Dogger
Etat aquifère	Captif	Captif
XL2	329850	329850
YL2	2168750	2168745
Profondeur (m)	98	0
Niveau min	-2.06	-1.85
Niveau max	7.8	6.82
Log	oui	non
Mise en service (O-F)	10/10/1985 -	10/10/1985 -
Distance point d'eau (m)	925	919
Altitude point (m NGF)	4	4



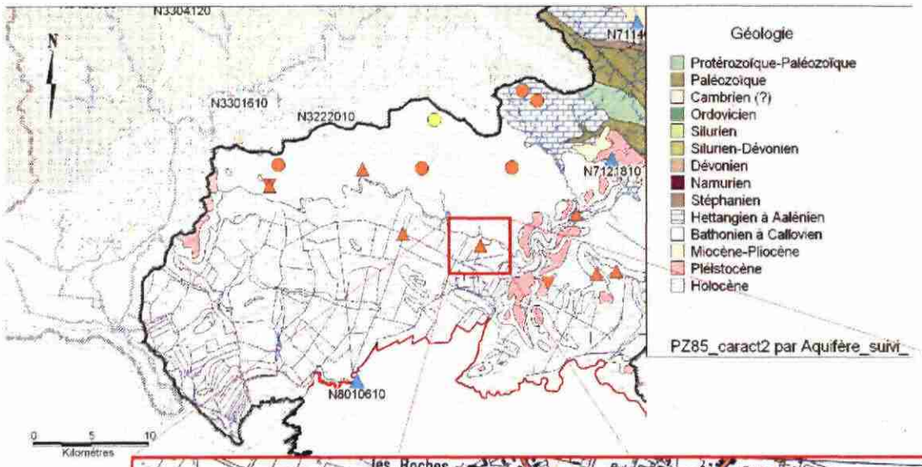
Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique

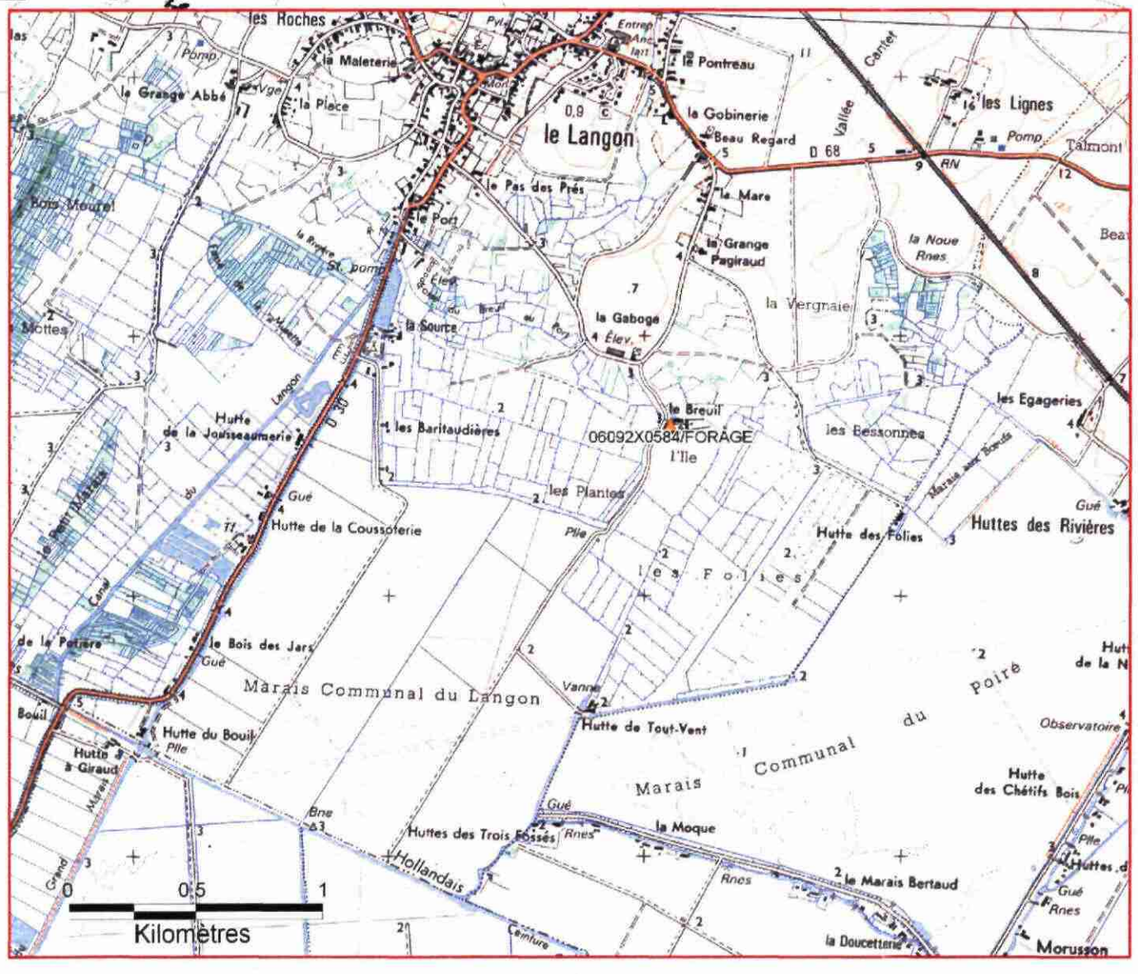


Caractéristiques	Point_1	Point_2
Indice BSS	05857X0144/F	05857X0145/PZ
Secteur	la Sèvre niortaise	la Sèvre niortaise
Code secteur	N8	N8
Commune	Luçon	Luçon
Libellé	Forage	Forage
Altitude (m NGF)	7.42	7.57
Aquifère suivi	Lias inf + Dogger	Dogger
Etat aquifère	Captif	Captif
XL2	329850	329850
YL2	2168750	2168745
Profondeur (m)	98	0
Niveau min	-2.06	-1.85
Niveau max	7.8	6.82
Log	oui	non
Mise en service (O-F)	10/10/1985 -	10/10/1985 -
Distance point d'eau (m)	925	919
Altitude point (m NGF)	4	4

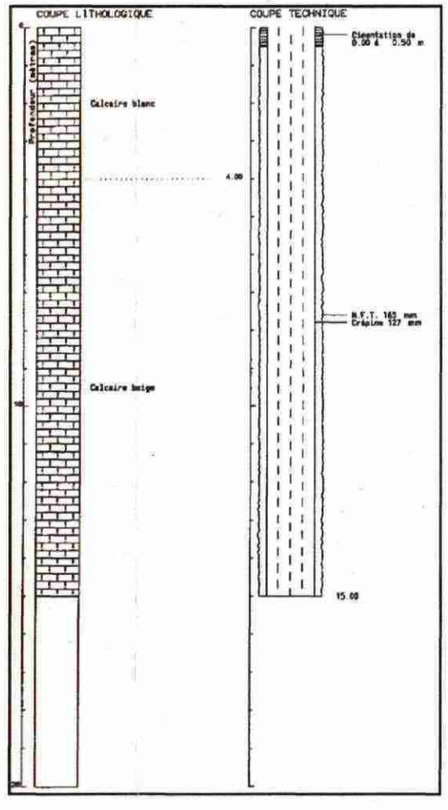


Marais Poitevin : Bassin versant de la Sèvre niortaise (de la Vendée à la mer) - Fiche piézométrique

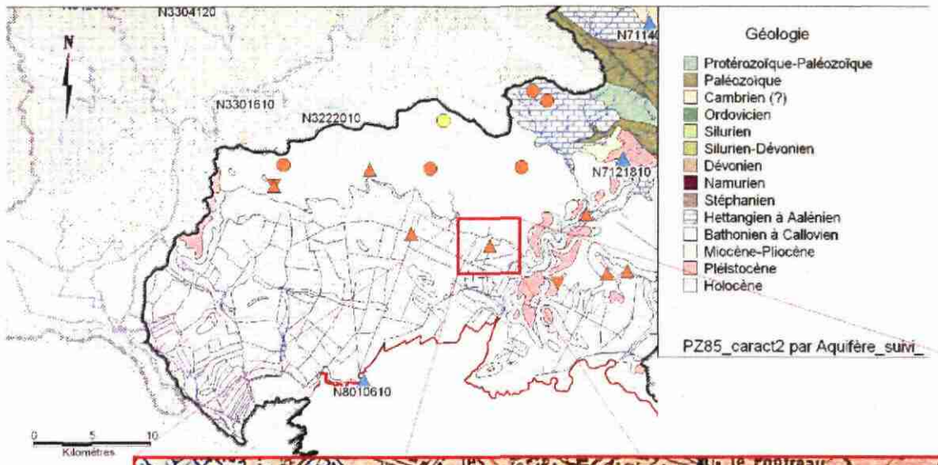


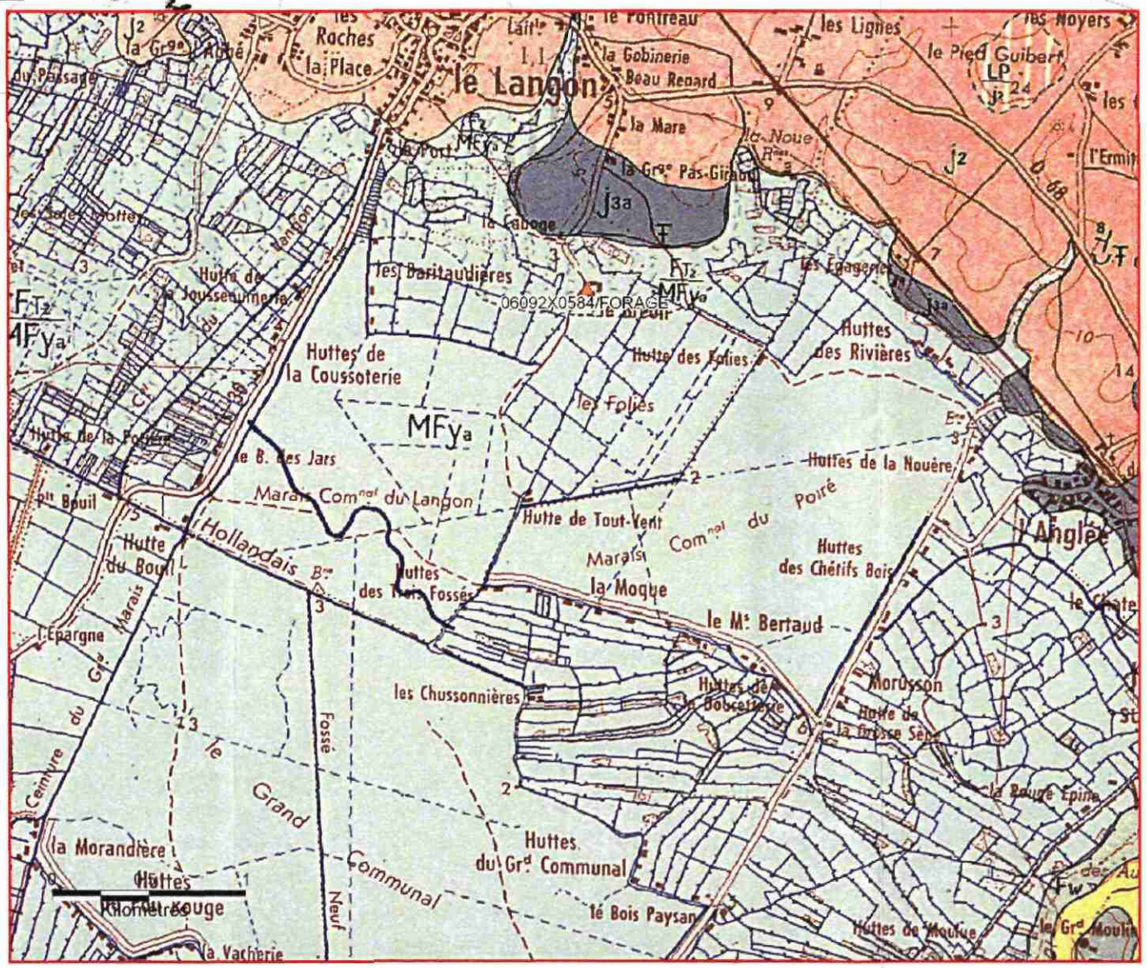


Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06092X0584/FORAGE
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N8
Commune	le Langon
Libellé	Forage du Breuil
Altitude (m NGF)	4.35
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	348100
YL2	2163660
Profondeur (m)	15
Niveau min	-0.22
Niveau max	2.52
Log	oui
Mise en service (O-F)	30/06/1990 -
Distance point d'eau (m)	26
Altitude point d'eau (m NGF)	3

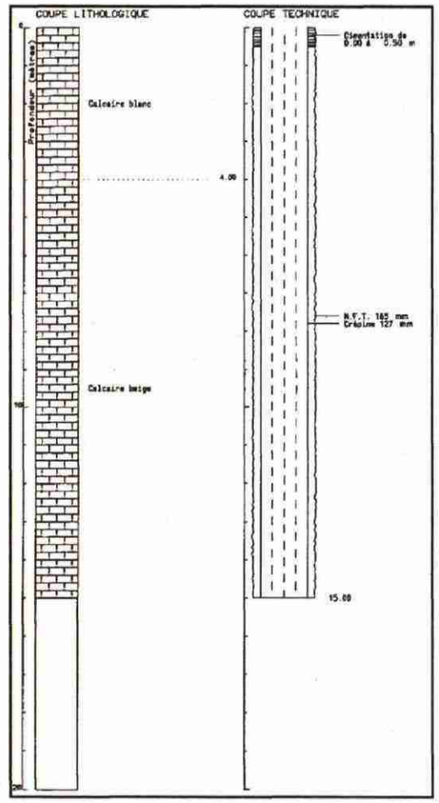


Marais Poitevin : Bassin versant de la Sèvre niortaise (de la Vendée à la mer) - Fiche piézométrique

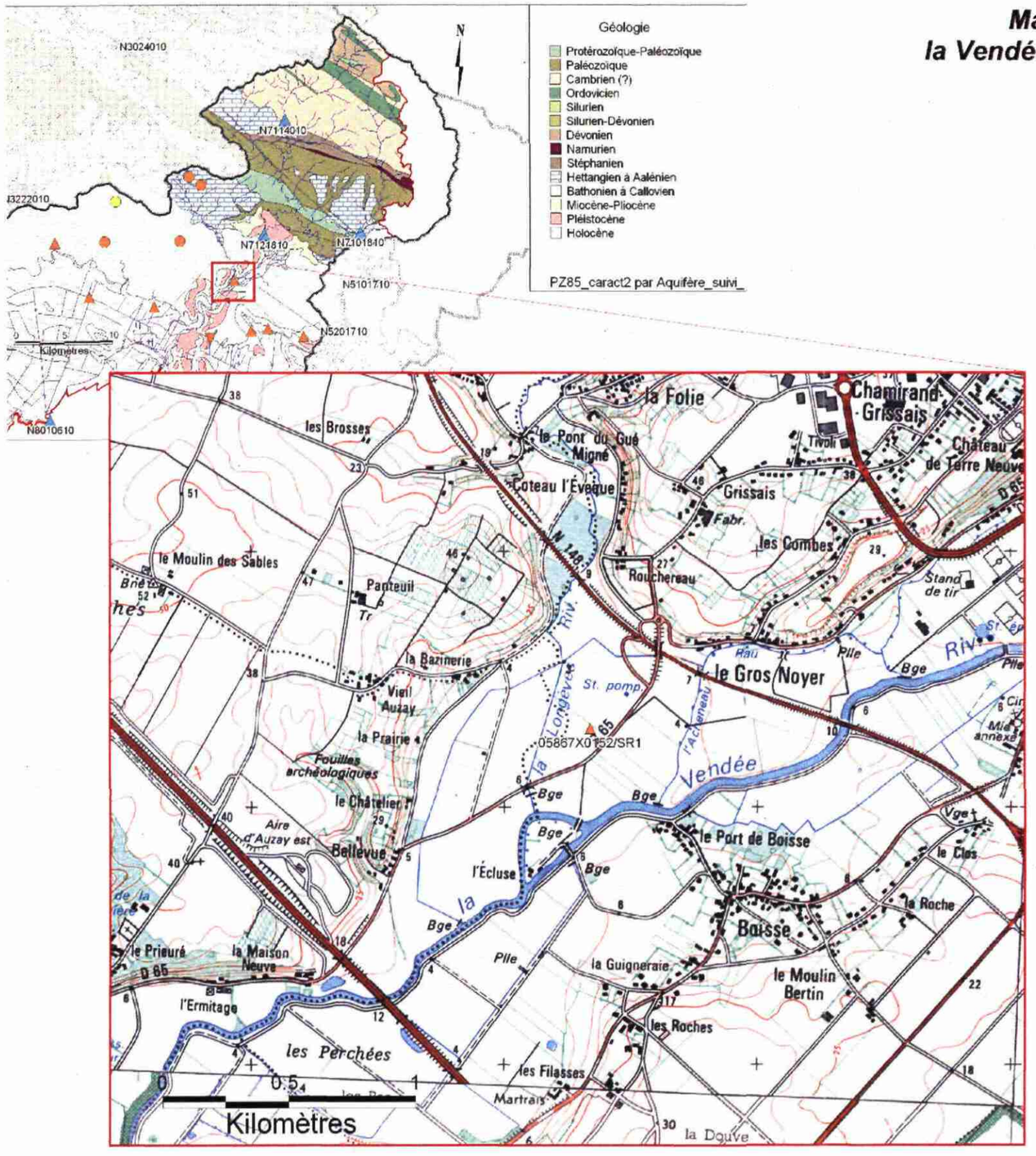




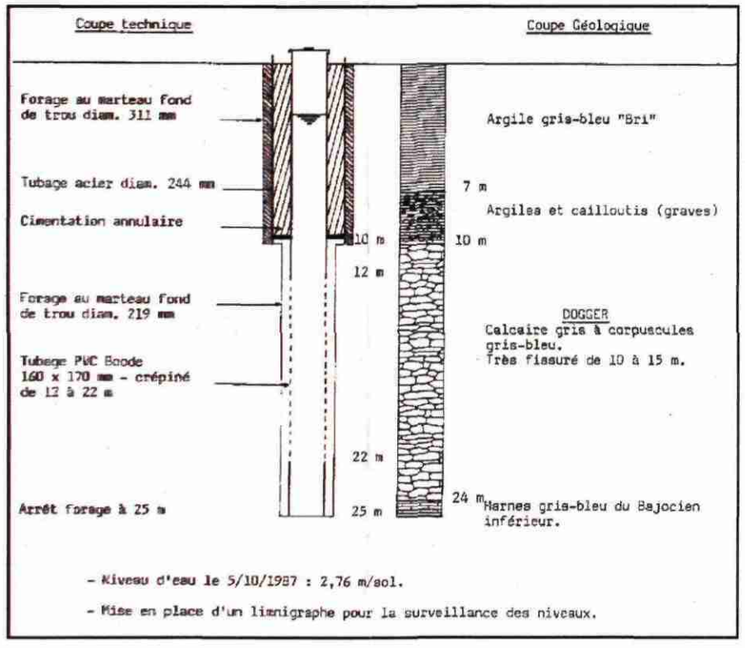
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06092X0584/FORAGE
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N8
Commune	le Langon
Libellé	Forage du Breuil
Altitude (m NGF)	4.35
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	348100
YL2	2163660
Profondeur (m)	15
Niveau min	-0.22
Niveau max	2.52
Log	oui
Mise en service (O-F)	30/06/1990 -
Distance point d'eau (m)	26
Altitude point d'eau (m NGF)	3



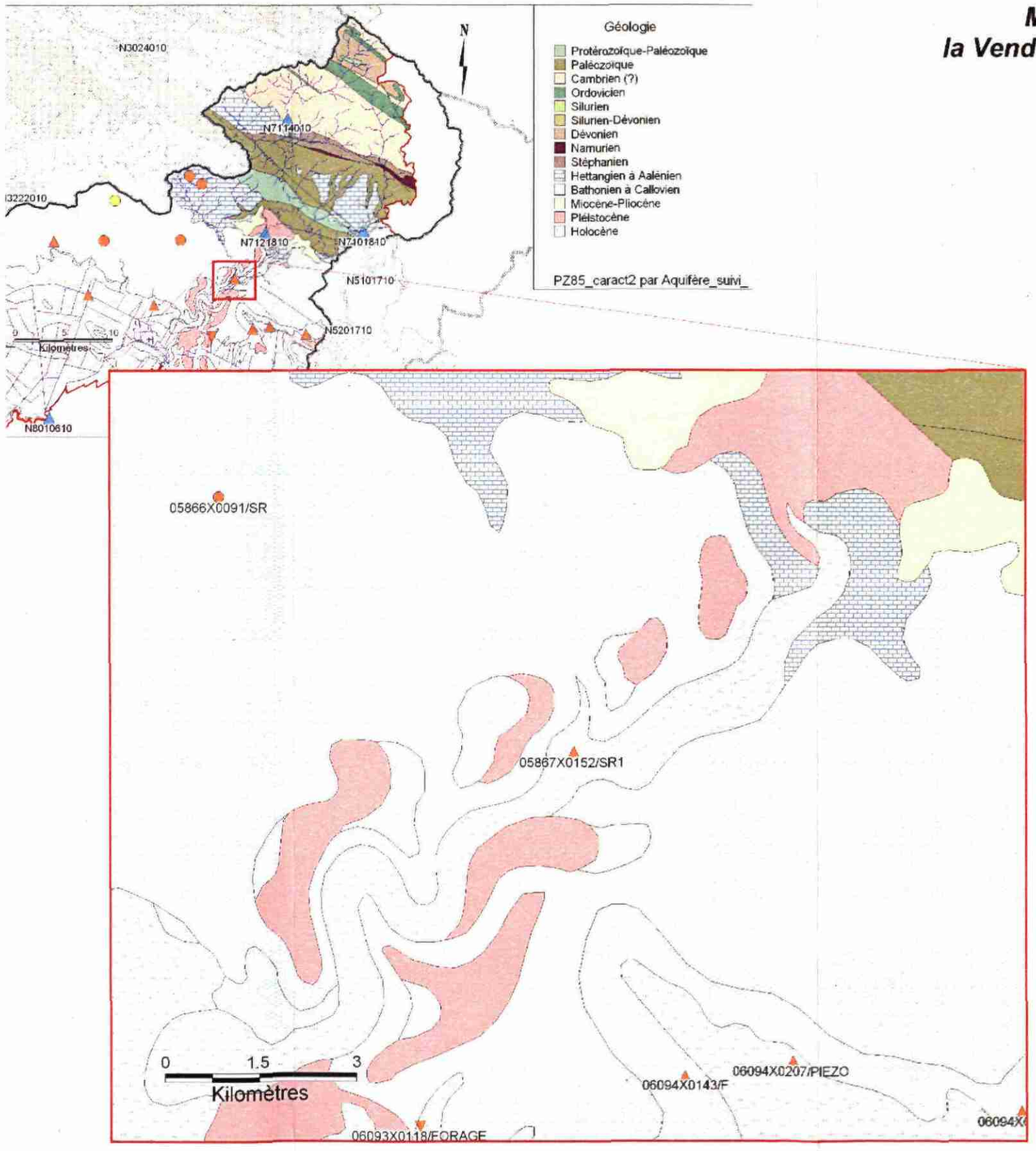
Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique



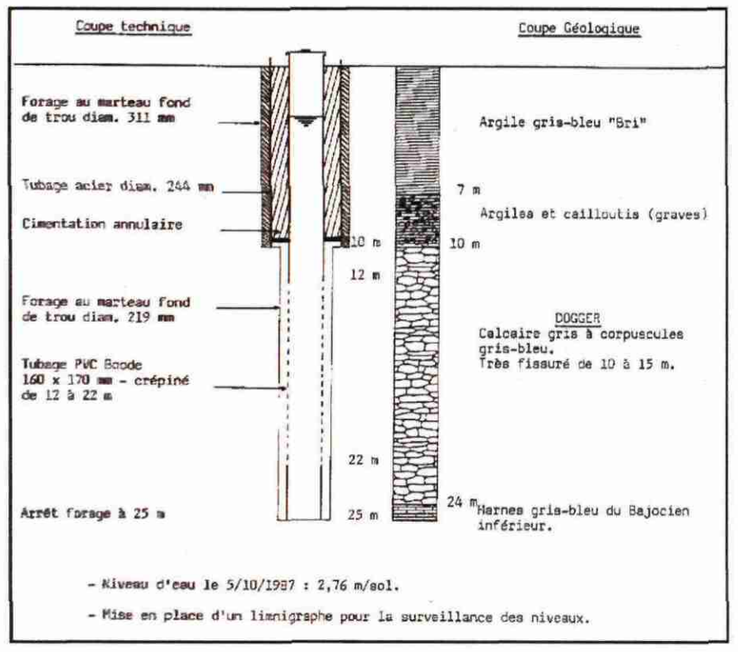
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05867X0152/SR1
Secteur	la Vendée
Code secteur	N7
Commune	Fontenay-le-Comte
Libelle	Le Gros Noyer
Altitude (m NGF)	4.71
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	356340
YL2	2166310
Profondeur (m)	25
Niveau min	-1.5
Niveau max	4.9
Log	oui
Mise en service (O-F)	31/08/1987 -
Distance point d'eau (m)	176
Altitude point d'eau (m NGF)	5



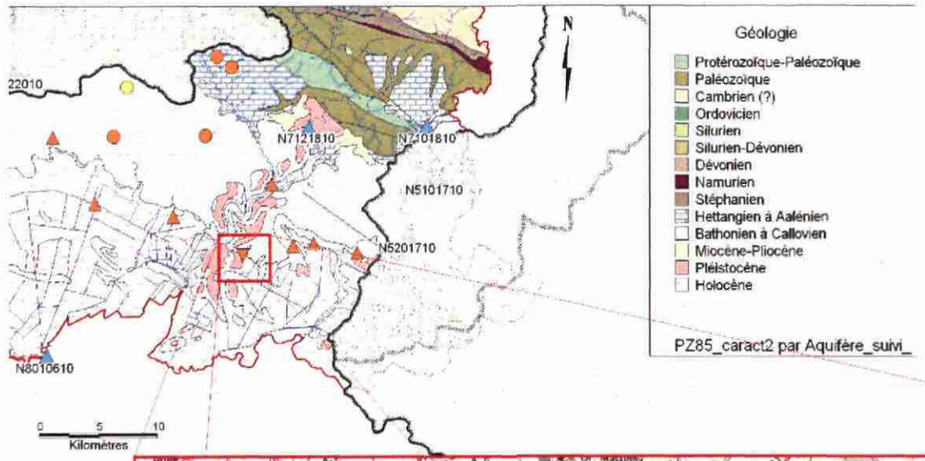
Marais Poitevin : Bassin versant de la Vendée - Sèvre niortaise - Fiche piézométrique

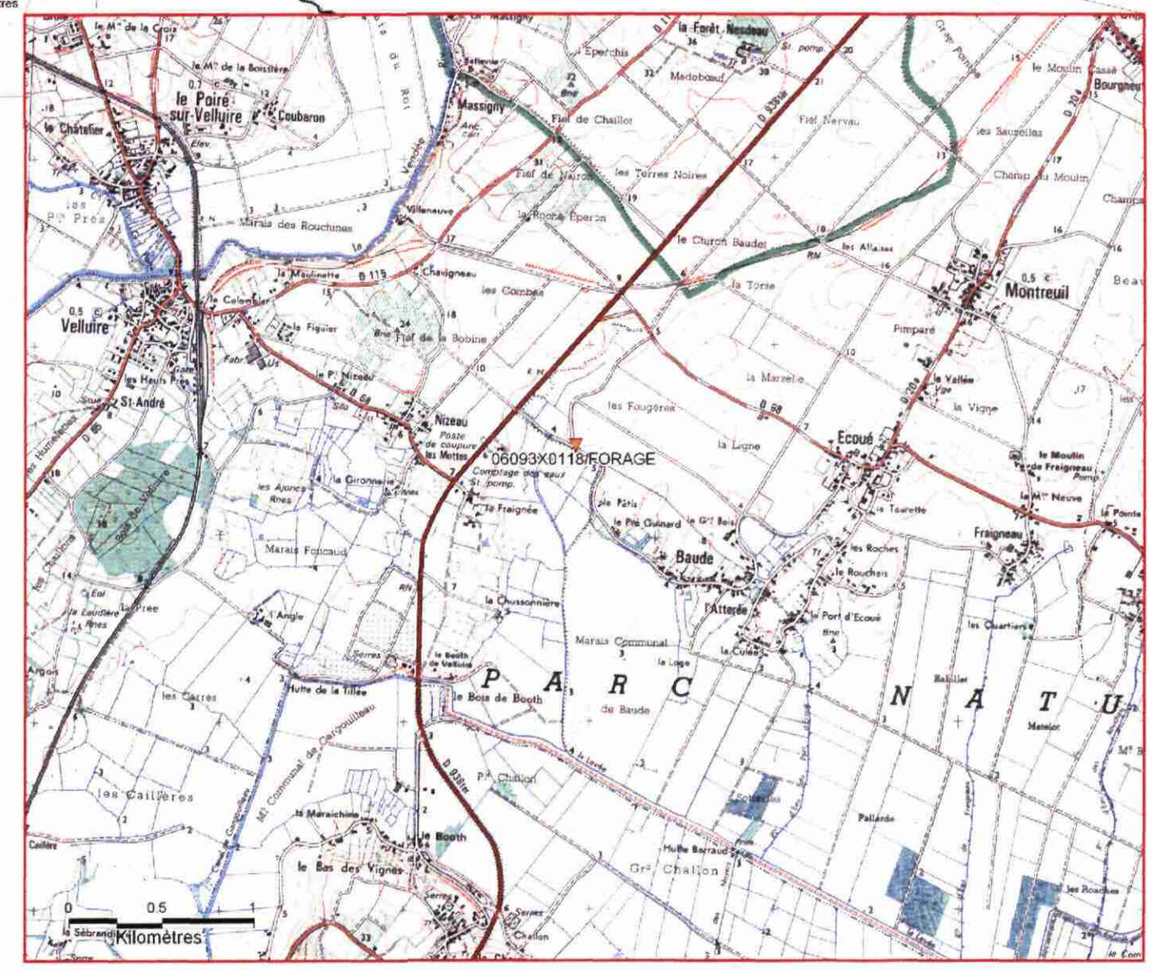


Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	05867X0152/SR1
Secteur	la Vendée
Code secteur	N7
Commune	Fontenay-le-Comte
Libellé	Le Gros Noyer
Altitude (m NGF)	4.71
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	356340
YL2	2166310
Profondeur (m)	25
Niveau min	-1.5
Niveau max	4.9
Log	oui
Mise en service (O-F)	31/08/1987 -
Distance point d'eau (m)	176
Altitude point d'eau (m NGF)	5

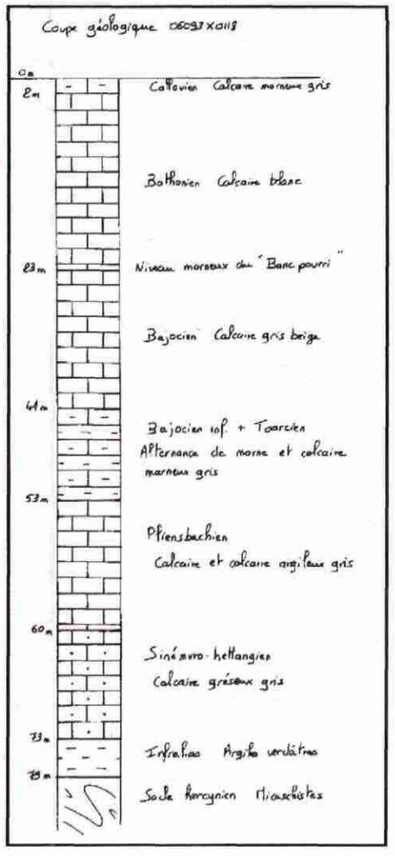


Marais Poitevin : Bassin versant de la Sèvre niortaise (de l'Autize à la Vendée) - Fiche piézométrique

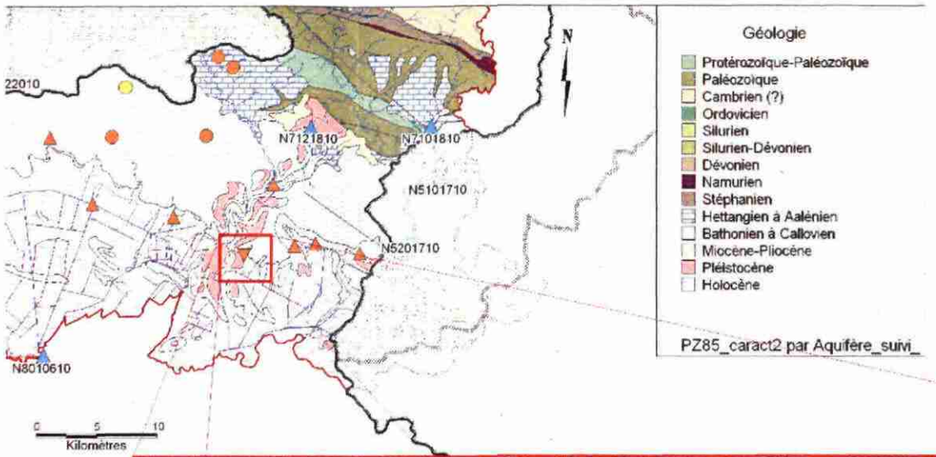


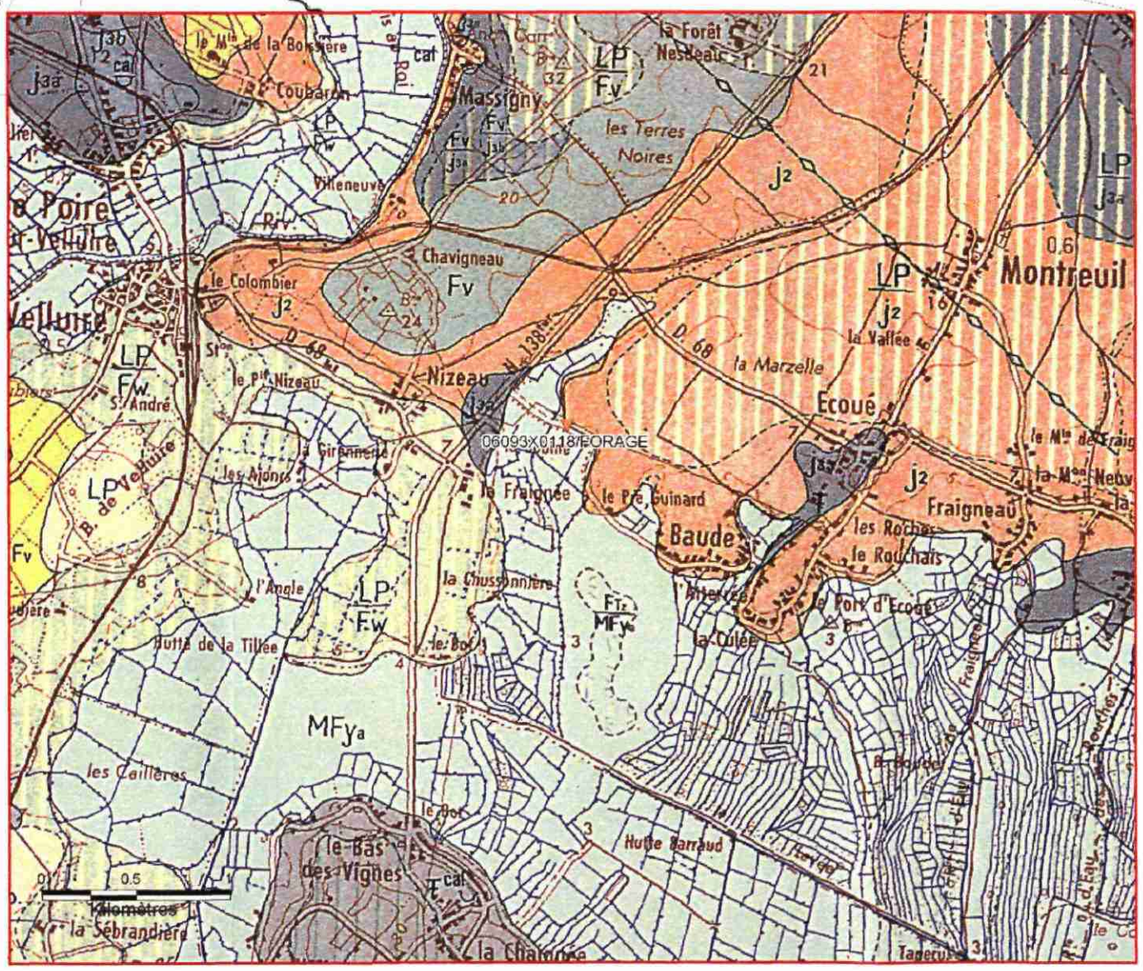


Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06093X0118/FORAGE
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N6
Commune	Montreuil
Libellé	Forage de Chottard
Altitude (m NGF)	3.99
Aquifère suivi	Dogger + Lias inf
Etat aquifère	Captif
XL2	353920
YL2	2160470
Profondeur (m)	93
Niveau min	0.3
Niveau max	1.45
Log	oui
Mise en service (O-F)	30/05/1992 -
Distance point d'eau (m)	28
Altitude point d'eau (m NGF)	5

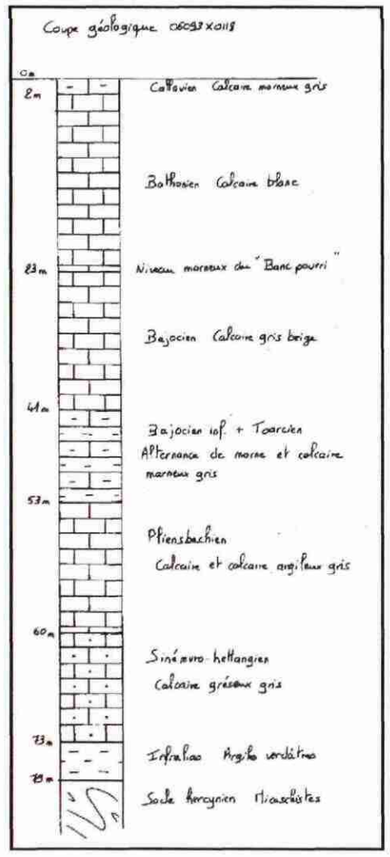


Marais Poitevin : Bassin versant de la Sèvre niortaise (de l'Autize à la Vendée) - Fiche piézométrique

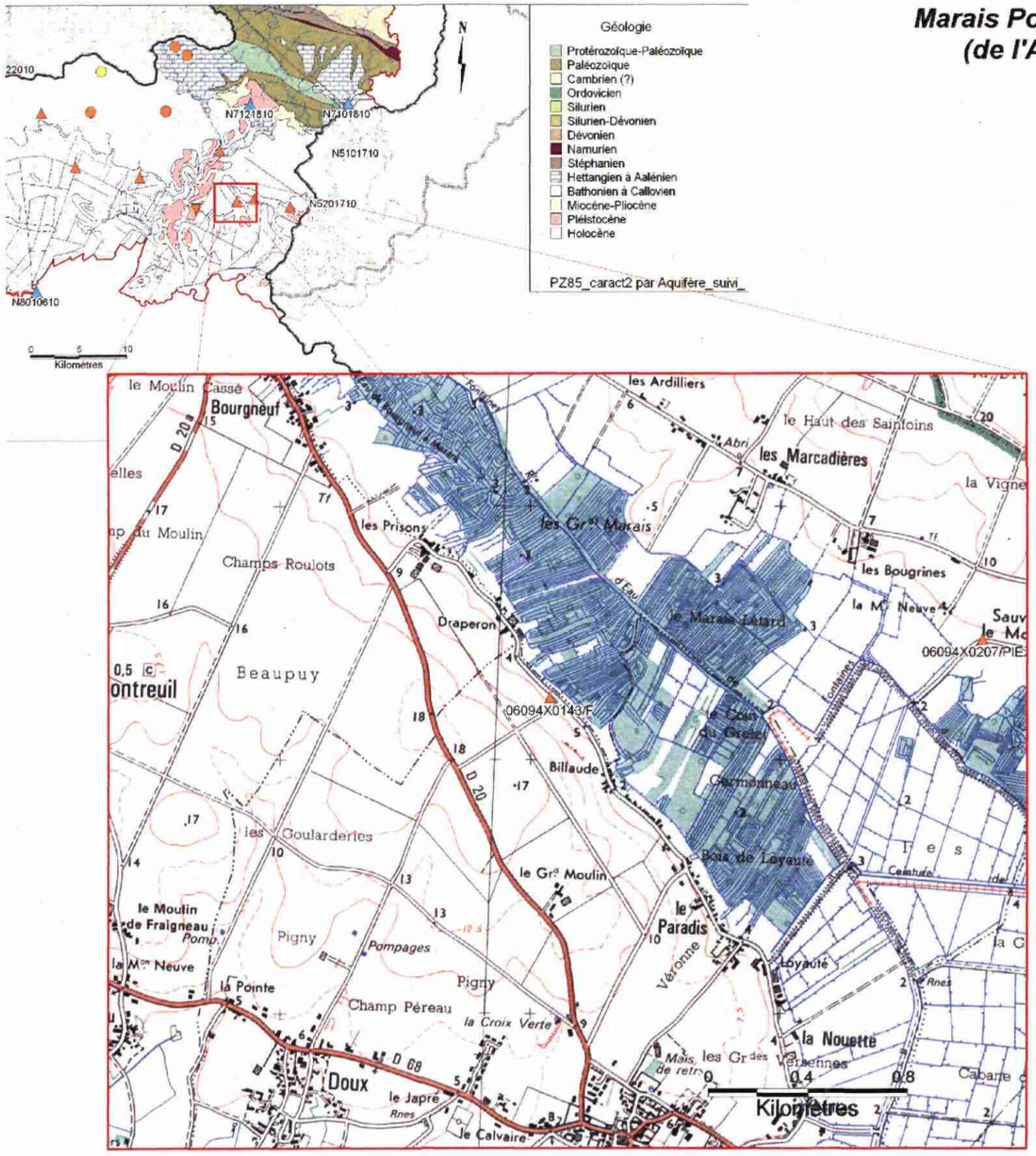




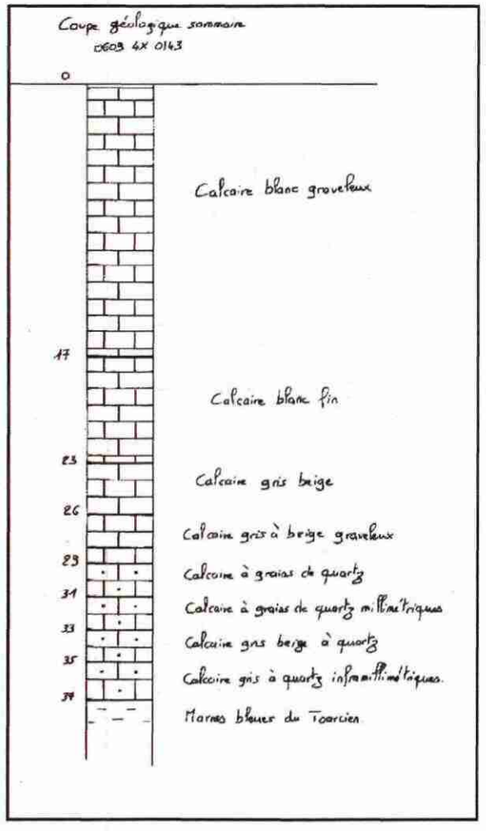
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06093X0118/FORAGE
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N6
Commune	Montreuil
Libellé	Forage de Chottard
Altitude (m NGF)	3.99
Aquifère suivi	Dogger + Lias inf
Etat aquifère	Captif
XL2	353920
YL2	2160470
Profondeur (m)	93
Niveau min	0.3
Niveau max	1.45
Log	oui
Mise en service (O-F)	30/05/1992 -
Distance point d'eau (m)	28
Altitude point d'eau (m NGF)	5



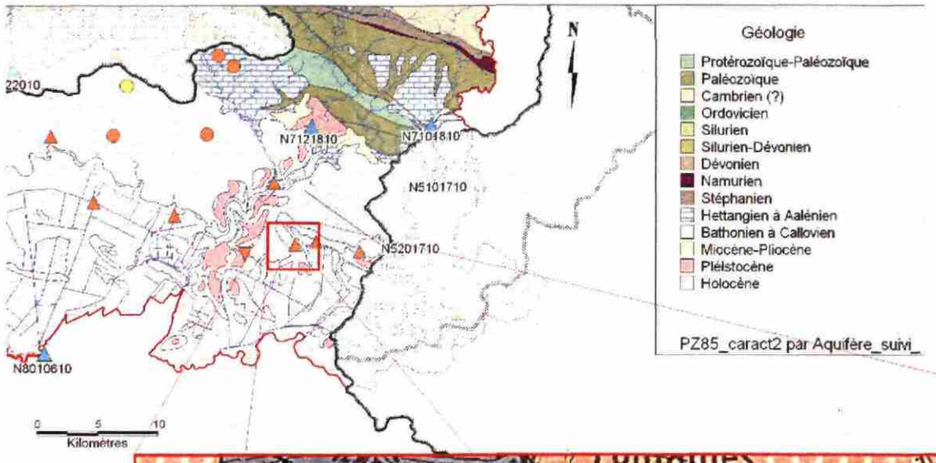
Marais Poitevin : Bassin versant de la Sèvre niortaise (de l'Autize à la Vendée) - Fiche piézométrique

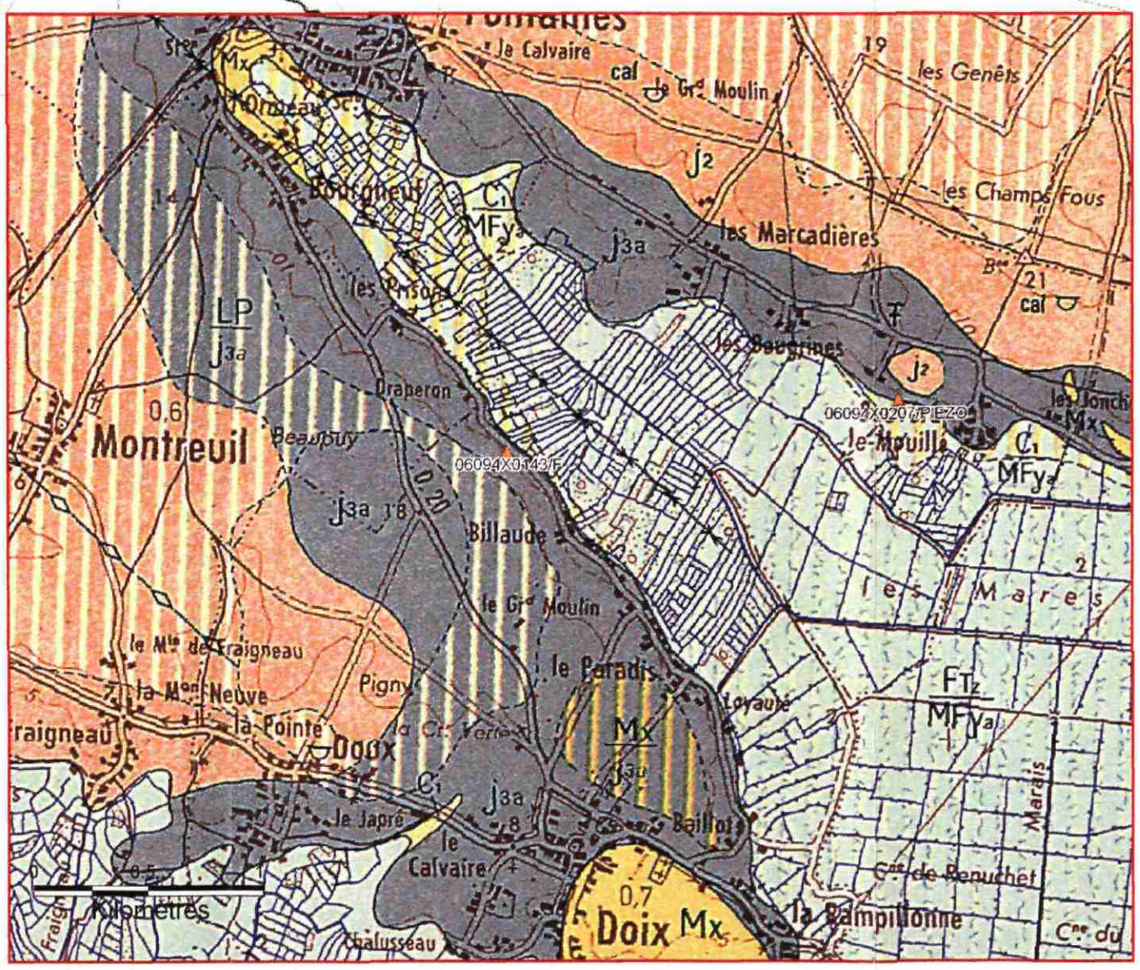


Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06094X0143/F
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N6
Commune	Doix
Libellé	Forage de Billaude
Altitude (m NGF)	4,78
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	358075
YL2	2161250
Profondeur (m)	70
Niveau min	-
Niveau max	-
Log	oui
Mise en service (O-F)	14/05/1996 -
Distance point d'eau (m)	47
Altitude point d'eau (m NGF)	4

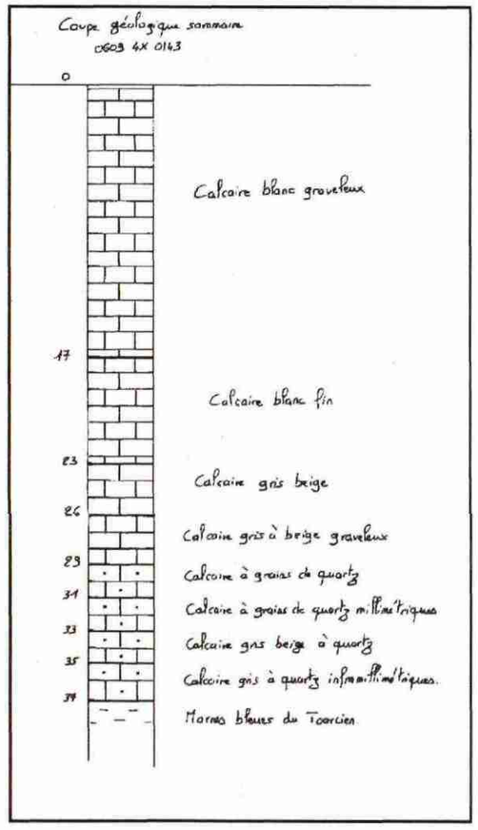


Marais Poitevin : Bassin versant de la Sèvre niortaise (de l'Autize à la Vendée) - Fiche piézométrique

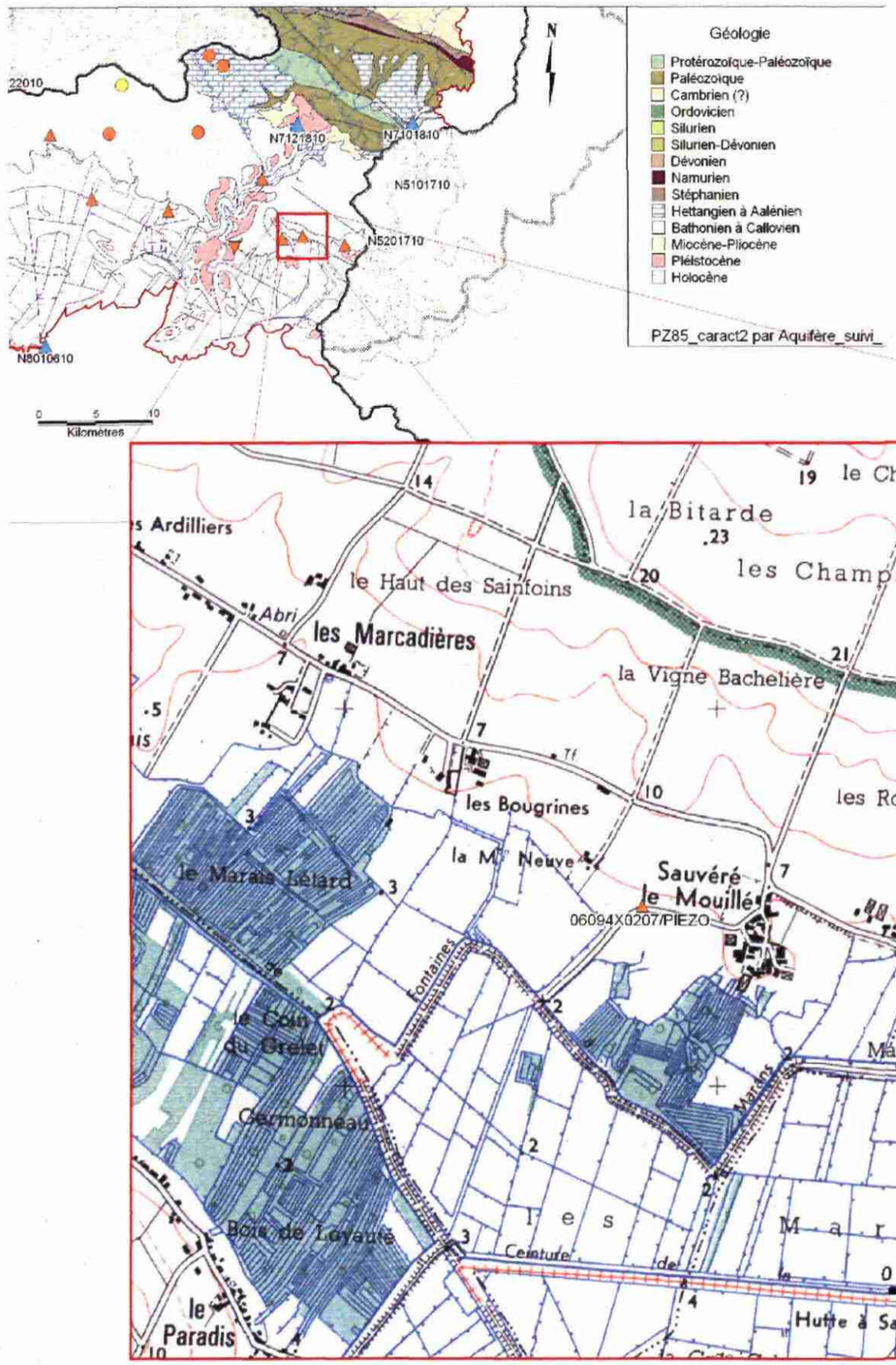




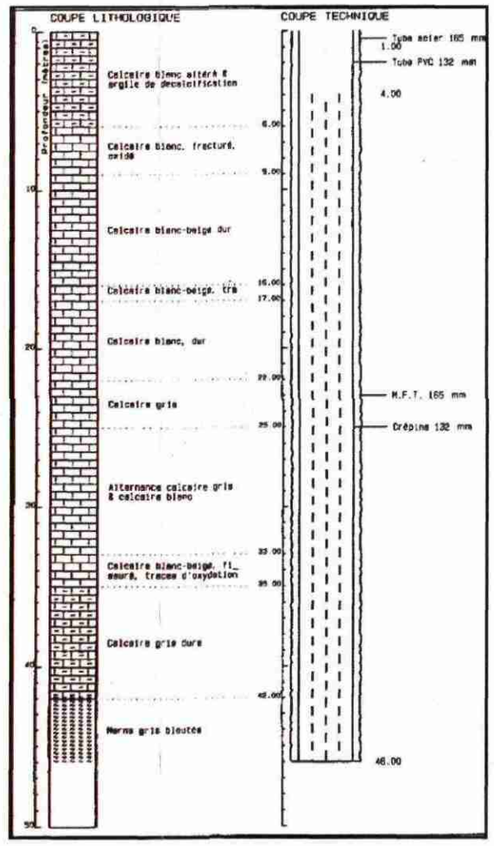
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06094X0143/F
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N6
Commune	Doix
Libellé	Forage de Billaude
Altitude (m NGF)	4,78
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	358075
YL2	2161250
Profondeur (m)	70
Niveau min	-
Niveau max	-
Log	oui
Mise en service (O-F)	14/05/1996 -
Distance point d'eau (m)	47
Altitude point d'eau (m NGF)	4



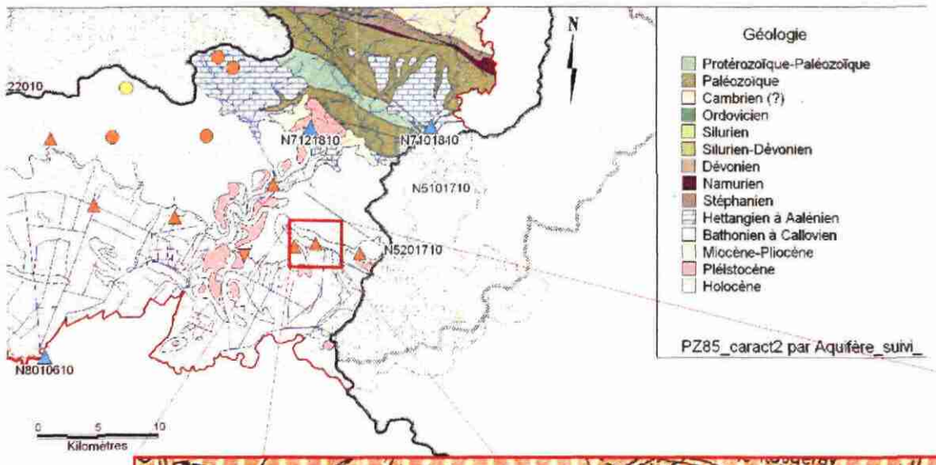
Marais Poitevin : Bassin versant de la Sèvre niortaise (de l'Autize à la Vendée) - Fiche piézométrique



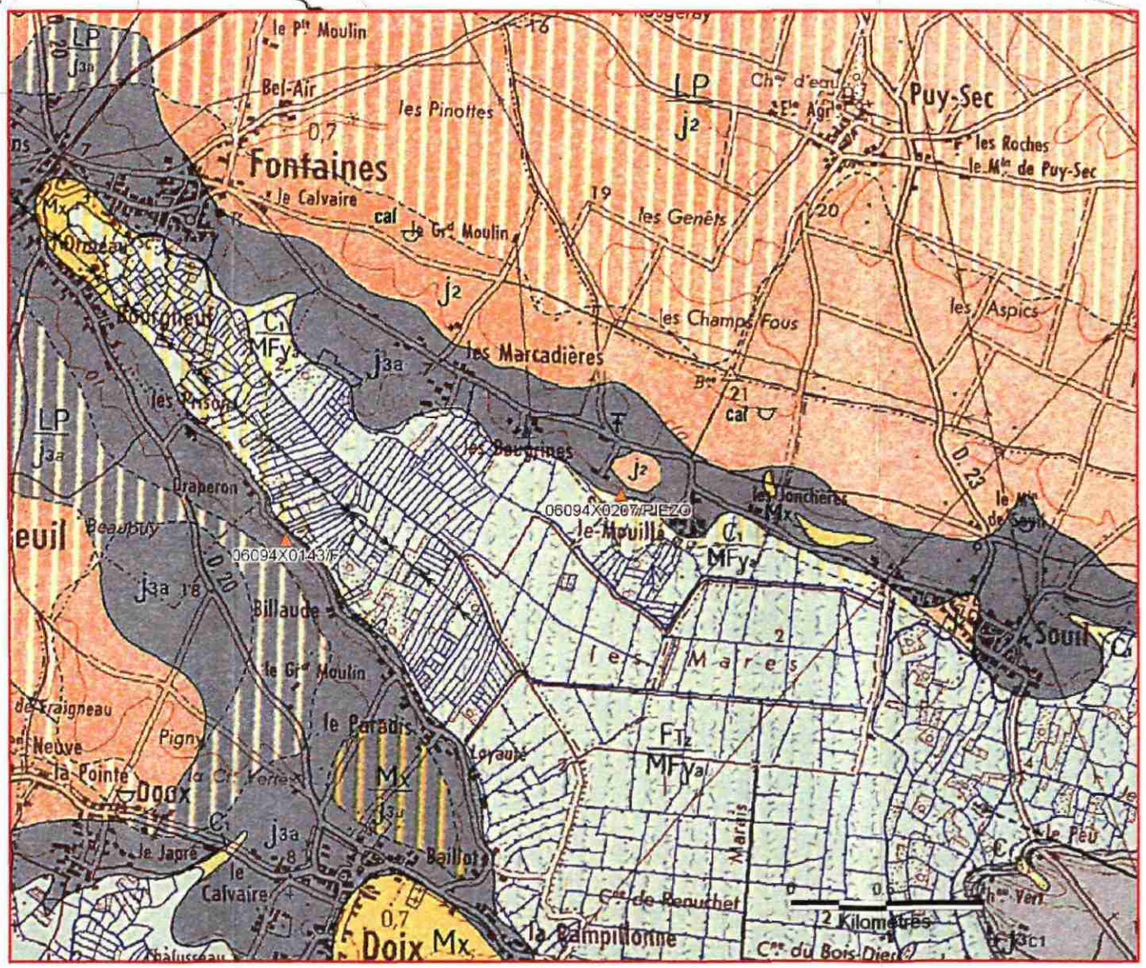
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06094X0207/PIEZO
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N6
Commune	Fontaines
Libellé	Forage
Altitude (m NGF)	4
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	359800
YL2	2161480
Profondeur (m)	46
Niveau min	-
Niveau max	-
Log	oui
Mise en service (O-F)	14/05/1996 - 20/02/2001
Distance point d'eau (m)	110
Altitude point d'eau (m NGF)	4

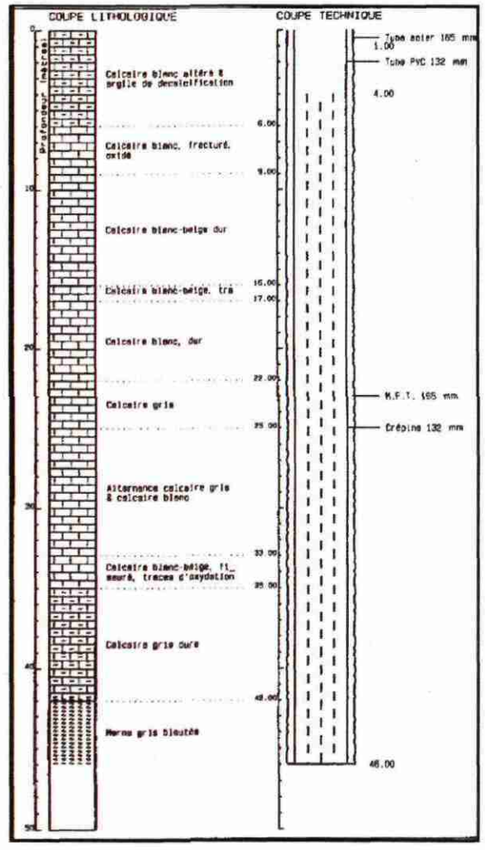


Marais Poitevin : Bassin versant de la Sèvre niortaise (de l'Autize à la Vendée) - Fiche piézométrique

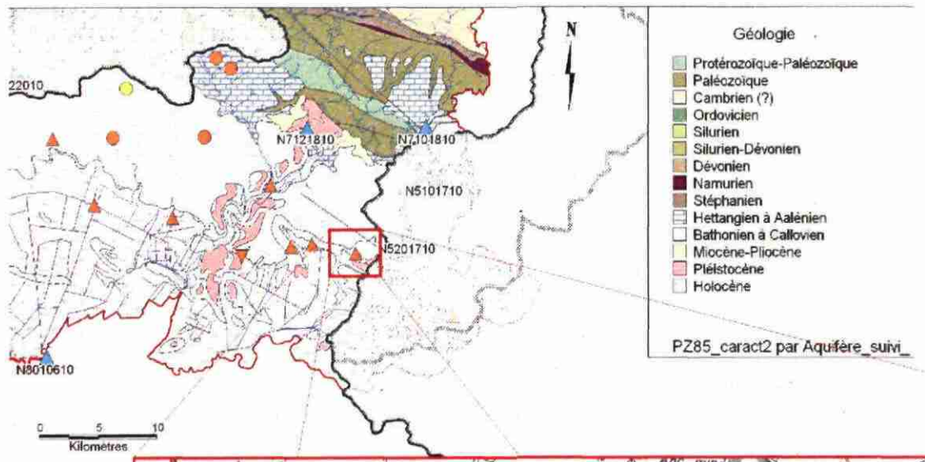


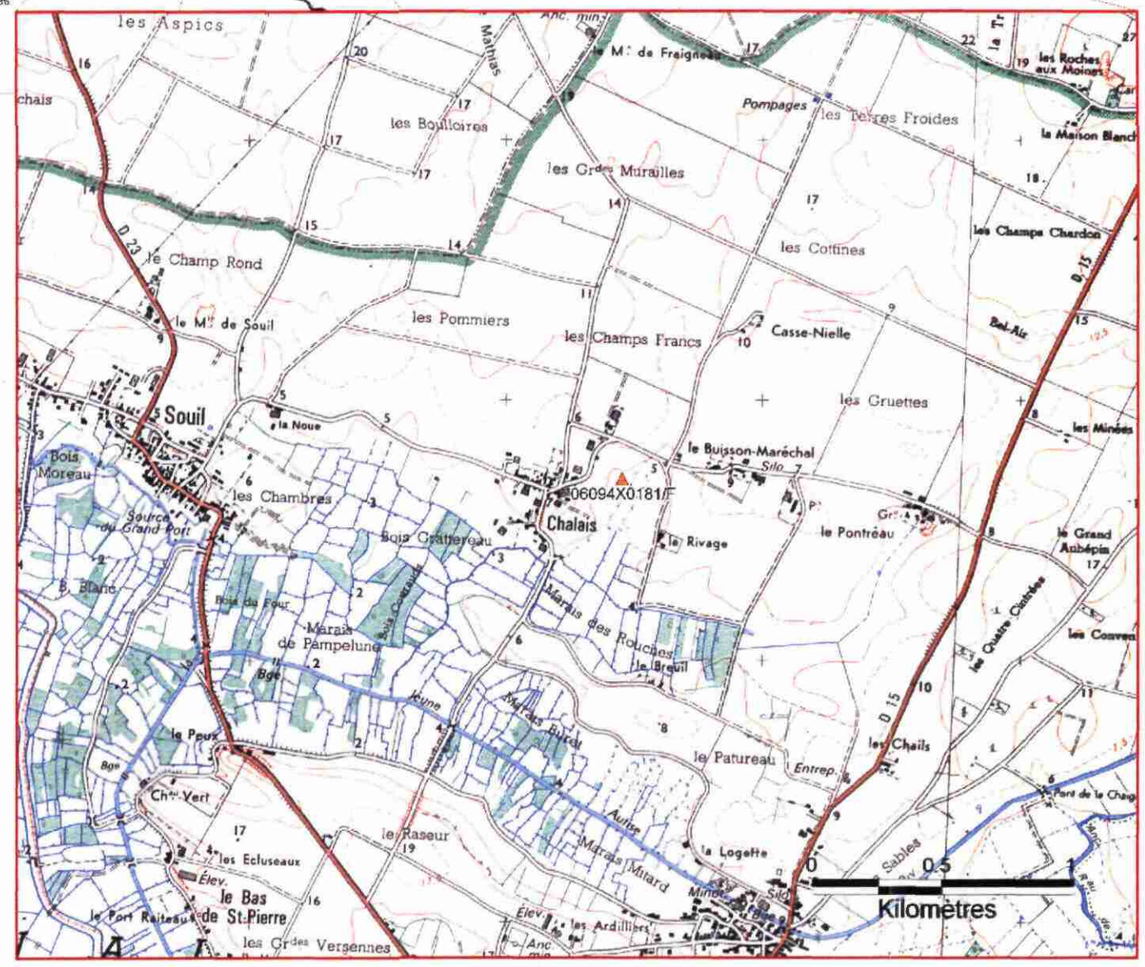
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06094X0207/PIEZO
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N6
Commune	Fontaines
Libellé	Forage
Altitude (m NGF)	4
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	359800
YL2	2161480
Profondeur (m)	46
Niveau min	-
Niveau max	-
Log	oui
Mise en service (O-F)	14/05/1996 - 20/02/2001
Distance point d'eau (m)	110
Altitude point d'eau (m NGF)	4





Marais Poitevin : Bassin versant de la Sèvre niortaise (de l'Autize à la Vendée) - Fiche piézométrique

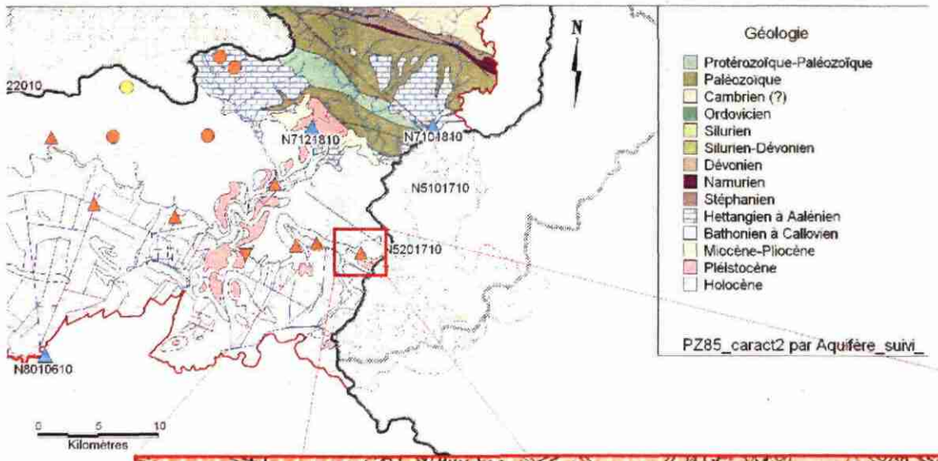


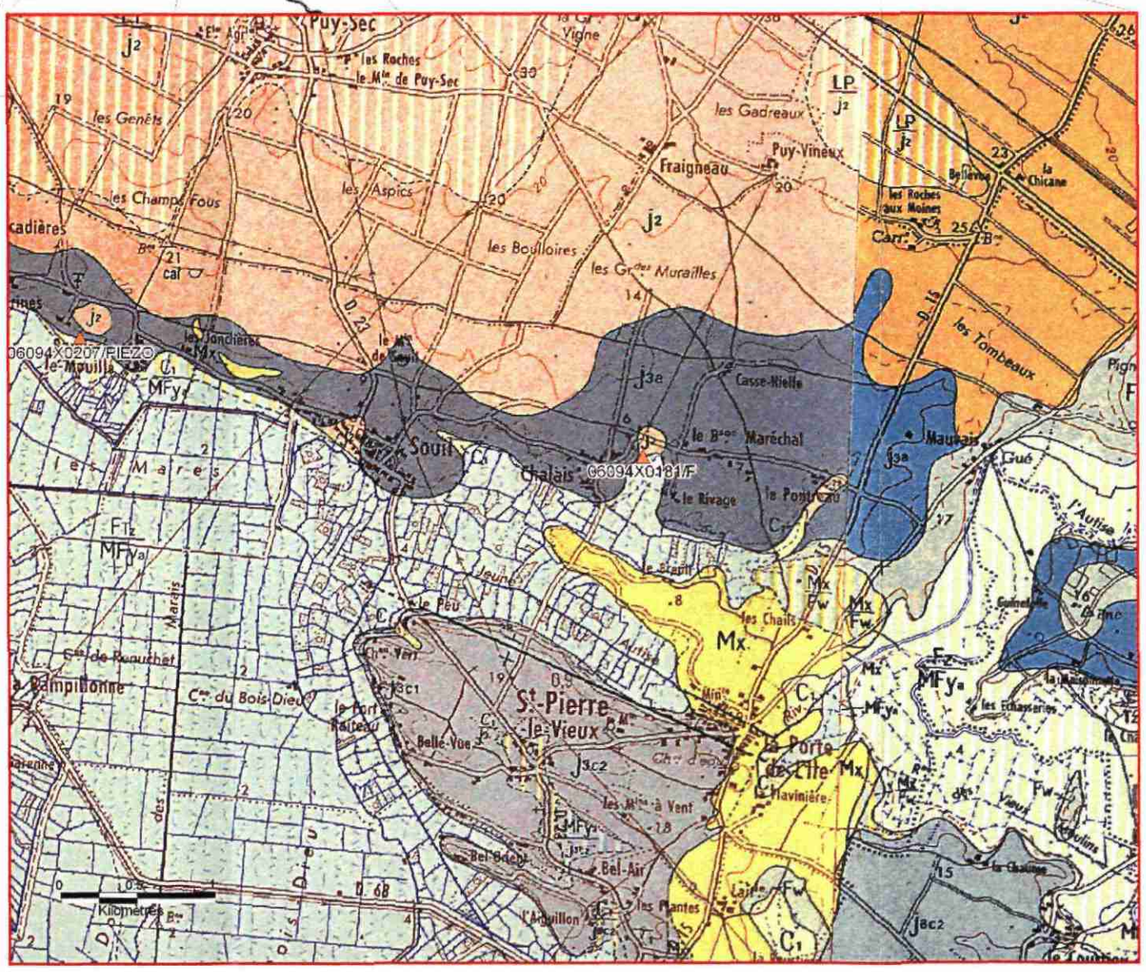


Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06094X0181/F
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N6
Commune	Saint-Pierre-le-Vieux
Libellé	Forage de Chalais
Altitude (m NGF)	3
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	363450
YL2	2160700
Profondeur (m)	36
Niveau min	-2.21
Niveau max	3.06
Log	non
Mise en service (O-F)	16/08/1989 -
Distance point d'eau (m)	40
Altitude point d'eau (m NGF)	4

Non disponible

Marais Poitevin : Bassin versant de la Sèvre niortaise (de l'Autize à la Vendée) - Fiche piézométrique





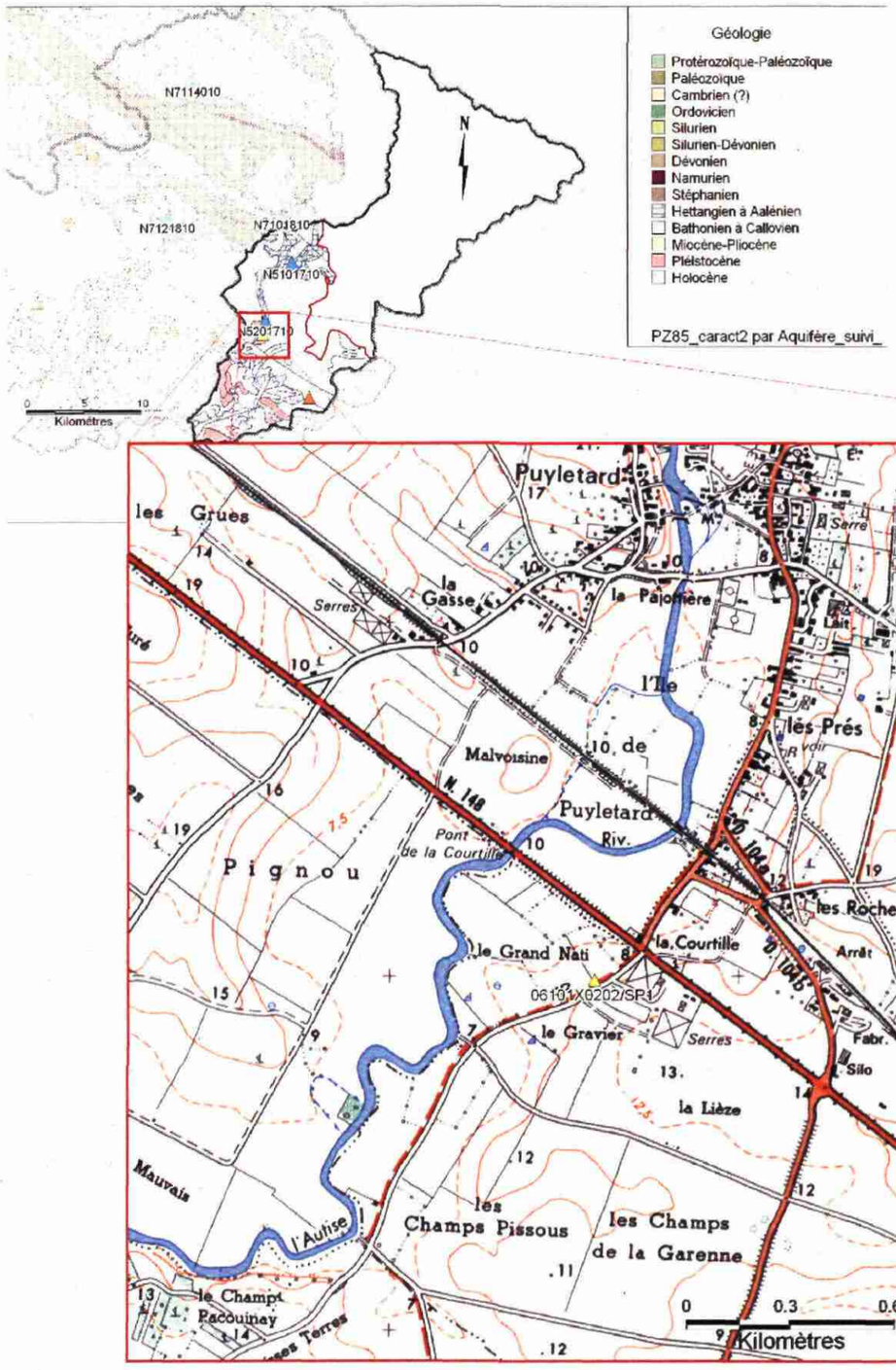
Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06094X0181/F
Secteur	la Sèvre niortaise
Code secteur	N6
Commune	Saint-Pierre-le-Vieux
Libellé	Forage de Chalais
Altitude (m NGF)	3
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Captif
XL2	363450
YL2	2160700
Profondeur (m)	36
Niveau min	-2.21
Niveau max	3.06
Log	non
Mise en service (O-F)	16/08/1989 -
Distance point d'eau (m)	40
Altitude point d'eau (m NGF)	4

Non disponible

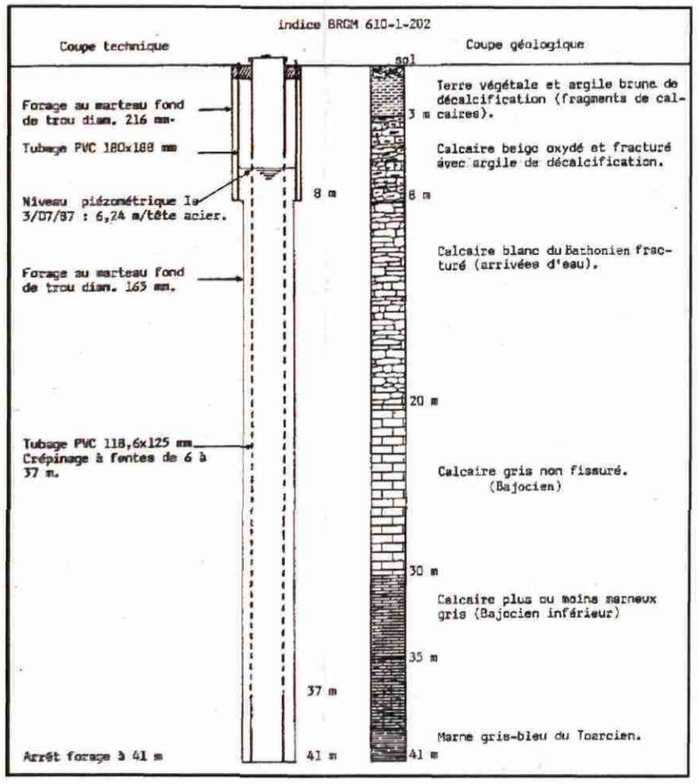
Annexe 3

Bassin de l'Autise
Fiches des piézomètres

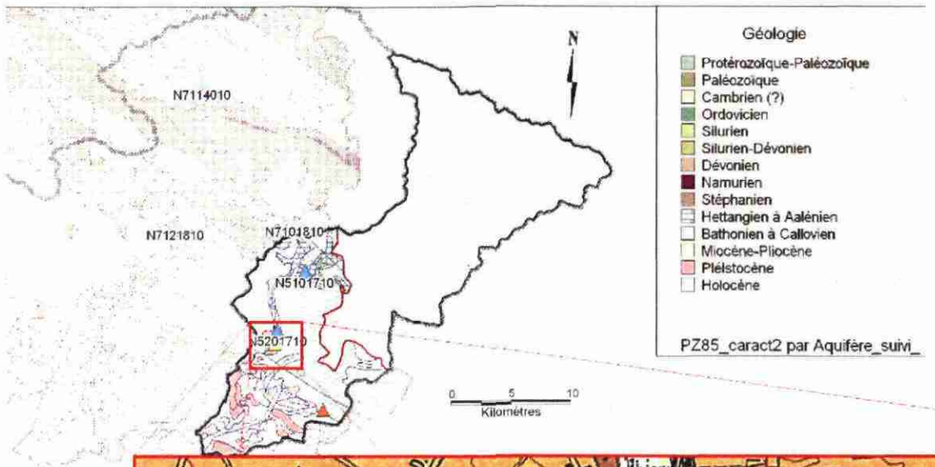
Marais Poitevin : Bassin versant de l'Autize (et ses affluents)
Fiche piézométrique

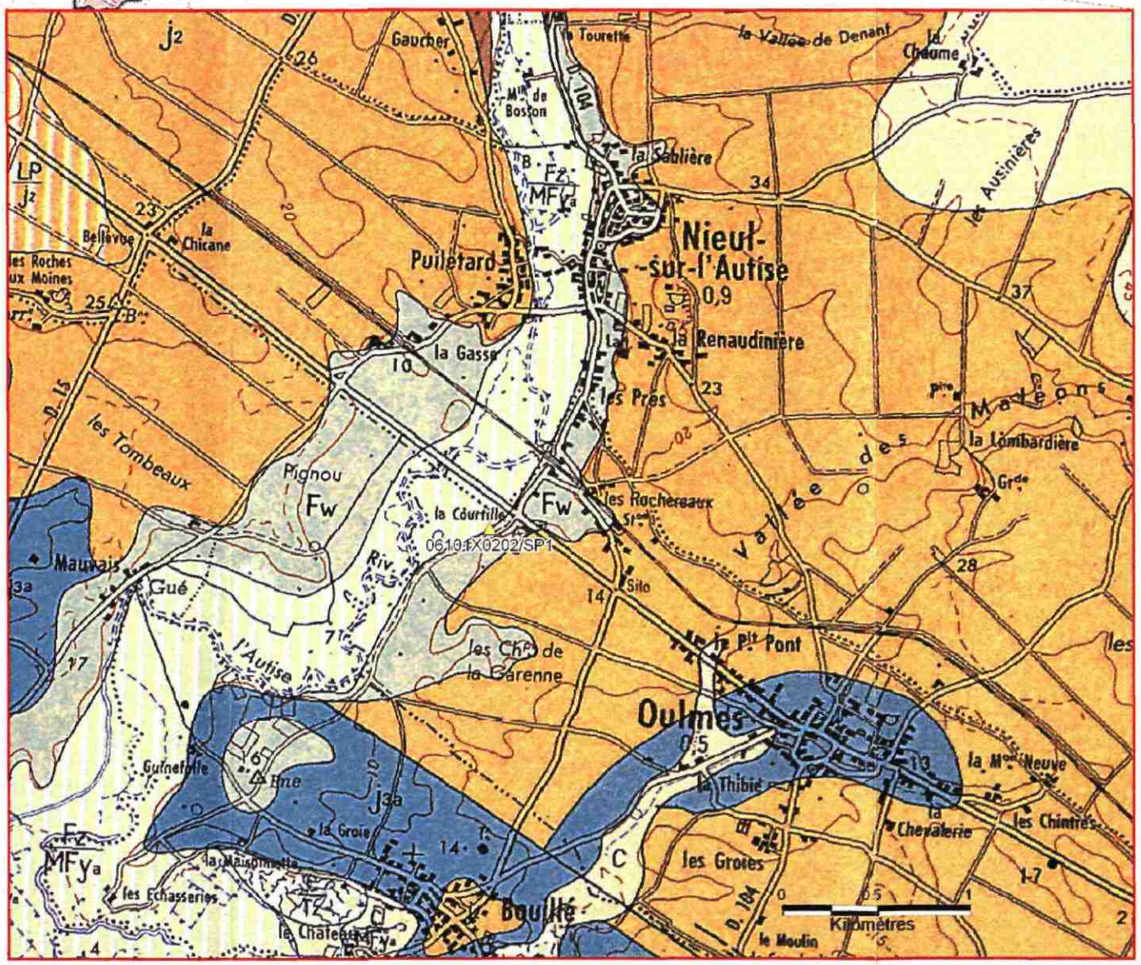


Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06101X0202/SP1
Secteur	l'Autize
Code secteur	N5
Commune	Oulmes
Libellé	Forage du Grand Nati
Altitude (m NGF)	10.2
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Libre
XL2	367590
YL2	2160990
Profondeur (m)	41
Niveau min	-0.45
Niveau max	7.26
Log	oui
Mise en service (O-F)	10/07/1987 -
Distance point d'eau (m)	370
Altitude point d'eau (m NGF)	7

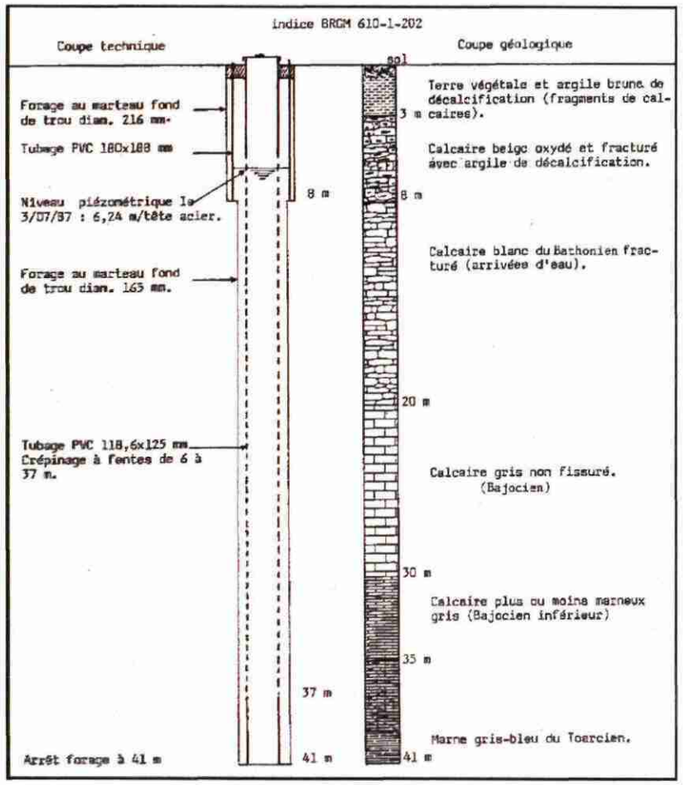


Marais Poitevin : Bassin versant de l'Autize (et ses affluents)
Fiche piézométrique

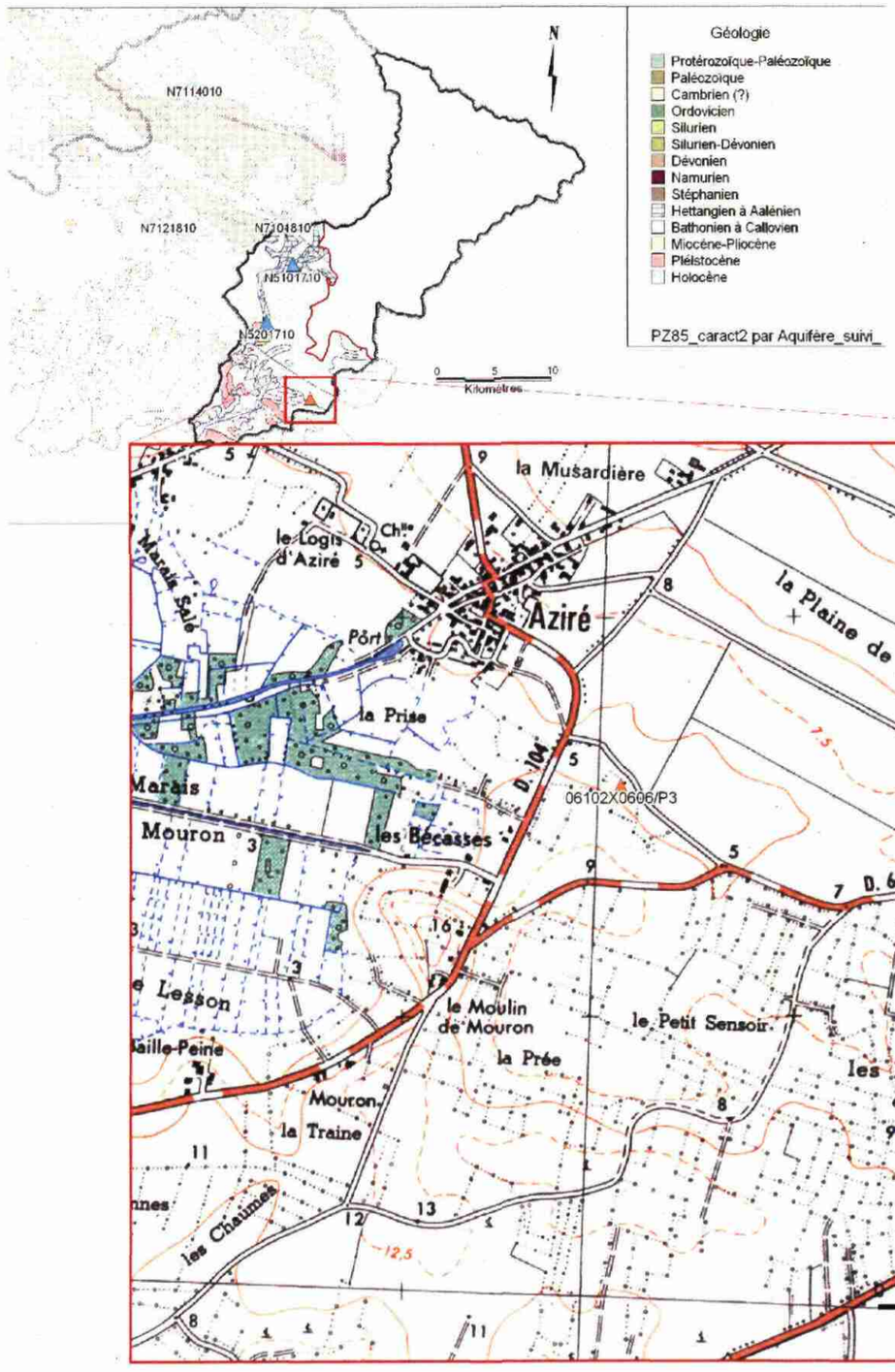




Caractéristiques	Point_1
Indice BSS	06101X0202/SP1
Secteur	l'Autize
Code secteur	N5
Commune	Oulmes
Libellé	Forage du Grand Nati
Altitude (m NGF)	10.2
Aquifère suivi	Dogger
Etat aquifère	Libre
XL2	367590
YL2	2160990
Profondeur (m)	41
Niveau min	-0.45
Niveau max	7.26
Log	oui
Mise en service (O-F)	10/07/1987 -
Distance point d'eau (m)	370
Altitude point d'eau (m NGF)	7

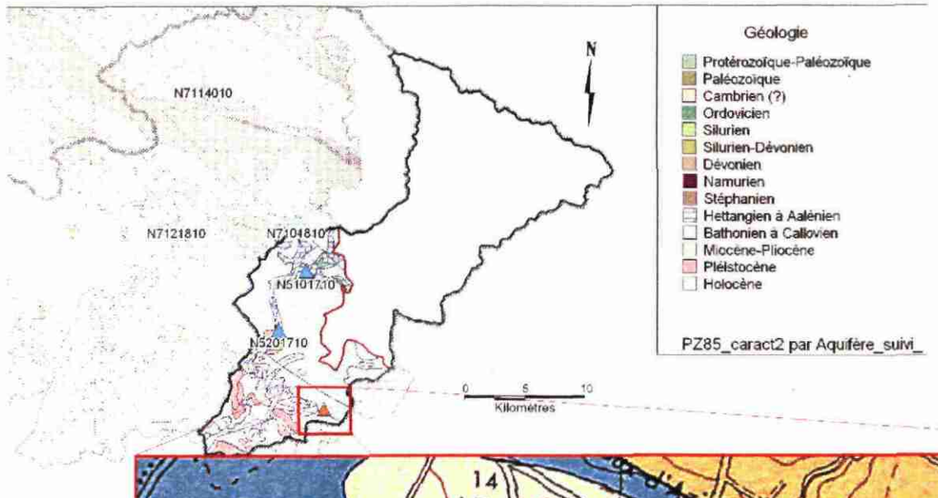


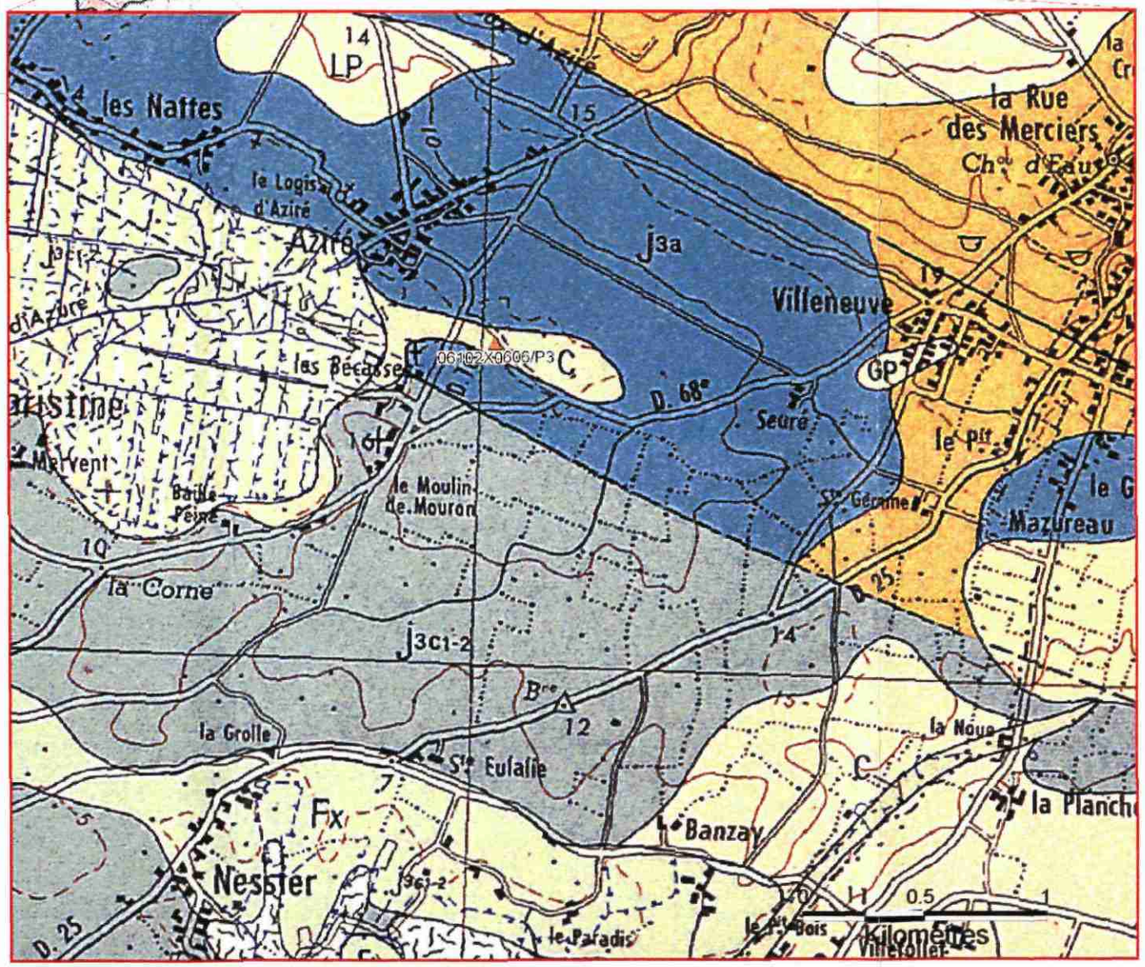
Marais Poitevin : Bassin versant de l'Autize (et ses affluents)
Fiche piézométrique



Caractéristiques	Point_1	Point_2
Indice BSS	06102X0606/P3	06102XX0620/PZ
Secteur	l'Autize	l'Autize
Code secteur	N5	N5
Commune	Benet	Benet
Libellé	Forage d'Aziré	-
Altitude (m NGF)	4.5	5
Aquifère suivi	Dogger	-
Etat aquifère	Captif	-
XL2	371560	371820
YL2	2155560	2155350
Profondeur (m)	25	25
Niveau min	0 09	-
Niveau max	4 6	-
Log	non	non
Mise en service (O-F)	22/08/1990 - 21/09/2005	-
Distance point d'eau (m)	369	650
Altitude point d'eau (m NGF)	5	5

Marais Poitevin : Bassin versant de l'Autize (et ses affluents)
Fiche piézométrique





Caractéristiques	Point_1	Point_2
Indice BSS	06102X0606/P3	06102XX0620/PZ
Secteur	l'Autize	l'Autize
Code secteur	N5	N5
Commune	Benet	Benet
Libellé	Forage d'Aziré	-
Altitude (m NGF)	4.5	5
Aquifère suivi	Dogger	-
Etat aquifère	Captif	-
XL2	371560	371820
YL2	2155560	2155350
Profondeur (m)	25	25
Niveau min	0.09	-
Niveau max	4.6	-
Log	non	non
Mise en service (O-F)	22/08/1990 - 21/09/2005	-
Distance point d'eau (m)	369	650
Altitude point d'eau (m NGF)	5	5

Non disponible

Non disponible

Annexe 4

Présentation de l'outil TEMPO et exemples d'application

TEMPO, logiciel destiné au traitement et à la modélisation des séries temporelles en hydrogéologie ainsi qu'en hydrogéochimie, est le fruit d'un savoir-faire dans le domaine du traitement du signal ainsi que des techniques d'inversion et de régularisation utilisées dans différentes disciplines, dont la géophysique.

De par sa conception, le logiciel TEMPO est versatile et peut être appliqué à des données aussi diverses que les signaux radon mesurés dans les gaz des sols que la pression atmosphérique, les chroniques pluie/débit d'un bassin versant, les chroniques pluie/niveau piézométrique ou le monitoring d'espèces en solution,...

Les traitements peuvent conduire à la caractérisation du fonctionnement d'un système, à la modélisation inverse des phénomènes ou bien à leur simulation. Le terme modélisation inverse recouvre ici les techniques visant à reproduire un débit, un niveau piézométrique ou un flux (transfert de masse) à partir d'une chronique de pluie et d'ETP (ou de température moyenne journalière), éventuellement de concentration d'un soluté, de paramètres physico-chimiques,...

Contrairement à la modélisation directe qui consiste à reproduire le comportement d'un hydrosystème à partir de concepts reposant à la fois sur la description de cet hydrosystème et l'application de lois de la physique, la modélisation inverse déduit le fonctionnement du système de l'analyse des données.

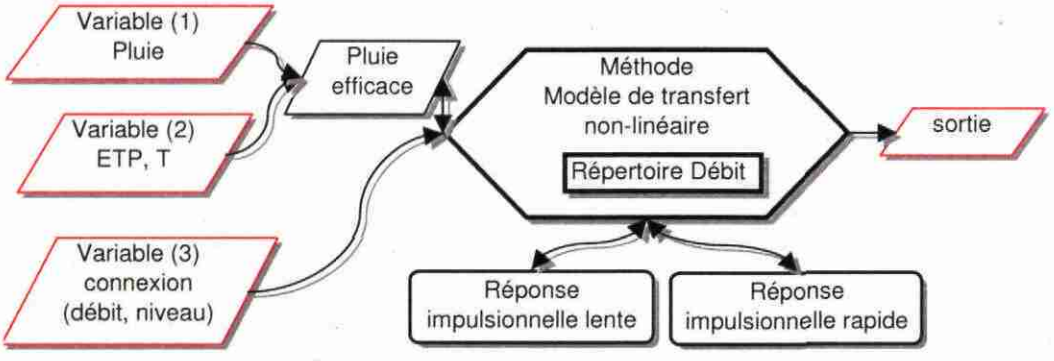
La relation causale entre entrées et sortie du système est matérialisée par une ou plusieurs fonctions de transfert (ou réponses impulsionnelles) décrivant les différents processus impliqués : ruissellement, infiltration, écoulement souterrain.

Lorsque plusieurs réponses impulsionnelles indépendantes sont nécessaires à la modélisation, le système est dit non linéaire. Ce système peut également avoir plusieurs entrées : c'est ainsi qu'un débit peut être reproduit à partir non seulement d'une séquence de pluie et d'ETP, mais également du niveau piézométrique d'une nappe contribuant à l'alimentation et/ou au drainage d'un cours d'eau. La technique d'inversion permet alors de mettre en évidence la contribution des différentes entrées au cours du temps, les mécanismes de transfert étant, là encore, traduits par les réponses impulsionnelles du modèle.

TEMPO peut également être utilisé pour la simulation de la pluie, de l'ETP, de débits et de niveaux piézométriques. Le simulateur peut fonctionner en cascade, la sortie d'un modèle pouvant être l'entrée d'un autre modèle : par exemple, un niveau piézométrique calculé à partir d'une séquence de pluie et d'ETP elles-mêmes simulées peut être utilisé pour le calcul du débit d'un cours d'eau de manière à prendre en compte les interactions nappe/rivière. Les séquences de pluie simulées dans ces différents modèles peuvent éventuellement être corrélées spatialement. Il en va de même des séquences d'ETP.
Les outils utilisés dans TEMPO réalisent la synthèse de différentes techniques dont la synergie ouvre de nouvelles applications. C'est le cas du calcul des réponses impulsionnelles à plusieurs

entrées pour la caractérisation des relations nappe - rivière. C'est également le cas de la simulation de séquences de pluie et d'ETP avec l'algorithme de Metropolis – Hastings. L'originalité de la technique repose sur la simulation des corrélations pluie/ETP ou pluie/Température qui revêtent une grande importance dans les études de la dérive climatique, ainsi que pour la simulation de corrélations spatiales de pluie et d'ETP qui peuvent être cruciales lors de prévisions impliquant de grands bassins. Ces simulations s'appliquent aux transferts dès lors qu'un modèle a été bâti. Plusieurs modèles peuvent fonctionner en cascade.

Enfin, le logiciel TEMPO utilise un algorithme de régularisation original utilisé pour le calcul des réponses impulsionnelles et, d'une manière plus générale, pour la modélisation inverse, dont les fondements mathématiques et numériques font l'objet de publications dans Water Resources Research.



Organigramme d'un modèle de transfert non-linéaire : 2 réponses impulsionnelles sont utilisées. Les variables observées sont en rouge (dans le cas présent, Sortie = Niveau piézométrique).

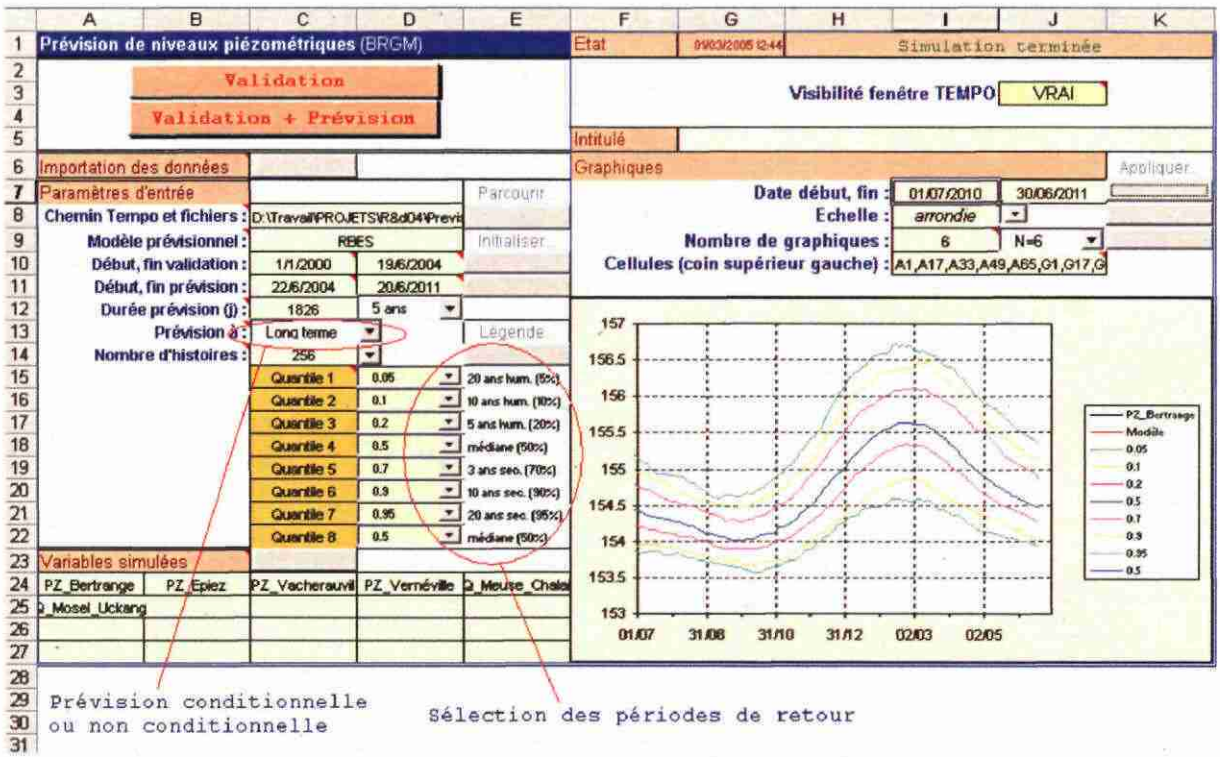


Figure 1 – L'environnement EXCEL. En mode prévision court terme (temps réel) l'utilisateur met à jour les données climatologiques et piézométriques périodiquement. Le bouton « Validation + Prévision » permet alors de réaliser la prévision de 20 niveaux piézométriques simultanément. Les périodes de retour peuvent être modifiées à tout moment, le nombre de réalisations est optimisé en fonction de la sélection. Le bouton « long terme » permet de basculer de la prévision à long terme (non conditionnelle) à la prévision à court terme (conditionnelle).

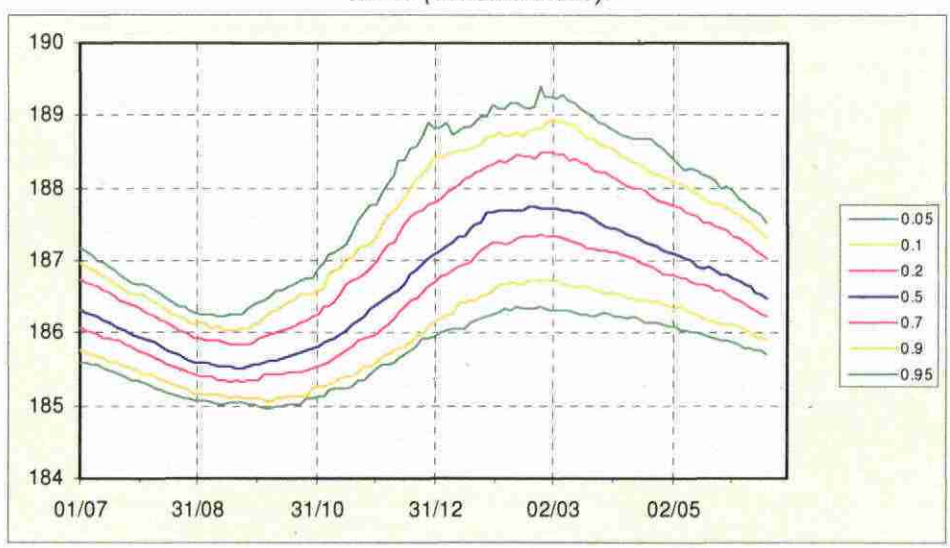


Figure 2 – Prévision à long terme (piézomètre non influencé). De manière à rendre la prévision indépendante des conditions initiales, la prévision est réalisée du 1/7/2010 au 30/6/2011. Les probabilités de dépassement correspondant aux différents quantiles sont indiquées (par exemple le minimum absolu de

période de retour 20 ans est à 185 m NGF – le niveau 186.1 m NGF observé le 31/12 a une probabilité de dépassement de 90% ou encore une probabilité de non dépassement de 10%, c'est à dire une période de retour décennale).

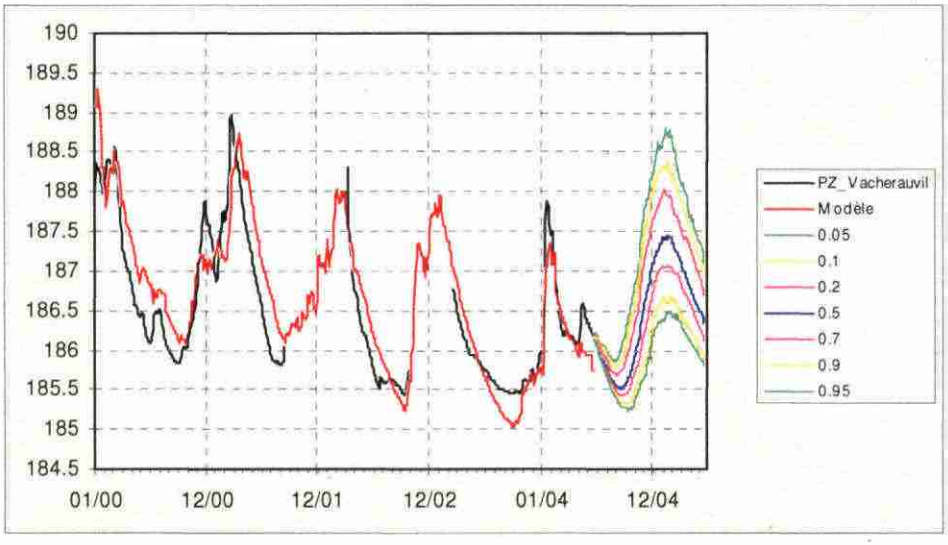


Figure 3 - Prévision à court terme (processus autorégressif). Les valeurs manquantes sont reconstituées grâce au modèle. Contrairement à la figure précédente, les prévisions prennent en compte les conditions initiales du système. Elles pourraient éventuellement intégrer des prévisions météorologiques.

Références se rapportant à l'utilisation du logiciel Tempo :

Rapport en cours de rédaction sur l'utilisation de Tempo à la prévision des niveaux piézométriques du bassin lorrain (L. Vaute, J-L Pinault)

Pinault J-L (2001) – Manuel utilisateur de TEMPO: logiciel de traitement et de modélisation des séries temporelles en hydrogéologie et en hydrogéochimie. Projet Modhydro. Rap. BRGM/RP-51459 –FR, 221 p., 206 Fig, 5 tabl., 2 ann.

Pinault J.-L., H. Pauwels and C. Cann, Inverse modeling of the hydrological and the hydrochemical behavior of hydrosystems – Application to nitrate transport and denitrification, Water Resour. Res., 37(8), 2179-2190, 2001 a.

Pinault J.-L., V. Plagnes, L. Aquilina and M. Bakalowicz, Inverse modeling of the hydrological and the hydrochemical behavior of hydrosystems - Characterization of karst system functioning, Water Resour. Res., 37(8), 2191-2204, 2001 b.

Pinault J-L, N. Doerfliger, B. Ladouche and M. Bakalowicz (2004), Characterizing a costal karst aquifer using an inverse modeling approach : the saline springs of Thau, southern France, Water Resour. Res., 40, W08501, doi :10.1029/2003WR002553

J-L Pinault, N. Amraoui and C. Golaz, Groundwater-induced flooding in macropore dominated hydrological system in the context of climate changes, Water Resour. Res., en cours de publication

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Pays de la Loire
1, rue des saumonières
BP 92 342
44 323 Nantes Cedex 3 - France
Tél. : 02.51.86.01.51.