



SYNDICAT MIXTE VEYLE VIVANTE

Moulin de Polaizé à Polliat et Moulin
Neuf à Saint-Jean-Sur-Veyle (01)

Etude de caractérisation du rôle des retenues dans l'alimentation des zones humides

Rapport

Réf : CEAUCE140676 / REAUCE001238-02

MFN-NNI / TLT / CM

10/07/2015



www.burgeap.fr

SYNDICAT MIXTE VEYLE VIVANTE

Moulin de Polaizé à Polliat et Moulin Neuf à Saint-Jean-Sur-Veyle (01)

Etude de caractérisation du rôle des retenues dans l'alimentation des zones humides

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport provisoire	14/04/2015	01	M.FAYEIN N.NICOD		T.LAMBERET		C. MICHELOT	
Rapport	10/07/2015	02	M.FAYEIN N.NICOD		T.LAMBERET		C. MICHELOT	

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CEAUCE140676 / REAUCE001238-02
Numéro d'affaire :	A35781
Domaine technique :	MN03
Mots clé du thésaurus	ZONE HUMIDE ETUDE HYDROGEOLOGIQUE GEOMORPHOLOGIE

BURGEAP Agence Centre-Est – site de Grenoble
 2 rue de la Tour de l'eau Saint-Martin-d'Hères
 Tél. 33 (0) 4 76 00 75 50 • Fax 33 (0) 4 76 00 75 59
agence.de.grenoble@burgeap.fr

Réf : CEAUCE140676 / REAUCE001238-02	
MFN-NNI / TLT / CM	
10/07/2015	Page 2/84

SOMMAIRE

1.	Présentation de l'étude.....	6
1.1	Cadre général	6
1.1.1	Périmètre de l'étude	6
1.1.2	Statut des zones d'étude.....	9
1.2	La mission de BURGEAP	11
1.2.1	Objectifs.....	11
1.2.2	Phasage	11
2.	Phase 1 : Synthèse des connaissances sur le fonctionnement hydrologique et hydrogéologique des zones humides	12
2.1	Bibliographie consultée.....	12
2.2	Contexte géologique	13
2.3	Contexte hydrogéologique	15
2.4	Contexte hydrologique.....	17
2.4.1	Climat	17
2.4.2	Hydrographie.....	19
2.4.3	Hydrologie du bassin versant de la Veyle.....	21
2.4.4	Présentation sommaire des ouvrages de Moulin Neuf et Polaizé.....	23
2.5	Historique du site	24
3.	Phase 2 : Résultats des investigations de terrain	28
3.1	Prospections floristiques	28
3.2	Présentation du réseau de suivi.....	28
3.2.1	Localisation des sondages pédologiques	30
3.2.2	Recherche des points d'accès à la nappe	31
3.2.3	Réseau de points superficiels.....	31
3.3	Sondages pédologiques	32
3.3.1	Objectif	32
3.3.2	Description des profils pédologiques	32
3.4	Suivi des eaux souterraines et superficielles – bilan quantitatif.....	39
3.4.1	Méthodologie mise en œuvre	39
3.4.2	Interprétation des résultats	40
3.5	Suivi des eaux souterraines et superficielles – bilan qualitatif	64
3.5.1	Méthodologie mise en œuvre	64
3.5.2	Interprétation des résultats	64
4.	Phase 3 : Synthèse et propositions d'actions.....	66
4.1	Fonctionnement hydrique des zones humides	66
4.1.1	Natures de formations et fonctionnement hydrogéologique	66
4.1.2	Synthèse de l'impact de la gestion des vannages	66
4.1.3	Conclusions - Rôle des moulins.....	68
4.2	Propositions de gestion.....	70
4.2.1	Amélioration de la fonctionnalité hydrique	70
4.2.2	Protocole de suivi	73

FIGURES

Figure 1 : Localisation générale des sites d'études	7
Figure 2 : Localisation de la zone du Moulin Neuf	7
Figure 3 : Localisation de la zone du Moulin de Polaizé	8
Figure 4 : Zones remarquables sur le secteur du Moulin Neuf	9
Figure 5 : Zones remarquables sur le secteur du Moulin de Polaizé	10
Figure 6 : Carte géologique (Carte géologique BRGM au 1/50 000, feuille de Bourg-en-Bresse)	13
Figure 7 : Carte géologique (Carte géologique BRGM au 1/50 000, feuille de Belleville)	14
Figure 8 : Chronique piézométrique enregistrée sur l'ouvrage BSS (06503X0028/PZ) sur la période 2014/début 2015 et pluie brute – Station météo de Mâcon	16
Figure 9 : Diagramme ombrothermique – Station météo de Mâcon (1973 – 2013)	17
Figure 10 : Cumul annuel des précipitations – station de Mâcon (1973 – 2013).....	18
Figure 11 : Pluviométrie mensuelle – station de Mâcon (1973 – 2013).....	18
Figure 12 : Précipitations moyennes mensuelles et pluies efficaces mensuelles – Station météo de Mâcon (1973 – 2013).....	19
Figure 13 : Réseau hydrographique du bassin versant de la Veyle (extrait du rapport de fin d'étude de P.Thelier, 2011).....	20
Figure 14 : Débits moyens mensuels à la station de Biziat	21
Figure 15 : Illustrations des moulins et des vannages.....	23
Figure 16 : Carte de Cassini centrée sur le Moulin Neuf (XVIII ^{ème} siècle).....	25
Figure 17 : Carte de Cassini centrée sur le Moulin de Polaizé (XVIII ^{ème} siècle).....	25
Figure 18 : Carte de l'Etat Major centrée sur le Moulin Neuf (1820-1866)	26
Figure 19 : Carte de l'Etat Major centrée sur le Moulin de Polaizé (1820-1866)	27
Figure 20 : Localisation des investigations sur le secteur de Moulin Neuf	29
Figure 21 : Localisation des investigations sur le secteur du Moulin de Polaizé	30
Figure 22 : Coupe pédologique Nord-Sud sur le secteur de Moulin Neuf	33
Figure 23 : Coupe pédologique Ouest-Est sur le secteur de Moulin Neuf.....	33
Figure 24 : Coupe pédologique Nord-Sud sur le secteur du Moulin de Polaizé	36
Figure 25 : Coupe pédologique Ouest-Est sur le secteur du Moulin de Polaizé.....	36
Figure 26 : Exemples d'échantillons de sols prélevés lors des sondages	38
Figure 27 : Coupe Nord-Sud sur le secteur du moulin Neuf et niveaux piézométriques (BE).....	44
Figure 28 : Coupe Ouest-Est sur le secteur du moulin Neuf et niveaux piézométriques (BE).....	45
Figure 29 : Schéma des relations nappe-rivière sur le secteur du moulin Neuf (BE)	46
Figure 30 : Coupe Nord-Sud sur le secteur du moulin de Polaizé et niveaux piézométriques (BE)	50
Figure 31 : Coupe Ouest-Est sur le secteur du moulin de Polaizé et niveaux piézométriques (BE).....	51
Figure 32 : Schéma des relations nappe-rivière sur le secteur du moulin de Polaizé (BE)	52
Figure 33 : Coupe Nord-Sud sur le secteur du moulin Neuf et niveaux piézométriques (HE).....	55
Figure 34 : Coupe Ouest-Est sur le secteur du moulin Neuf et niveaux piézométriques (HE)	56
Figure 35 : Schéma des relations nappe-rivière sur le secteur du moulin Neuf (HE).....	57
Figure 36 : Coupe Nord-Sud sur le secteur du moulin de Polaizé et niveaux piézométriques (HE).....	61
Figure 37 : Coupe Ouest-Est sur le secteur du moulin de Polaizé et niveaux piézométriques (HE)	62
Figure 38 : Schéma des relations nappe-rivière sur le secteur du moulin de Polaizé (HE).....	63
Figure 39 : Influence de la profondeur de la nappe sur la distribution végétale (d'après AMORO et PETTS, 1993).....	70
Figure 40 : Proposition de réseau de suivi.....	74

TABLEAUX

Tableau 1. Documents consultés.....	12
Tableau 2. Liste des sondages pédologiques.....	31
Tableau 3. Campagne de suivi quantitatif des eaux superficielles et souterraines	39
Tableau 4. Synthèse des relations nappe / rivière.....	67
Tableau 5. Rappel des conclusions d'Hydratec au vu de l'ensemble des enjeux concernant les ouvrages	71

ANNEXES

Annexe 1. Chronique piézométrique au droit du piézomètre BSS
Annexe 2. Fiches de diagnostic des ouvrages
Annexe 3. Photographies aériennes
Annexe 4. Mission de caractérisation de la végétation
Annexe 5. Coupes des sondages pédologiques
Annexe 6. Chroniques piézométriques enregistrées pendant les campagnes
Annexe 7. Atlas cartographique

1. Présentation de l'étude

1.1 Cadre général

1.1.1 Périmètre de l'étude

L'étude porte sur les zones humides présentes sur la zone d'influence de deux vannages situés sur les cours d'eau de la Veyle et de la petite Veyle, affluent de la Veyle, au niveau des communes de Polliat et de Saint-Jean-sur-Veyle :

- le vannage du Moulin Neuf sur la commune de Saint-Jean-sur-Veyle ;
- le Moulin de Polaizé sur la commune de Polliat.

Ces communes se situent entre Mâcon et Bourg-en-Bresse dans la partie aval du bassin versant de la Veyle (cf. Figure 1). Dans cette partie du bassin, le profil en long de la Veyle se caractérise par un taux d'égagement important et son lit est artificialisé.

Le périmètre d'étude inclut la zone supposée d'influence des vannages des moulins et par extension leurs bassins versants. Il inclut (cf. Figure 2 et Figure 3) :

- la zone d'influence supposée du vannage sur la zone humide proprement dit pour les reconnaissances de terrain et la mise en place du réseau de suivi (limite rose) ;
- l'environnement du site plus général pour l'analyse hydrogéologique et hydrologique du secteur (limite indicative verte) du bassin d'alimentation superficiel de la zone humide, afin de permettre une meilleure compréhension de l'origine et du devenir des eaux et des différents usages et pressions existantes.

Figure 1 : Localisation générale des sites d'études

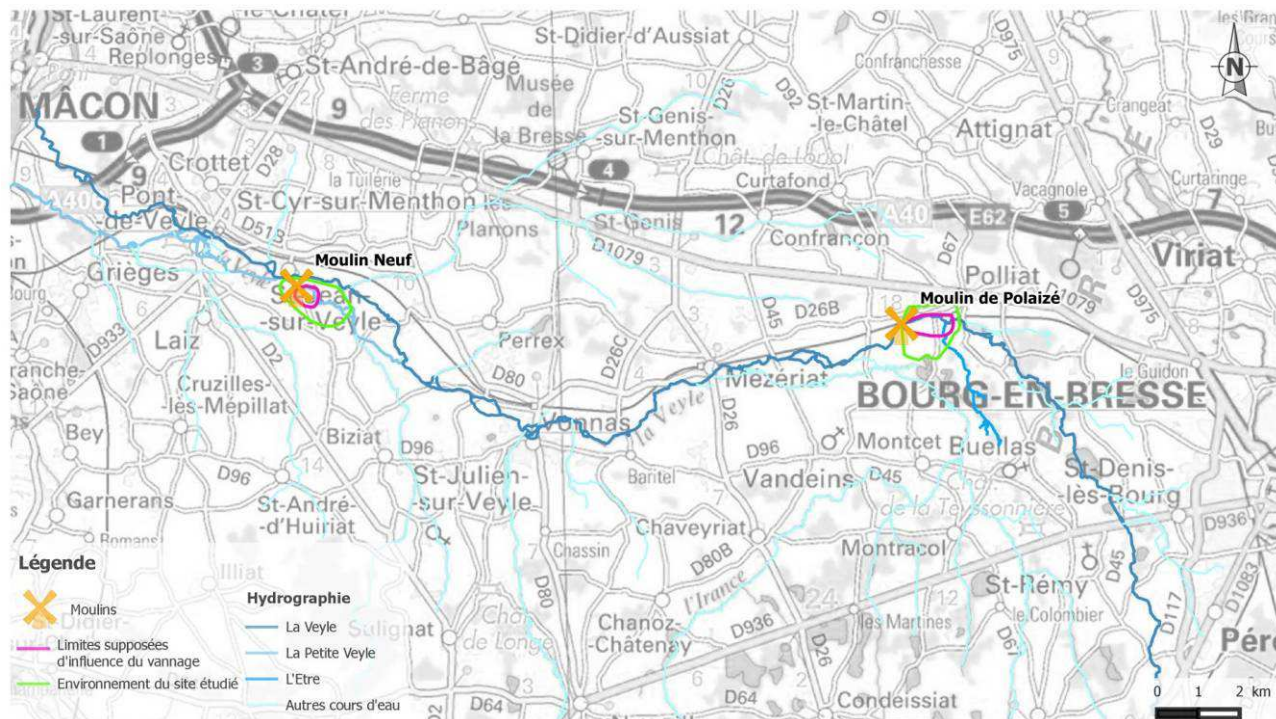


Figure 2 : Localisation de la zone du Moulin Neuf

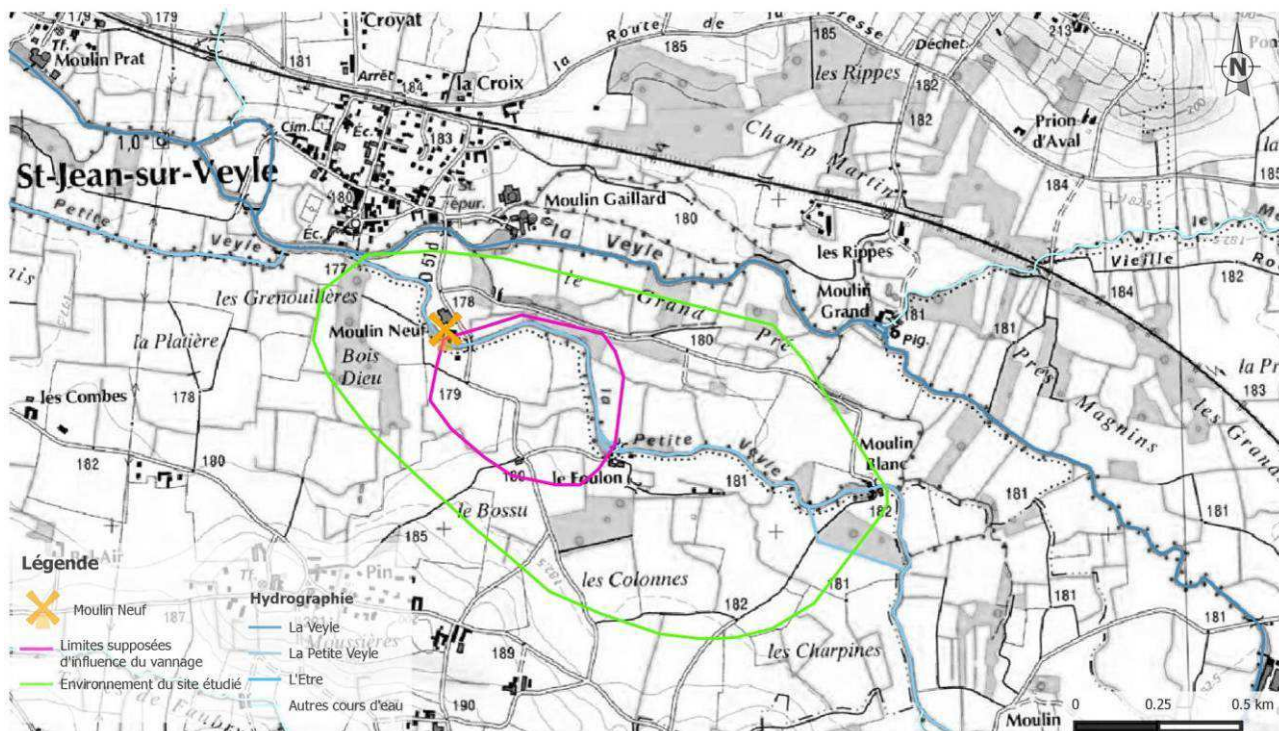
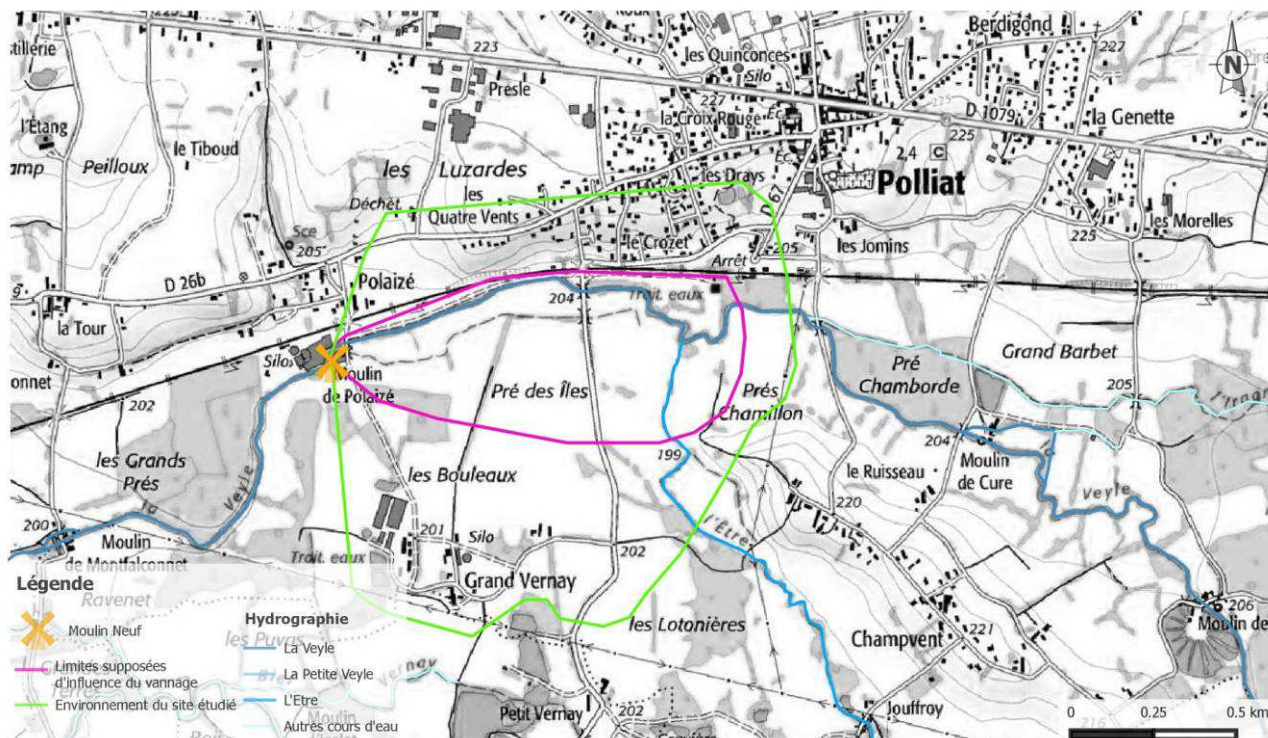


Figure 3 : Localisation de la zone du Moulin de Polaizé



La Veyre prend sa source dans la Dombes, à la sortie de l'Etang Magnenet sur la commune de Chatenay, et conflue avec la Saône sur sa rive gauche au niveau de Mâcon. Elle draine un bassin versant d'une surface totale de l'ordre de 671 km². Constitué d'une partie des régions naturelles de la Dombes et de la Bresse, son bassin versant accueille de nombreux ouvrages hydrauliques et plusieurs prélèvements en eaux superficielles sont exploités pour différents usages de l'eau :

- fonction socio-économique : production d'énergie, pisciculture, tenue d'un niveau d'eau en amont pour l'irrigation et/ou l'abreuvement du bétail ;
- fonction récréative : pêche de loisirs, camping ;
- fonction hydraulique et environnementale : répartition des débits, alimentation de zone humide, écrêtement des crues, stabilité du lit et des berges ;
- fonction patrimoniale : musée, valeur paysagère.

L'occupation des sols des deux sites étudiés, en bordure de cours d'eau, est constituée de prairies bocagères, prés de fauche, ou de parcelles céréalières. La topographie des deux secteurs d'étude est globalement très plane : les sites de Polliat et de Saint-Jean-sur-Veyre se trouvent respectivement à des altitudes voisines de 200 m NGF et 180 m NGF.

1.1.2 Statut des zones d'étude

Dans le cadre du schéma départemental des espaces naturels sensibles de l'Ain (2012-2017), le département souhaite labelliser les prairies humides bocagères de la basse Veyle, situées en partie sur la commune de Saint-Jean-sur-Veyle, comme un Espace Naturel Sensible (ENS), emblématique du Département.

De plus, les zones de bocage et prairies humides de la basse Vallée de la Veyle (752 ha), dont le site du Moulin Neuf fait partie, sont classées par Arrêté préfectoral de protection de biotope depuis décembre 2012 (cf. : Zones remarquables sur le secteur du Moulin Neuf Figure 4).

Les prairies inondables situées au Nord-Ouest du moulin appartiennent également à une Zone Naturelle d'Intérêt Floristique et Faunistique (ZNIEFF) de type II. Le secteur du Moulin Neuf présente donc un intérêt en termes d'espèces floristique et faunistique remarquables (voir Figure 4).

Figure 4 : Zones remarquables sur le secteur du Moulin Neuf

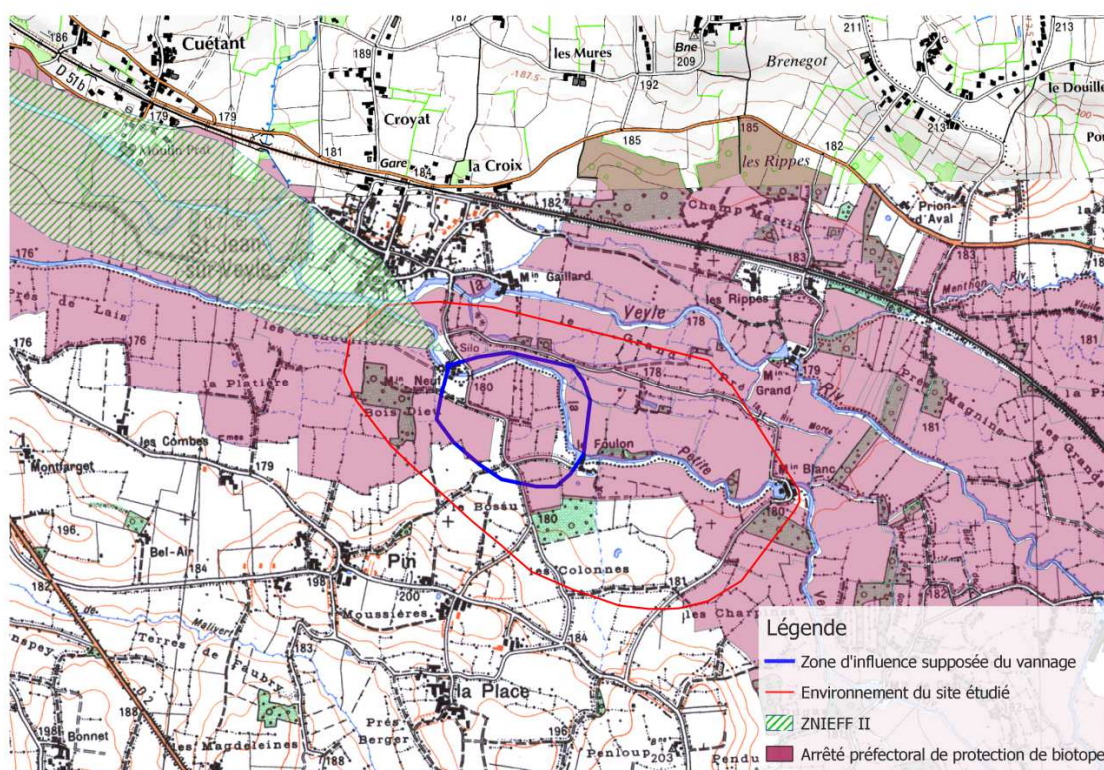
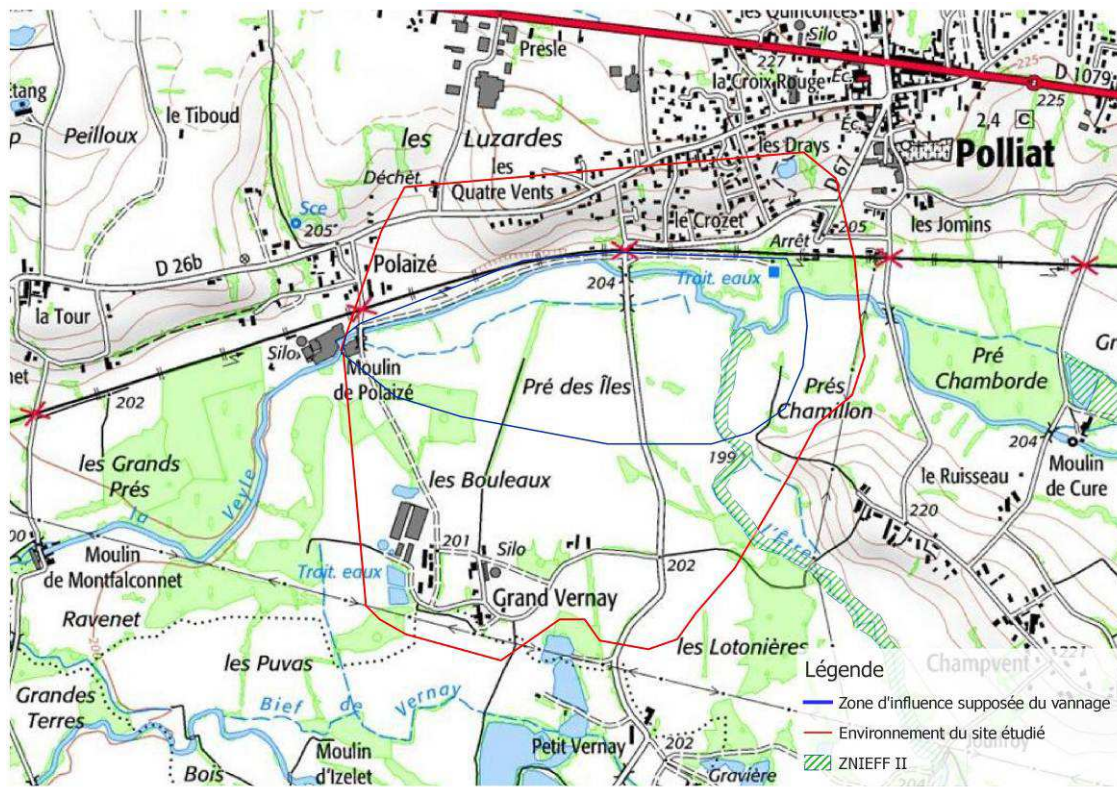


Figure 5 : Zones remarquables sur le secteur du Moulin de Polaizé



En ce qui concerne le site de Polliat, le ruisseau de l'Etre (affluent rive gauche de la Veyle) constitue une ZNIEFF de type I (voir Figure 5).

A noter que l'ensemble des deux secteurs est classé en zone sensible à l'eutrophisation.

1.2 La mission de BURGEAP

1.2.1 Objectifs

Un contrat de rivière a été réalisé par le Syndicat Mixte Veyle Vivante (SMVV) de 2004 à 2011, et le contrat 2015-2020 est en cours d'élaboration. Dans cette partie du bassin, le profil en long de la Veyle se caractérise par un taux d'étagement important, dû à nombre important d'ouvrage hydrauliques transversaux et son lit est artificialisé. Les principaux enjeux définis par le syndicat sont les suivants :

- la préservation des zones humides ;
- la restauration de la connectivité latérale ;
- l'alimentation des milieux annexes du lit majeur.

Dans le cadre de ce contrat de rivière, la présente étude a pour but de d'analyser le fonctionnement des zones humides annexes à la Veyle et la Petite Veyle et de proposer un mode de gestion favorisant la préservation des prairies humides et l'amélioration de la connectivité latérale. A ce titre, l'analyse de l'influence des systèmes de vannage présents sur la Veyle est un élément clef de l'analyse menée.

L'étude doit notamment permettre de :

- décrire le contexte géologique et hydrogéologique du site ;
- identifier les sources d'alimentation en eau des zones humides, autres que les précipitations et le ruissellement direct ;
- bien comprendre le fonctionnement hydraulique des zones humides ;
- définir l'impact d'une disparition éventuelle du vannage sur les zones inondables du lit majeur ;
- délimiter la zone géographique impactée par le maintien ou la suppression des vannages ;
- définir les modalités de gestion à mettre en œuvre pour favoriser l'humidification de ces zones et préserver ou restaurer la connectivité latérale.

1.2.2 Phasage

L'étude se décompose de la manière suivante :

- Phase 1 – Enquêtes bibliographique et de terrain ;
- Phase 2 – Disposition et exploitation d'un réseau de mesure ;
- Phase 3 – Interprétation, synthèse et fiches actions.

2. Phase 1 : Synthèse des connaissances sur le fonctionnement hydrologique et hydrogéologique des zones humides

2.1 Bibliographie consultée

Dans le cadre de cette étude, les données relatives à la géologie, à l'hydrogéologie, à la géomorphologie et à l'hydrologie des deux secteurs d'étude propres à l'environnement général des sites ont été recherchées. Plus que des données propres aux deux secteurs d'études, ces documents fournissent une vision d'ensemble du fonctionnement du bassin versant de la Veyle.

Le tableau ci-après synthétise les sources de données et leur intérêt dans le cadre de l'étude.

Tableau 1. Documents consultés

Titre	Origine	Date	Intérêt pour l'étude
Devenir des ouvrages hydrauliques de la Veyle et ses affluents	Hydratec	2006-2007	Connaissance des enjeux liés à l'ouvrage de Polaizé
Etude du fonctionnement hydraulique de la Veyle et de ses affluents	BCEOM	2003	Comportement hydrologique du bassin versant de la Veyle
Etude piscicole de la Veyle et de ses principaux affluents	Téléos	2002	Diagnostic des habitats aquatiques à Polliat
Etude préliminaire préalable à la mise en place d'un arrêté de biotope visant la protection des zones humides de la basse vallée de la Veyle	FRAPNA	2008	Intérêt patrimonial des sites à proximité de Moulin Neuf
Etude éco-géomorphologique de la Veyle et de ses principaux affluents	Epteau		Caractéristique de la Veyle et de ses affluents
Inventaire des zones humides du bassin versant de la Veyle	SMVV – Mémoire de fin d'étude	2002	Fonctionnalité des zones humides
Inventaire des zones humides du département de l'Ain	Mosaïque environnement	2007	Caractéristiques et intérêt fonctionnel des zones humides
Station U4234020 – la Veyle à Biziat	Banque Hydro	-	Données hydrologiques
Station 71105001 – Macon	MétéoFrance	-	Données météo
Schéma départemental des espaces naturels sensibles de l'Ain	Acer Campestre	2011	Intérêt patrimonial de sites
Piézomètre du grand pré - 06503X0028/PZ	ADES – CG Ain	2014	Chronique piézométrique (Moulin Neuf)
Géologie du département de l'Ain Les sols de Bresse Est Les sols de Bresse Ouest Les sols de Dombes	Chambre d'agriculture de l'Ain	1987	Pédologie des secteurs d'étude
Bilan du Contrat de Rivière Veyle : aspects hydromorphologiques	Mémoire de fin d'études par Pierre THELIER	2011	Vision d'ensemble de l'hydromorphologie du bassin versant de la Veyle

2.2 Contexte géologique

Le bassin versant de la Veyle est situé au sein du fossé Bressan, vaste dépression tectonique tertiaire, large de 50 à 60 km. Lors des épisodes glaciaires quaternaires, ce fossé a été fortement remodelé en deux unités géomorphologiques différentes : la plaine de Bresse et la Dombes.

Les secteurs d'étude sont tous les deux localisés sur la partie Ouest de la plaine de Bresse.

La Bresse est un bassin tertiaire localisé entre les monts du Mâconnais à l'Ouest et le Jura à l'Est. Le remplissage de la zone, a commencé à l'Eocène et s'est terminé au Pliocène par un dépôt lacustre argileux à la base et sableux au sommet. Ces sédiments terminaux ont été remaniés au cours de la formation du réseau fluvial qui débouche sur la Saône.

Une surface d'aplanissement très nette s'est formée vers 210-215 m NGF, vraisemblablement au Quaternaire moyen. Elle est recouverte par des limons, dont l'épaisseur peut atteindre 3 à 4 m sur les parties planes étendues.

Le creusement du réseau hydrographique actuel est postérieur à la mise en place généralisée de cette couverture limoneuse. Des remaniements très récents, issues de l'érosion hydrique ont épandu sur les versants des colluvions limoneuses issues de l'altération des limons des parties hautes. Les alluvions des ruisseaux sont formées des mêmes matériaux, après un certain tri dû au mode de transport.

Les deux secteurs étudiés sont implantés sur les alluvions modernes (Fz) de la Veyle et ses affluents (cf... extraits des cartes géologiques de Bourg-en-Bresse et Belleville sur les Figure 6 Figure 7).

Figure 6 : Carte géologique (Carte géologique BRGM au 1/50 000, feuille de Bourg-en-Bresse)

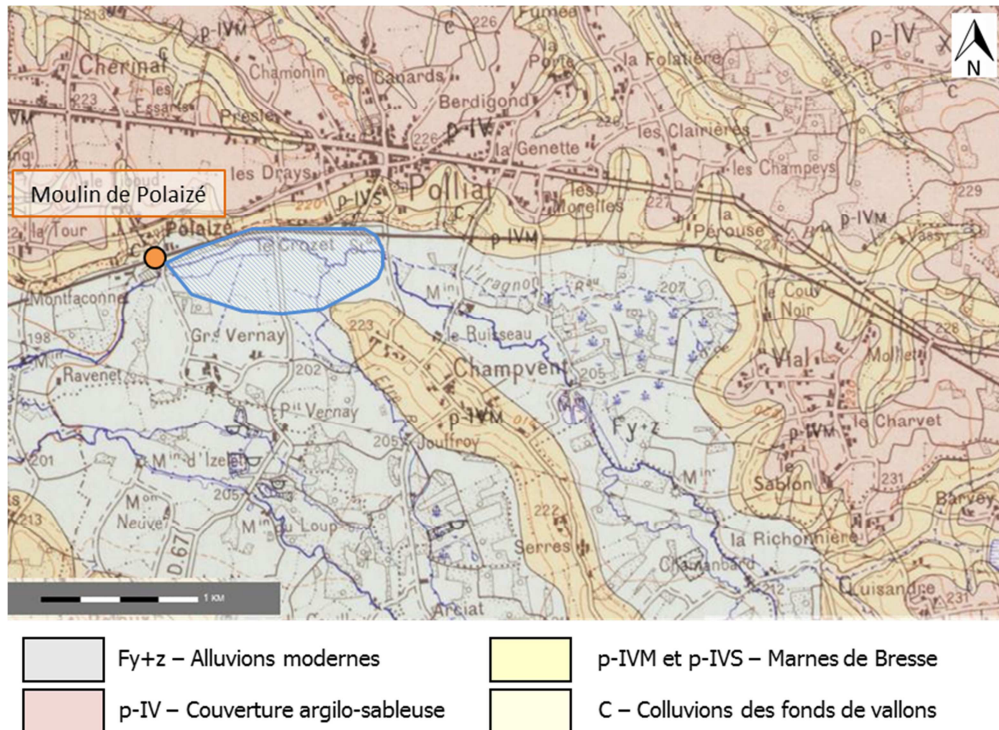
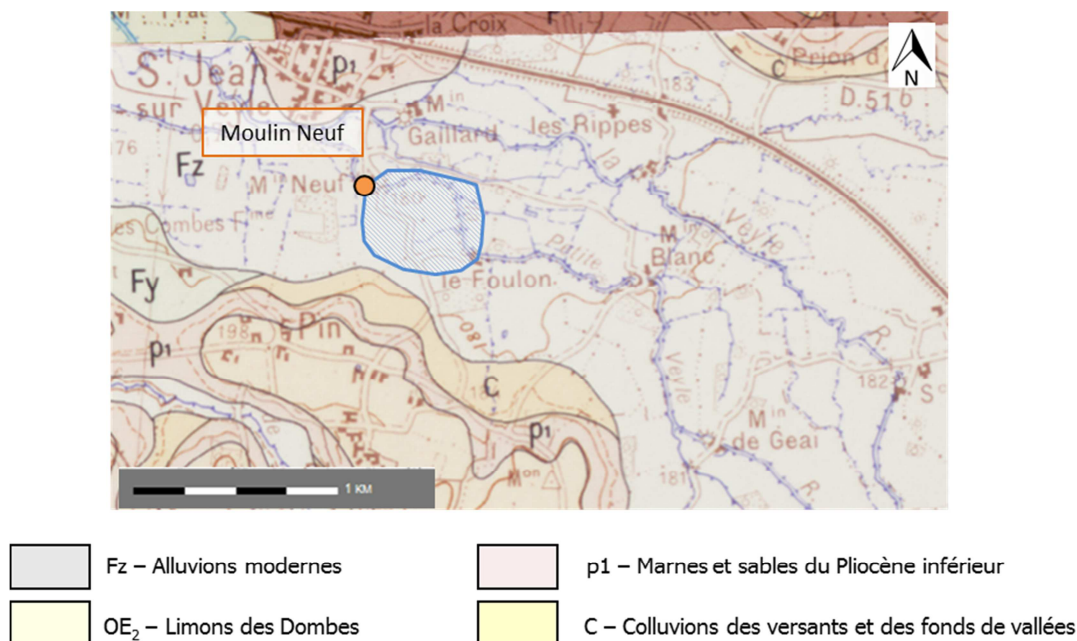


Figure 7 : Carte géologique (Carte géologique BRGM au 1/50 000, feuille de Belleville)



Quelques coupes de sondages sont référencées dans la banque de données du sous-sol (BSS) du BRGM à proximité des secteurs d'étude. D'après ces coupes, les terrains rencontrés sont les suivants (des horizons de surface aux horizons profonds) :

- Dans le secteur du Moulin de Polaizé :
 - Alluvions modernes argileuses à sableuses sur quelques décimètres à quelques mètres ;
 - Alluvions anciennes sableuses à graveleuses jusqu'à 10 à 20 m de profondeur ;
 - Marnes de Bresse pliocènes et formations plio-quaternaires bressanes, caractérisées par des marnes bleues sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur.
- Dans le secteur du Moulin Neuf :
 - Alluvions modernes argileuses à sablo-argileuses de quelques décimètres à quelques mètres de profondeur ;
 - Alluvions anciennes constituées d'une alternance de niveaux argileux et sableux, jusqu'à 40 m à 60 m de profondeur ;
 - Marnes et sables lacustres de Bresse et Dombes.

2.3 Contexte hydrogéologique

Dans les terrains décrits ci-dessus, les alluvions sablo-graveleuses sont reconnues comme aquifère et abritent la nappe d'accompagnement de la Veyle et ses affluents, qui drainent en partie les formations plio-quaternaire de la Dombes, en rive gauche de la Veyle. La nappe alluviale reçoit des apports en provenance des alluvions du couloir de Certines en amont de Polliat, puis entre Polliat et Mézériat, des apports très importants en provenance des formations plio-quaternaires du secteur de Buellas.

Sur la plaine alluviale, à proximité des cours d'eau, le toit de la nappe est généralement rencontré à faible profondeur (de l'ordre de 0 à quelques mètres).

Le piézomètre situé à environ 700 m à l'Est du Moulin Neuf capte la nappe phréatique des alluvions anciennes sablo-graveleuses jusqu'à une profondeur de 7,0 m. Un suivi piézométrique est réalisé sur cet ouvrage depuis octobre 2002, à raison d'une mesure par jour. La chronique est disponible sur la base de données publique ADES (Accès aux données sur les eaux souterraines) jusqu'au 31/12/2014. Les données de 2015 ont été demandées au Conseil Général de l'Ain et sont en cours d'attente de réception.

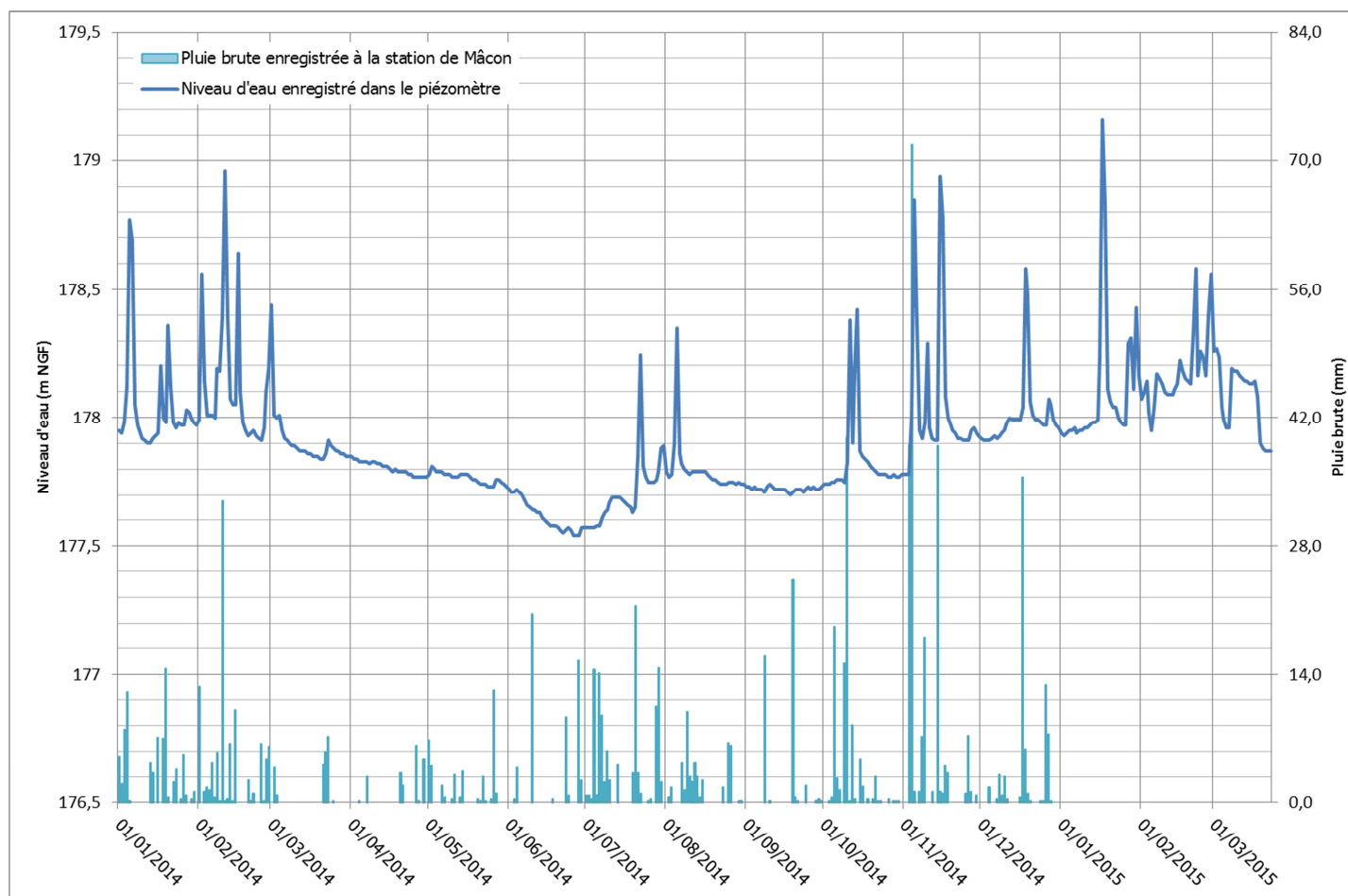
La chronique disponible met en évidence un niveau de nappe moyen s'établissant entre 177,5 m NGF et 178 m NGF, soit à environ 1,0 à 1,5 m de profondeur par rapport au terrain naturel (cf. Figure 8).

La chronique montre également que la nappe réagit rapidement et fortement à la pluie (augmentation du niveau de la nappe jusqu'à plus de 1 m).

Nota : il s'agit de mesures quotidiennes, le temps de réaction de la nappe ne peut pas être apprécié. De plus, les données de pluie ont été mesurées à Mâcon, soit sous un régime de pluie légèrement différent.

Au droit des autres ouvrages recensés dans le secteur du Moulin Neuf, le niveau de la nappe a été rencontré à des profondeurs de l'ordre de 2,0 à 5,0 m par rapport au niveau du sol, dans les horizons d'alluvions anciennes sablo-graveleuses.

Figure 8 : Chronique piézométrique enregistrée sur l'ouvrage BSS (06503X0028/PZ) sur la période 2014/début 2015 et pluie brute – Station météo de Mâcon

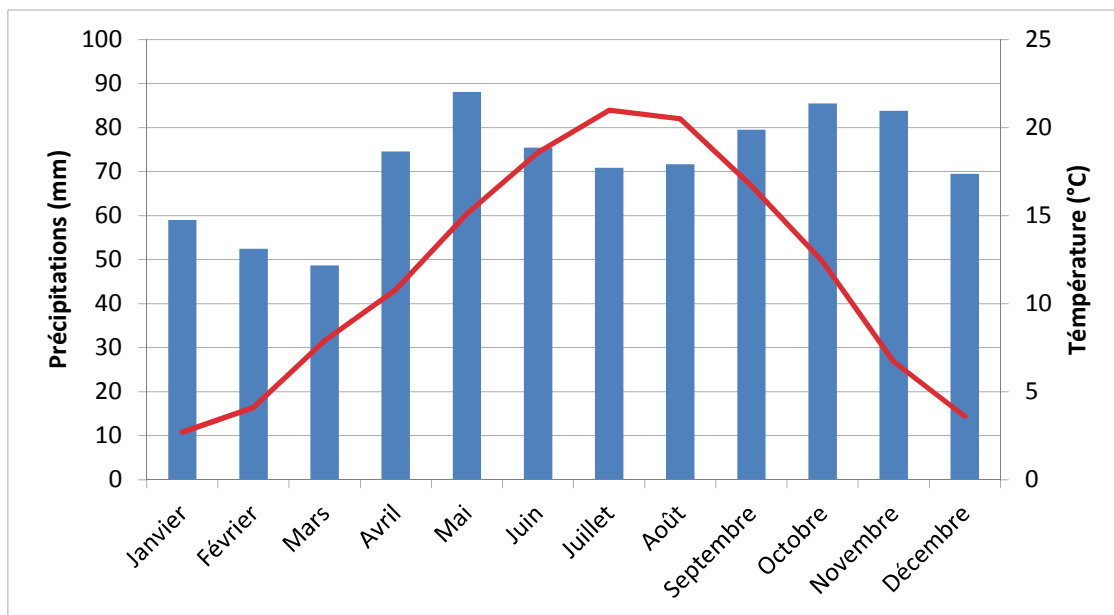


2.4 Contexte hydrologique

2.4.1 Climat

Le régime des pluies sur les sites d'étude est de type continental avec des évènements pluvieux rares sous l'influence du climat méditerranéen (voir Figure 9).

Figure 9 : Diagramme ombrothermique – Station météo de Mâcon (1973 – 2013)



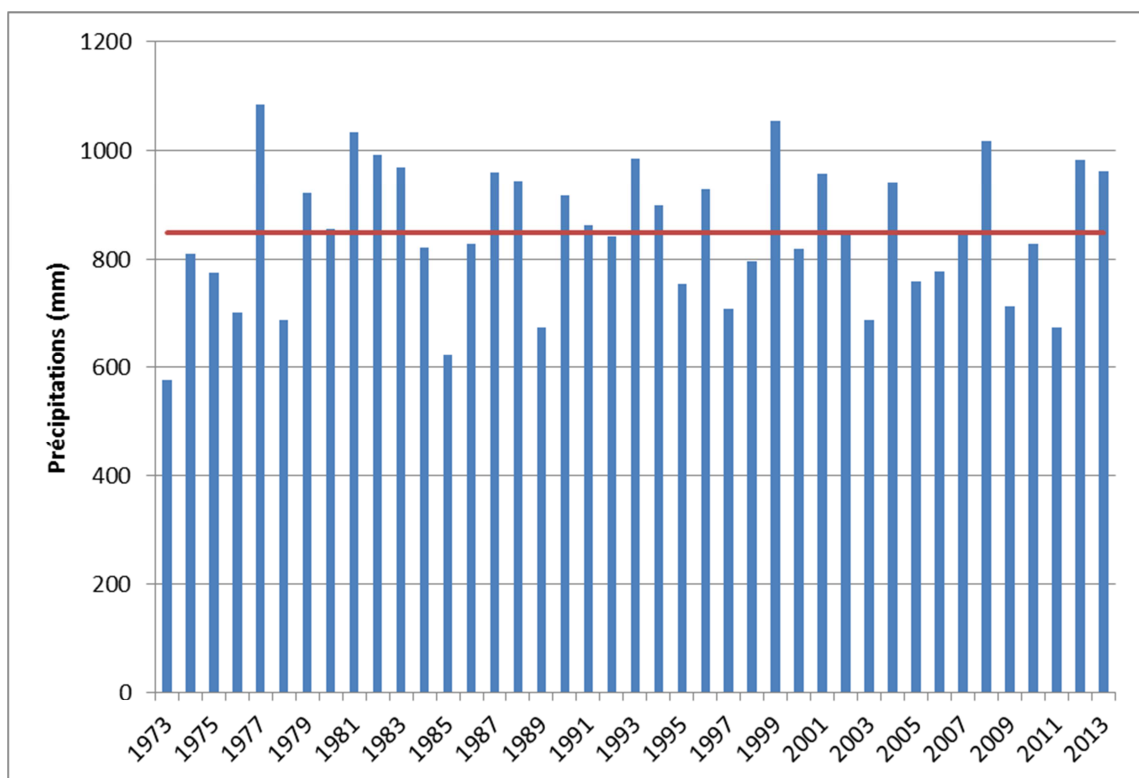
Le graphique en Figure 9 permet de corréler l'évolution moyenne mensuelle de la température et des précipitations de 1973 à 2013.

Les hauteurs de précipitations les plus importantes sont atteintes en avril-mai (88,1 mm en moyenne en mai) et en automne (85,5 mm en moyenne en octobre) et elles sont les plus faibles en février-mars (48,7 mm en mars) ; la moyenne annuelle étant de 72 mm. Les températures atteignent leurs valeurs maximales en juillet-août (20,6°C en moyenne en juillet), période durant laquelle les précipitations sont proches de la moyenne annuelle.

Les températures les plus faibles sont observées en décembre-janvier, mois pendant lesquels les précipitations sont légèrement inférieures à la moyenne.

La Figure 10 atteste de hauteurs de précipitations variables d'une année sur l'autre – la valeur minimum atteinte s'élevant à 575 mm en 1973 et la valeur maximale à 1083 mm en 1977 – mais il ne semble cependant pas y avoir eu de modification majeure (augmentation ou diminution significative) de la pluviométrie au cours des 40 dernières années. La moyenne annuelle des hauteurs de précipitations est de 849 mm.

Figure 10 : Cumul annuel des précipitations – station de Mâcon (1973 – 2013)



Le graphe présenté en Figure 11 ci-dessous présente les précipitations mensuelles de 1973 à 2013. Des pics importants de pluviométrie peuvent être observés ponctuellement, notamment en novembre 1996 (265 mm) ainsi que des pics de sécheresse, avec par exemple une pluviométrie de 1.3 mm en Juin 1976.

Figure 11 : Pluviométrie mensuelle – station de Mâcon (1973 – 2013)

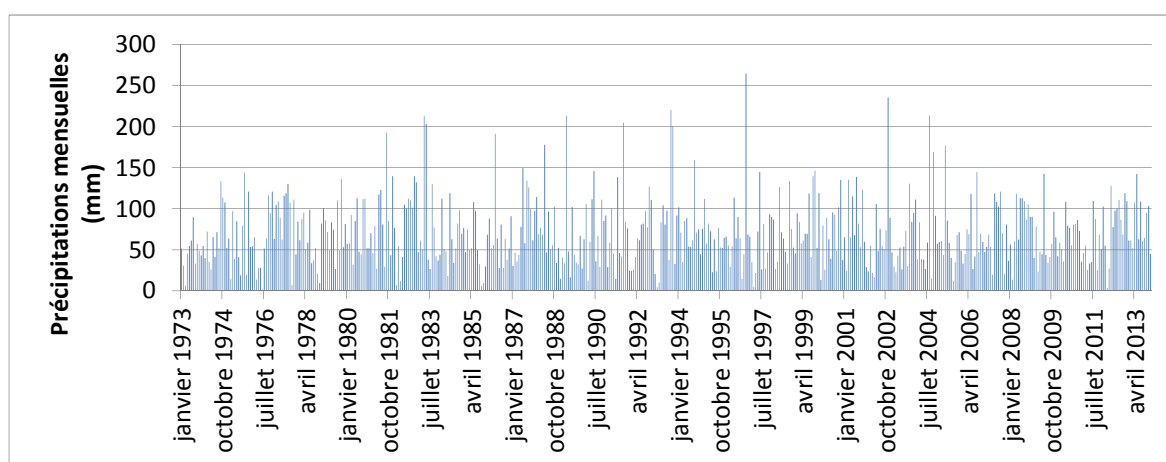
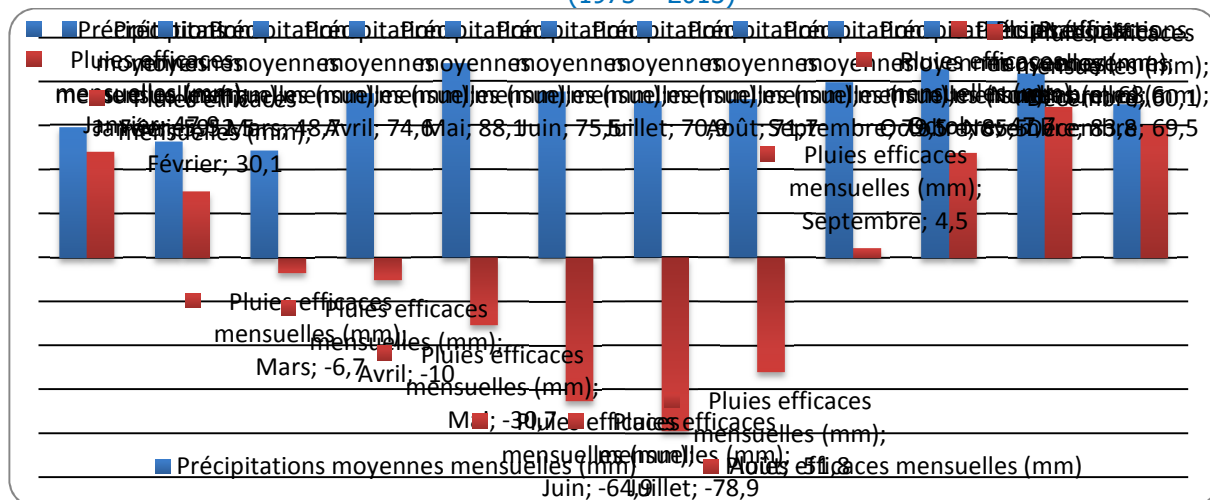


Figure 12 : Précipitations moyennes mensuelles et pluies efficaces mensuelles – Station météo de Mâcon (1973 – 2013)



Les pluies efficaces (voir Figure 12) représentent par définition la différence entre les précipitations totales et l'évapotranspiration (ETP). Il s'agit des précipitations qui ne sont pas retenue par la végétation, elles génèrent donc un écoulement, superficiel ou souterrain, contribuant potentiellement à la recharge de la nappe.

L'ETP réelle n'étant pas disponible, nous avons utilisé l'ETP potentielle calculée selon la méthode de Penman à la station météorologique de Mâcon. Les valeurs sont donc théoriques mais basées sur des tendances de chroniques réelles. On peut constater que de mars à août inclus, l'ETP est supérieure voire nettement supérieure à la pluviométrie totale (en juillet, en considérant les moyennes de la période considérée, l'ETP est 150 mm contre 71 mm pour les précipitations) c'est-à-dire que toute la pluie est captée par la végétation et ne permet en aucun cas de recharger la nappe dont le niveau pourra avoir tendance à diminuer. D'octobre à février en revanche, la pluie efficace représente une part importante des précipitations (jusqu'à 82% en novembre) étant donné que la végétation est peu active en automne et quasi absente en hiver.

2.4.2 Hydrographie

Le bassin versant de la Veyle a une superficie totale de 671 km² et comprend plus de 207 km de linéaire de cours d'eau sur son réseau hydrographique principal.

Depuis sa source, la Veyle suit un premier axe Nord-Sud jusqu'à la ville de Polliat puis s'écoule ensuite selon un axe Est-Ouest jusqu'à confluer avec la Saône à proximité de Mâcon.

Le moulin de Polaizé est situé à l'ouest de la commune de Polliat, légèrement en aval hydraulique du coude de changement de direction de l'écoulement de la Veyle :

- En amont de Polliat, la Veyle est contenue entre des coteaux dominant la rivière d'une vingtaine de mètre (la plaine alluviale de la Veyle s'établit à environ 200 m NGF, et les coteaux à environ 220 m NGF) ;
- En aval de Polliat, la Veyle longe le plateau de Polliat (qui s'établit entre 220 et 230 m NGF), et la plaine alluviale (lit majeur de la Veyle) s'étend sur sa rive gauche, jusqu'à l'Irance, qui présente un axe d'écoulement parallèle.

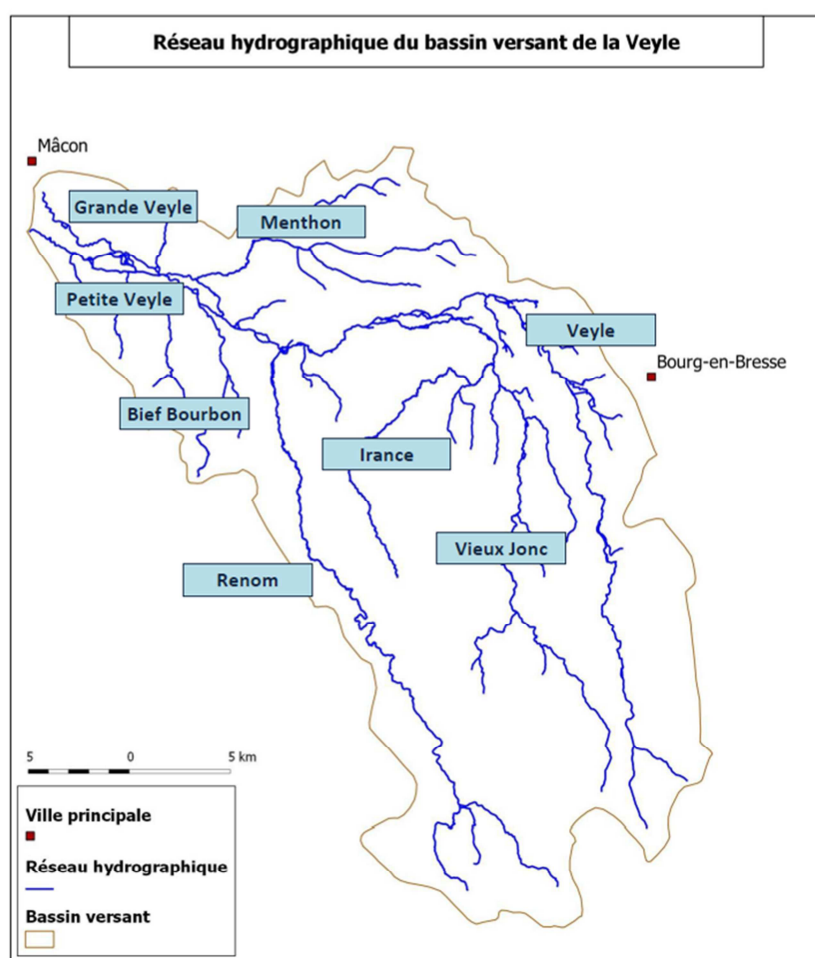
Entre le lieu-dit Les Iles, sur la commune de Biziât et Saint-Jean-sur-Veyle, la Veyle est divisée en deux bras distincts, appelés Grande Veyle (au Nord) et Petite Veyle (au Sud).

L'Irancelle et le Renom confluent avec la Veyle sur sa rive gauche, respectivement au niveau de Mézériat et de Vonnas. Le Menthon et le Bief Bourbon sont également des affluents importants de la Veyle (en termes de linéaire), qu'ils rejoignent en amont de Saint-Jean-sur-Veyle, respectivement en rive droite et gauche.

Le réseau hydrographique est complété par de nombreux autres biefs et fossés qui composent les cinq sous-bassins constitutifs du bassin versant de la Veyle et correspondant aux rivières citées ci-dessus.

Le réseau hydrographique du bassin versant de la Veyle est présenté sur la Figure 13 ci-dessous.

Figure 13 : Réseau hydrographique du bassin versant de la Veyle (extrait du rapport de fin d'étude de P.Thélier, 2011)



Syndicat Mixte Veyle Vivante, P. Thélier, 2011

Plus localement, la zone potentiellement influencée par le vannage du Moulin Neuf est uniquement parcourue par la Petite Veyle (cf. Figure 2), profonde d'environ 1,30 m et présentant une largeur plein bord d'une quinzaine de mètres en amont immédiat du vannage. De nombreux biefs et ruisseaux parcourent le Nord immédiat de cette zone.

La zone d'influence du vannage du Moulin de Polaizé est quant à elle parcourue par la Veyle (profondeur de 1,30 m environ), l'Etre (Sud-Est de la zone) ainsi que par la Morte, profonde de près de 0,30 m et dont le

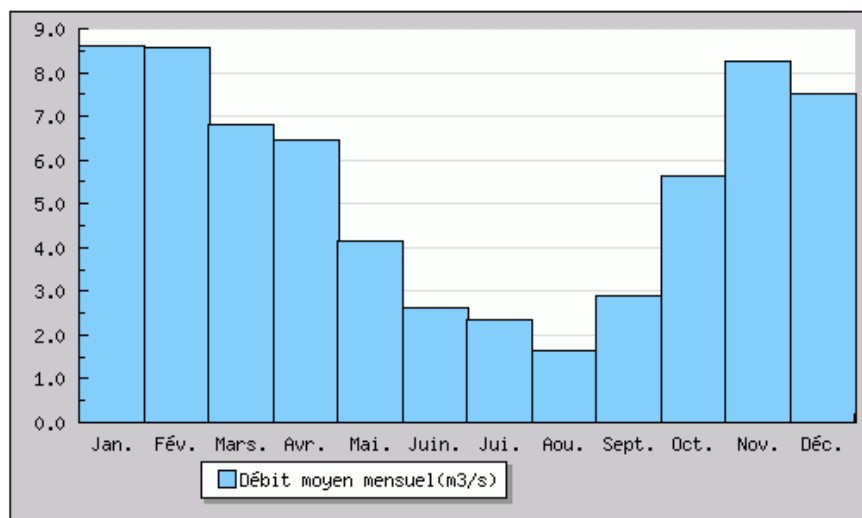
cours est à peu près parallèle à celui de la Veyle. Une frayère à brochet a été aménagée au Nord-Est du secteur, et communique avec la Veyle par un système de vanne (cf. Figure 3).

2.4.3 Hydrologie du bassin versant de la Veyle

D'après la banque de données HYDRO (www.hydro.eaufrance.fr), la Veyle est munie de 2 stations de suivi hydrométrique, une sur la commune de Lent (en amont de Bourg-en-Bresse) et l'autre à Biziat, à quelques kilomètres en amont de Saint-Jean-sur-Veyle.

A la station de Biziat, le régime hydrologique de la Veyle est un régime de type pluvial, avec des débits d'étiage estivaux faibles et des périodes de hautes eaux avec des débits importants (cf. Figure 14).

Figure 14 : Débits moyens mensuels à la station de Biziat



Le **module** de la **Veyle** à la station de Biziat est de **5,4 m³/s**.

Les informations suivantes concernant l'hydrologie de la Veyle et de son bassin versant sont tirées du rapport de l'*Etude du fonctionnement hydraulique de la Veyle et ses affluents*, réalisée par le SMVV en mars 2003.

Les phénomènes de ruissellement sont en grande partie fonction des pluies, mais également conditionnés par le fonctionnement des étangs de la Dombes (taux de remplissage au moment de la pluie et positionnement des vannages), du réseau hydrographique et de l'état des nappes souterraines des plateaux.

Les débits spécifiques sont de 100 l/s/km² pour une pluie d'occurrence biennale et de 500 l/s/km² pour une pluie d'occurrence centennale.

Avant les travaux de chenalisation réalisés par l'homme, la Veyle et ses affluents se caractérisaient par un style fluvial sinueux et méandrique, présentant une pente douce et des écoulements à dominante lenticule.

L'ensemble de la ressource a ensuite été mise à profit par l'homme pour l'exploitation de la force hydromotrice. Le réseau hydrographique actuel de la Veyle est aujourd'hui représenté par un réseau artificiel de biefs interconnectés par des surverses latérales et contrôlés par des seuils ou vannages.

Le fonctionnement de la Veyre en étiage est mal connu. Les écoulements sont perturbés par la complexité des relations nappes/rivières et par la présence des nombreux étangs sur sa partie amont, ayant une influence sur le bilan hydrologique du bassin.

De même, le fonctionnement du réseau en cas de crue est complexe car conditionné par de nombreux biefs interconnectés se caractérisant chacun par des capacités d'écêtement en lit majeur particulière.

Les crues de la Veyre se caractérisent de la manière suivante :

- Sur la Veyre entre Buellas et Polliat (en amont de Polliat) :
 - Une crue d'occurrence 2 ans reste dans le lit de la Veyre et de ses affluents ;
 - Une crue d'occurrence 5 ans présentent quelques petits débordements dus à des berges localement basses ;
 - La crue d'occurrence 10 ans implique des débordements ponctuels en amont et de plus en plus régulier vers l'aval ;
 - La crue d'occurrence 100 ans engendre une zone inondable généralisée à l'ensemble des biefs et de la Veyre.
- Au droit du moulin de Polaizé, les crues décennales et centennales génèrent une zone inondable en rive gauche s'étendant au travers des champs jusqu'au hameau de Grand Vernay. Cette zone inondable est due à l'insuffisance du pont de franchissement vis-à-vis des débits de crue ;
- Sur la Petite Veyre :
 - Une crue d'occurrence 2 ans reste dans le lit de la rivière et des différents biefs drainant la plaine;
 - Une crue d'occurrence 5 ans présentent les premiers débordements par suite de la saturation des biefs (principalement des zones en contrebas des berges de la Veyre) ;
 - La crue d'occurrence 10 ans implique des débordements couvrant la majeure partie de la basse plaine ;
 - La crue d'occurrence 100 ans engendre un écoulement en nappe qui inonde toute la basse plaine jusqu'aux versants.

De manière générale, en cas de crue moyennement débordante (occurrence de 5 à 10 ans), les capacités d'écêtement de la plaine ne sont pas optimales et la dissipation des crues dans le lit majeur reste limitée. Ce n'est que pour des occurrences rares (50 à 100 ans et plus) que les niveaux d'eau s'équilibrent entre le lit mineur et le lit majeur du fait de l'enneigement généralisé de la plaine.

Le réseau hydrographique maillé et la morphologie très plane de la Veyre jouent en faveur d'effets de ralentissement de la propagation des crues.

De plus, la configuration de biefs en surplomb des terrains, le rôle de frein joué par les ouvrages hydrauliques et la présence de nombreuses zones d'eau morte donne à la vallée un important rôle de ralentissement dynamique par rapport au ruissellement amont.

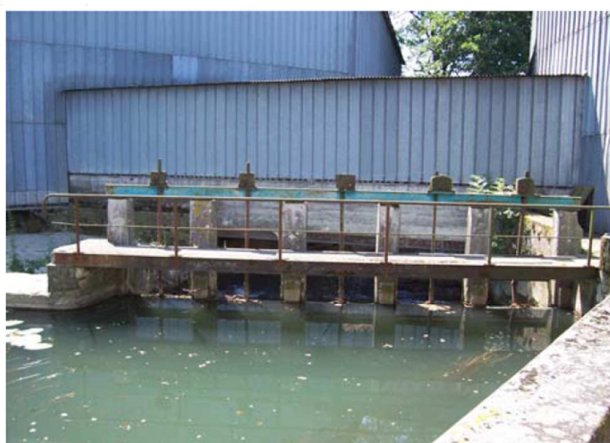
Inversement, le drainage est un facteur prépondérant dans l'aggravation des pics de crue en aval.

2.4.4 Présentation sommaire des ouvrages de Moulin Neuf et Polaizé

Situé sur la Veyle au niveau du lieu-dit de « Polaizé », sur la commune de Polliat, le **moulin de Polaizé** (cf. Figure 15) n'est actuellement plus en service. Le seuil lié à cet ouvrage est constitué de 5 vannes gérées manuellement représentant un obstacle au franchissement piscicole (hauteur de chute d'environ 1,0 m), même en période de hautes eaux. L'ouvrage est actuellement en bon état.

Situé sur la Petite Veyle, sur la commune de Saint-Jean-sur-Veyle, le **Moulin Neuf** (cf. Figure 15) n'est plus en service actuellement. L'ouvrage, anciennement lié à l'activité de meunerie, est intégré à un bâtiment. Il est constitué de 2 vannes dont l'une est automatique. Il est en mauvais état du fait de la vétusté des vannages.

Figure 15 : Illustrations des moulins et des vannages



Vannage du moulin de Polaizé (Hydratec, 2006)



Vue en amont du vannage du moulin de Polaizé sur la Veyle (photographie google)



Vannage du moulin Neuf (Hydratec, 2006)



Vue en amont du vannage du moulin Neuf sur la Petite Veyle (photographie google)

Le moulin de Polaizé et le Moulin Neuf ont faits l'objet d'un diagnostic lors d'une étude de devenir des ouvrages. Leur fiche de présentation se trouve en Annexe 2.

2.5 Historique du site

La Veyre a été aménagée sur une majeure partie de son linéaire pour l'exploitation de la force hydromotrice : déplacement et chenalisation des cours d'eau, mis en place de seuils et vannages. On compte ainsi jusqu'à 100 moulins sur la Veyre et ses affluents mis en place au cours des 16^{ème} et 18^{ème} siècles.

Dans les années 1970, des opérations de curage et de recalibrage à grande échelle ont été réalisées dans le but d'évacuer plus rapidement les crues et de limiter les débordements en zone agricole.

Les photographies aériennes anciennes permettent d'avoir une approche sur l'évolution de l'environnement d'un site. Les photographies aériennes consultées sur le site du Géoportail sont présentées en Annexe 3.

Pour les deux sites (Moulin Neuf et Polaizé), on peut noter le peu d'évolution entre 1945, photographie la plus ancienne disponible, et 2012, si ce n'est une légère densification des zones urbaines (Polliat et Saint-Jean-sur-Veyre) et un faible déboisement des limites de parcelles formant les bocages.

Par ailleurs, les cartes anciennes disponibles sur le site du Géoportail ont également été analysées :

- Carte de Cassini, XVIII^{ème} siècle (Figure 16 et Figure 17) ;
- Carte de l'Etat Major (1820-1866) (Figure 18 et Figure 19).

Les cartes de l'Etat Major mettent en évidence la présence de nombreuses prairies le long des cours d'eau (en bleu sur la carte). A noter qu'il ne s'agit toutefois pas de prairies humides.

Les cartes et principalement les photographies aériennes anciennes mettent en évidence le peu d'évolution de l'environnement des sites :

- Les cours d'eau ont conservés leurs tracés,
- Les limites des parcelles bocagères sont globalement inchangées.

- Etude de caractérisation du rôle des retenues dans l'alimentation des zones humides
- 2. Phase 1 : Synthèse des connaissances sur le fonctionnement hydrologique et hydrogéologique des zones humides

Figure 16 : Carte de Cassini centrée sur le Moulin Neuf (XVIII^{ème} siècle)

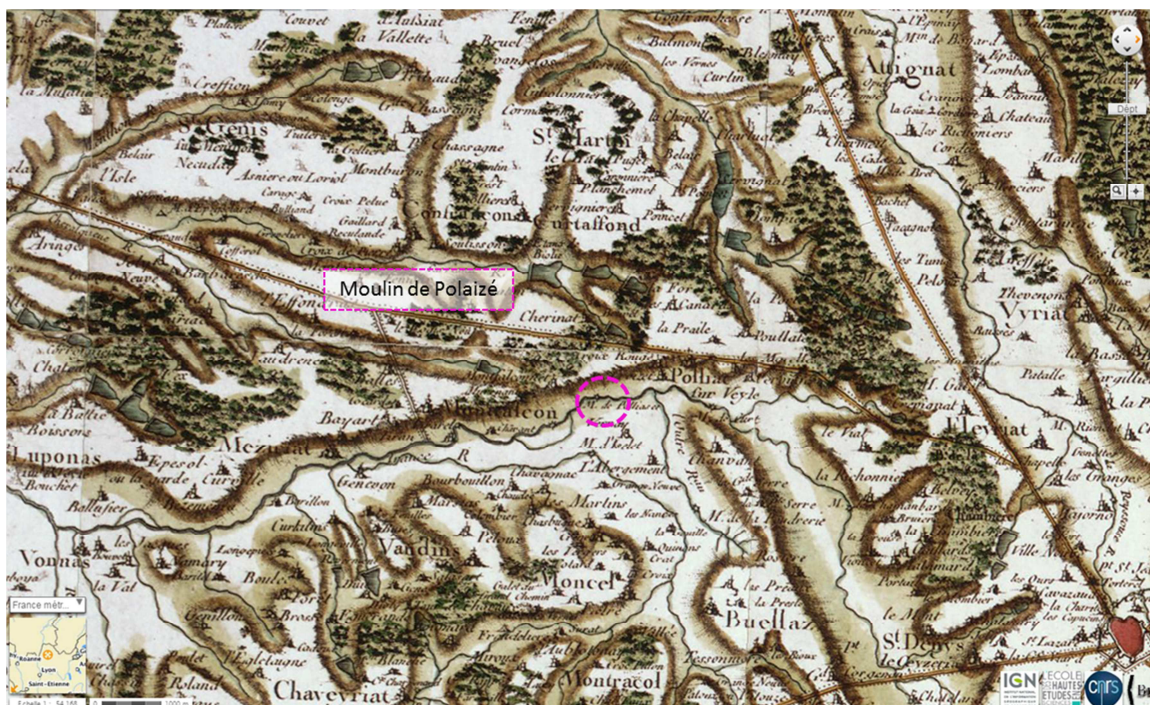
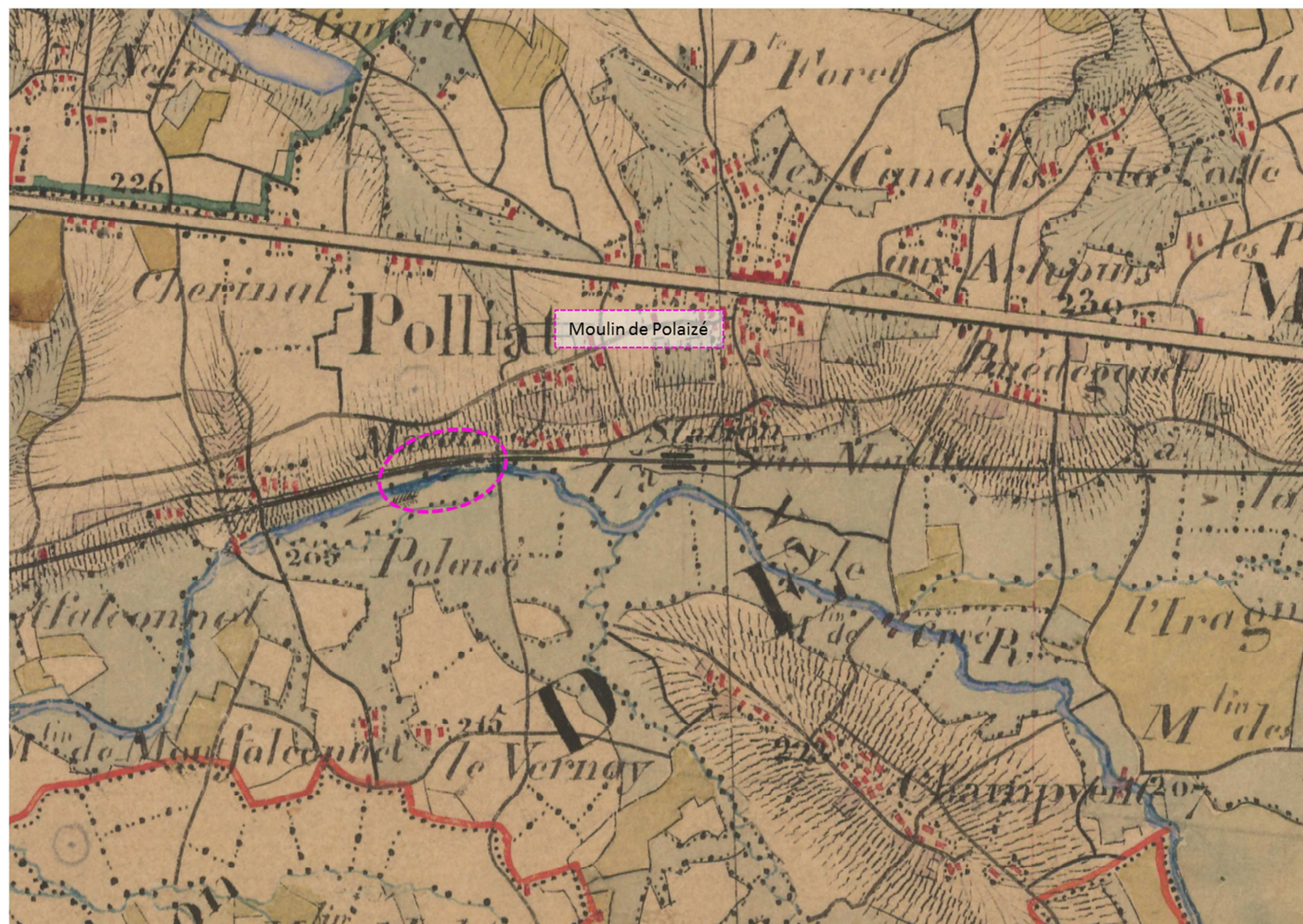
Figure 17 : Carte de Cassini centrée sur le Moulin de Polaizé (XVIII^{ème} siècle)


Figure 18 : Carte de l'Etat Major centrée sur le Moulin Neuf (1820-1866)



Figure 19 : Carte de l'Etat Major centrée sur le Moulin de Polaizé (1820-1866)



3. Phase 2 : Résultats des investigations de terrain

3.1 Prospections floristiques

Une caractérisation de la végétation a été réalisée par Ecosphère au printemps 2014 lors de prospections sur les deux sites d'étude.

Le rapport d'étude se trouve en Annexe 4.

Les conclusions des prospections sont les suivantes.

Les deux sites se caractérisent par de vastes prairies humides (prairies de fauche ou pâturées extensivement) qui pourraient être pour partie rattachées à l'alliance du Bromionracemosi (prairie alluviale moyennement inondable). Cet habitat présente un fort intérêt en termes de biodiversité. Par ailleurs, les 2 sites abritent une flore et une faune remarquables : plusieurs espèces végétales sont d'ores-et-déjà référencées et la présence est avérée pour le Courlis cendré sur le site de Polliat.

La composition floristique de ces habitats est liée aux conditions d'humidité, conditionnée par l'affleurement régulier de la nappe par rapport au sol et à l'inondabilité par le cours d'eau (fréquence et durée des inondations). Il n'est pas possible de déterminer ici quel facteur précis est déterminant (ou prédominant sur les autres facteurs) sur les sites étudiés.

Ces habitats directement liés aux inondations sont particulièrement sensibles aux modifications apportées aux rivières. Il n'est toutefois pas possible d'affirmer que l'effacement des barrages aurait un effet fondamental sur l'intérêt de ces habitats.

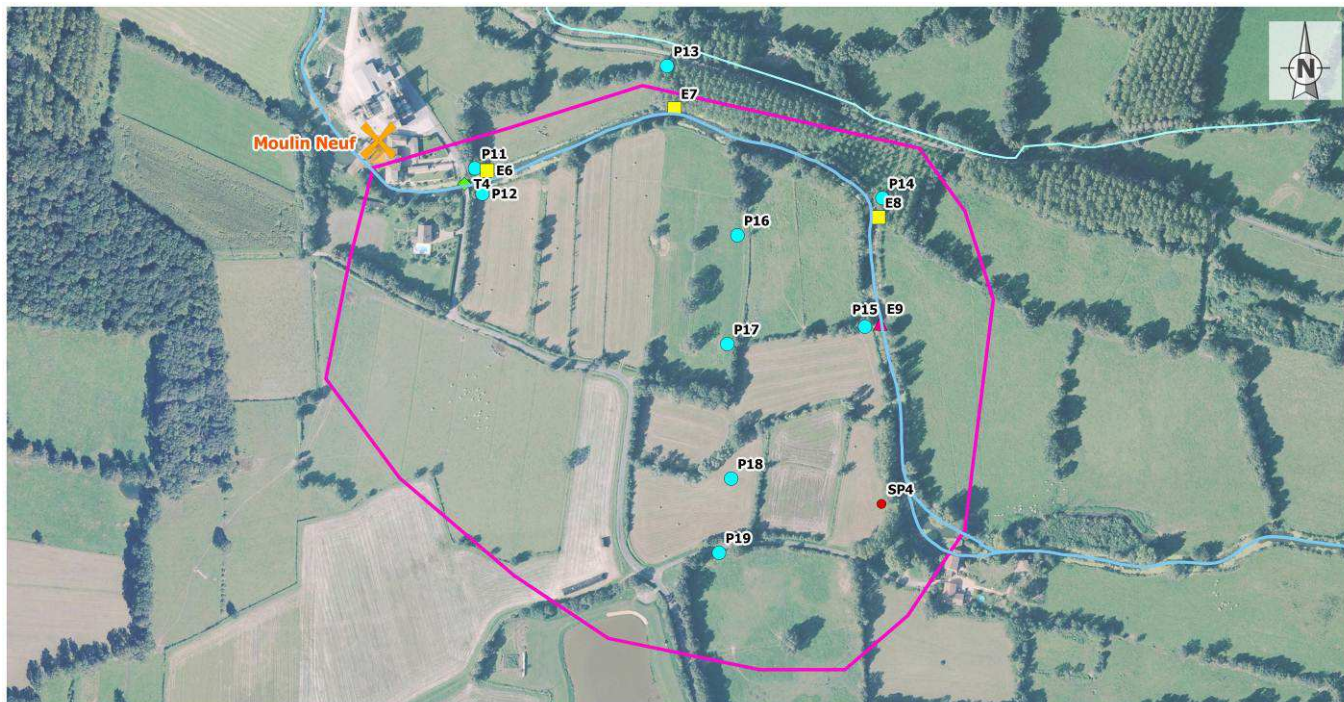
3.2 Présentation du réseau de suivi

Les investigations de terrain ont eu pour but une meilleure connaissance du fonctionnement des deux zones humides, avec des investigations pédologiques et des suivis quantitatifs et qualitatifs des eaux superficielles et souterraines.

Il a donc tout d'abord fallu définir et caractériser un réseau d'investigations de suivi. Le cabinet ALTEA a réalisé le nivellement de l'ensemble des points cités ci-dessous (hauteur d'échelle, ponts, têtes de piézomètres/puits) à l'aide d'un GPS différentiel.

Les investigations sont localisées sur les Figure 20 et Figure 21.

Figure 20 : Localisation des investigations sur le secteur de Moulin Neuf



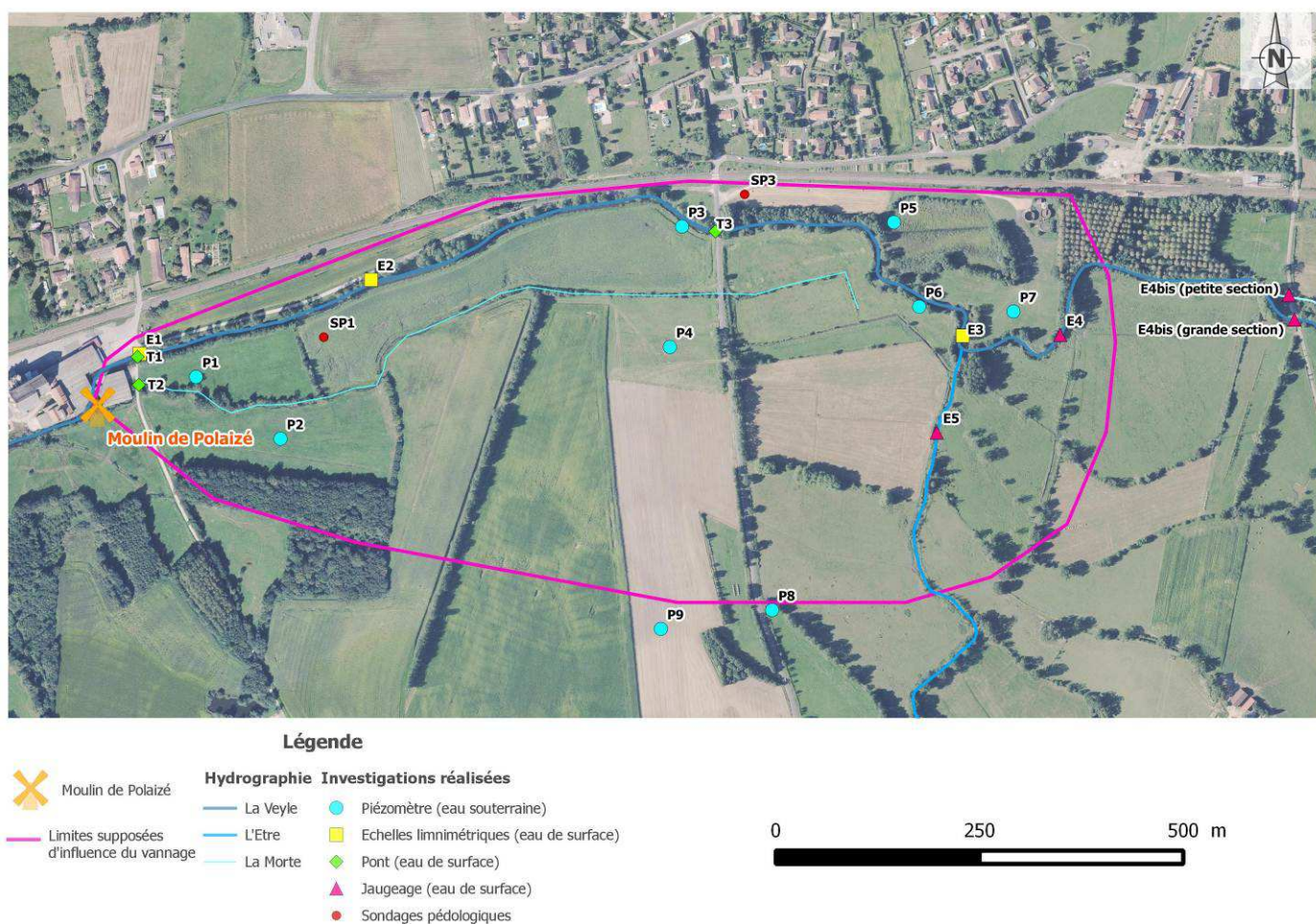
Légende

	Moulin Neuf	Hydrographie	Investigations réalisées
	Limites supposées d'influence du vannage	 La Petite Veyle	 Piézomètre
		 Autres cours d'eau	 Eau de surface
			 Eau de surface-Pont (+jaugeage)
			 Eau de surface - Jaugeage
			Sondage pédologique

0 100 200 m



Figure 21 : Localisation des investigations sur le secteur du Moulin de Polaizé



3.2.1 Localisation des sondages pédologiques

Plusieurs sondages pédologiques ont été réalisés sur les sites de Moulin Neuf et de Polaizé.

Les sondages de reconnaissance ont été réalisés à la tarière manuelle (type Edelman, diamètre 5 cm), les 26 et 27 juin 2015 à des profondeurs comprises entre 0,5 et 2,6 mètres.

Au vu de la difficulté de réalisation des sondages manuels, des sondages complémentaires ont été effectués par l'entreprise DPSE au carottier portatif le 24 juillet 2014, à des profondeurs de 2,0 ou 3,0 m.

Dans la plupart des sondages, des tubes PVC crépinés vissés 41/48 mm ont été placés faisant office de piézomètres provisoires avec des bouchons en tête et en fond. Ces piézomètres ont été utilisés pour contrôler le niveau de la nappe (piézométrie) et pour réaliser des prélèvements d'eau.

Les sondages réalisés sont au nombre de 10 sur Moulin Neuf, répartis le long de la Petite Veyle et selon une ligne N/S. Ils sont au nombre de 12 sur Polaizé, répartis le long la Veyle. Le maillage permet ainsi de réaliser des coupes d'interprétation des lignes d'écoulements souterrains.

Sondage	Prof. total	Méthode	Foreur
P11	2,35	Tarrière manuelle	BURGEAP
P12	1,9	Tarrière manuelle	BURGEAP
P13	2	Carottier portatif	DPSE
P14	2	Carottier portatif	DPSE
P15	2,3	Tarrière manuelle	BURGEAP
P16	2	Carottier portatif	DPSE
P17	3	Carottier portatif	DPSE
P18	3	Carottier portatif	DPSE
P19	2	Carottier portatif	DPSE
SP4	0,6	Tarrière manuelle	BURGEAP
Sondage	Prof. total	Méthode	Foreur
P1	2,15	Tarrière manuelle	BURGEAP
P2	1,6	Tarrière manuelle	BURGEAP
P3	2,6	Tarrière manuelle	BURGEAP
P4	2	Carottier portatif	DPSE
P5	2,3	Tarrière manuelle	BURGEAP
P6	2	Tarrière manuelle	BURGEAP
P7	1,9	Tarrière manuelle	BURGEAP
P8	1,4	Tarrière manuelle	BURGEAP
P9	1	Tarrière manuelle	BURGEAP
SP1	1,6	Tarrière manuelle	BURGEAP
SP2	2,2	Tarrière manuelle	BURGEAP
SP3	1	Tarrière manuelle	BURGEAP

Tableau 2. Liste des sondages pédologiques

3.2.2 Recherche des points d'accès à la nappe

Deux points d'accès à la nappe profonde ont été identifiés :

- un puits particulier à proximité de la zone humide de Polaizé ;
- un piézomètre enregistré dans la BSS sur le site de Moulin Neuf : piézomètre du Grand Pré.

Ces ouvrages permettent un accès à la nappe profonde. Le puits particulier était libre d'accès, il a permis une mesure des niveaux statiques et des paramètres physico-chimiques de base. Le piézomètre fait l'objet d'un suivi régulier, à raison d'une mesure par jour depuis 2002. Le chronique est disponible sur la base de données publique ADES. Ce piézomètre, d'une profondeur de 9,0 m, capte les alluvions au-dessus des argiles bleues et sera nommé « piézomètre BSS » par la suite.

Ces ouvrages s'ajoutent aux piézomètres provisoires mis en place lors de la réalisation des sondages pédologiques (9 sur Moulin Neuf, 9 sur Polaizé).

3.2.3 Réseau de points superficiels

Lors de la visite des sites effectuée le 17 avril 2014, nous avons identifié un ensemble de points pouvant être intégrés au réseau de suivi. Il s'agissait notamment de repérer :

- les endroits permettant la pose d'échelles limnimétriques ou de repères de niveaux d'eau. Ont été identifiés 3 endroits sur chaque site permettant la pose des éléments suivants :
 - une échelle limnimétrique fixée sur des poteaux bois en amont immédiat de chacun des moulins,
 - 2 tiges graduées, réparties sur chaque site le long de la Veyle ou de la petite Veyle.
- les ouvrages fixes (type pont ou buse) pouvant permettre des mesures de niveau d'eau. Ont été identifiés :
 - sur Polaizé : un pont sur la Morte et un sur la Veyle situé entre deux tiges graduées
 - sur Moulin Neuf : un pont sur la petite Veyle en amont immédiat du moulin.

3.3 Sondages pédologiques

3.3.1 Objectif

Lors de la réalisation des sondages (à la tarière à main et au carottier portatif), une coupe géologique et pédologique a été relevée avec précision, nous permettant ainsi d'appréhender :

- l'épaisseur des couches tourbeuses/limoneuses et leur qualité (rôle de rétention de l'eau) ;
- la nature des formations superficielles sous-jacentes et la présence éventuelle d'un horizon argileux à faible profondeur ;
- les marques d'oxydation et de réduction des éléments du sol.

La réalisation de ces sondages a permis d'identifier les formations jouant un rôle d'aquifère ou au contraire de nature imperméable et favorisant la rétention d'eau de surface. Elle permet également d'identifier le niveau en dessous duquel l'engorgement des terrains est permanent, et la zone supérieure dans laquelle la présence d'eau est saisonnière.

Les coupes pédologiques des sondages sont présentées en Annexe 5.

3.3.2 Description des profils pédologiques

3.3.2.1 Zone humide Moulin Neuf

Voir coupes en figures 22 et 23.

Les sondages réalisés sur la zone humide de Moulin Neuf présentent deux types de profils : des profils identiques sur tous les sondages faits à proximité de la petite Veyle (P12, P11, P14, SP4, P15) montrant l'influence du cours d'eau ; des profils semblables, avec éventuellement des profondeurs variables, sur les sondages plus éloignés (P16, P13, P19, P17, P18).

Les sondages le long de la petite Veyle, montrent un premier horizon de **limon brun**, légèrement compact. Ces limons étaient légèrement humides lors de la réalisation des sondages au mois de juin. Seul le sondage P12 ne présente pas cet horizon.

Sous cet horizon, un horizon de **limon brun avec juxtaposition de plages claires ou grises appauvries en fer et de taches de couleur rouille enrichies en fer**. Cet horizon rédoxique, appelé pseudogley, est révélateur de **périodes de saturation temporaire en eau qui entraînent une répartition hétérogène du fer**. La profondeur de cet horizon est à peu près identique pour tous les sondages, aux alentours de 0,5 m.

Enfin, les sondages ont permis d'atteindre un troisième horizon de **limon sableux bleu**, compact et saturé en eau, ne présentant **plus aucunes traces d'hydromorphie**. Ce type de sol, appelé gley, est caractéristique d'un sol présentant du fer réduit et donc d'un milieu anoxique. Cet horizon apparaît entre 1,0 (P12) et 1,50 m (P14) de profondeur, ce qui montre que le niveau d'eau dans les sols ne descend pas au-delà de cette profondeur, du fait de l'influence de la retenue d'eau dans la rivière.

Les sondages éloignés du cours d'eau, montrent les deux mêmes premiers horizons que les autres sondages : les limons de surface jusqu'à maximum 50 cm de profondeur puis les pseudogley jusqu'à environ 1,80 m de profondeur pour les sondages les plus éloignés (P17, P19, P18) ou au contraire sur uniquement 20 cm pour les sondages plus proches (P13 et P16). Un horizon supplémentaire de marne est observé sur P16.

Le troisième horizon consiste en une grave limono-sableuse (P17, P19) ou à des sables graveleux (P13, 18 et P16), saturés en eau. Cet aquifère n'apparaît pas dans les sondages en bord de cours d'eau.

Figure 22 : Coupe pédologique Nord-Sud sur le secteur de Moulin Neuf

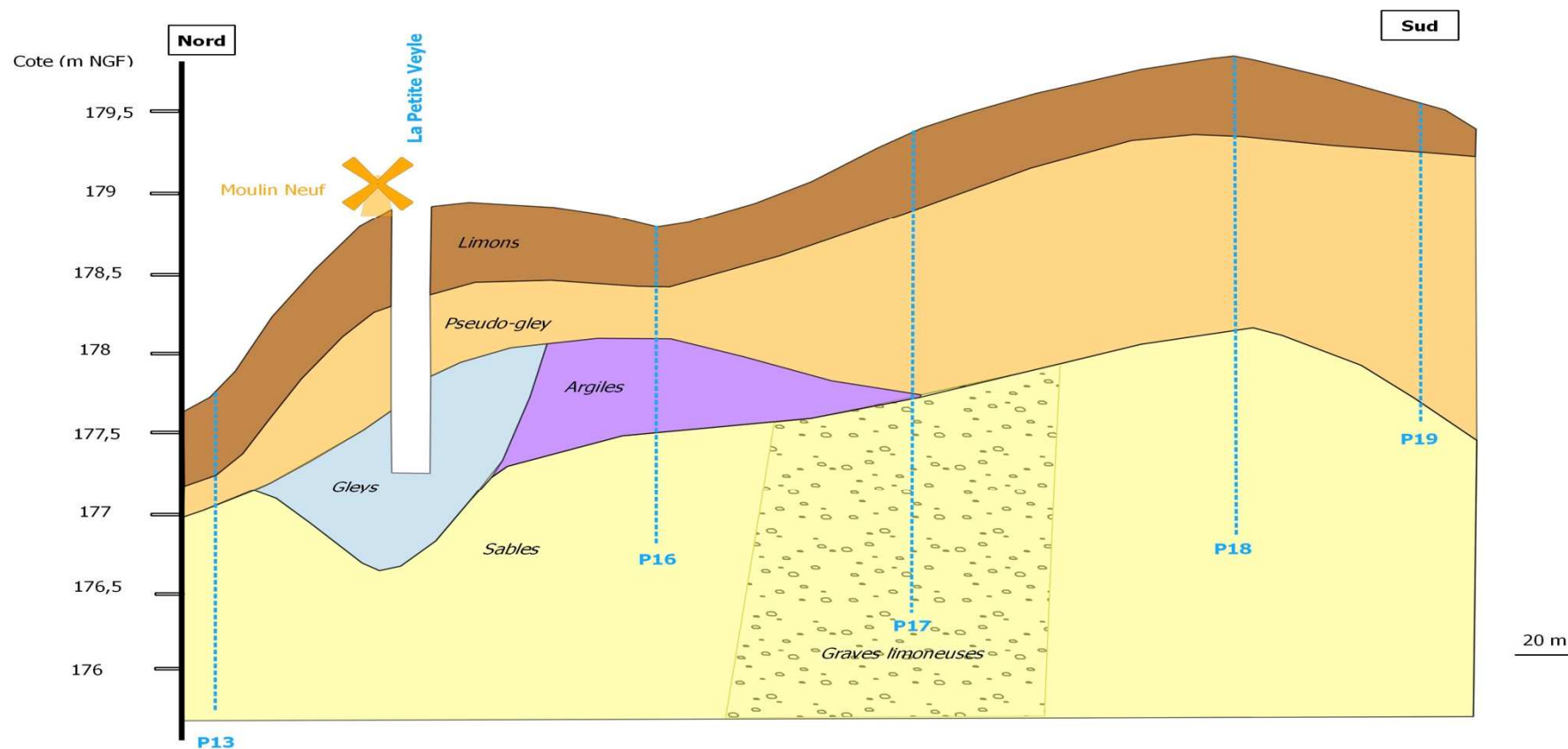
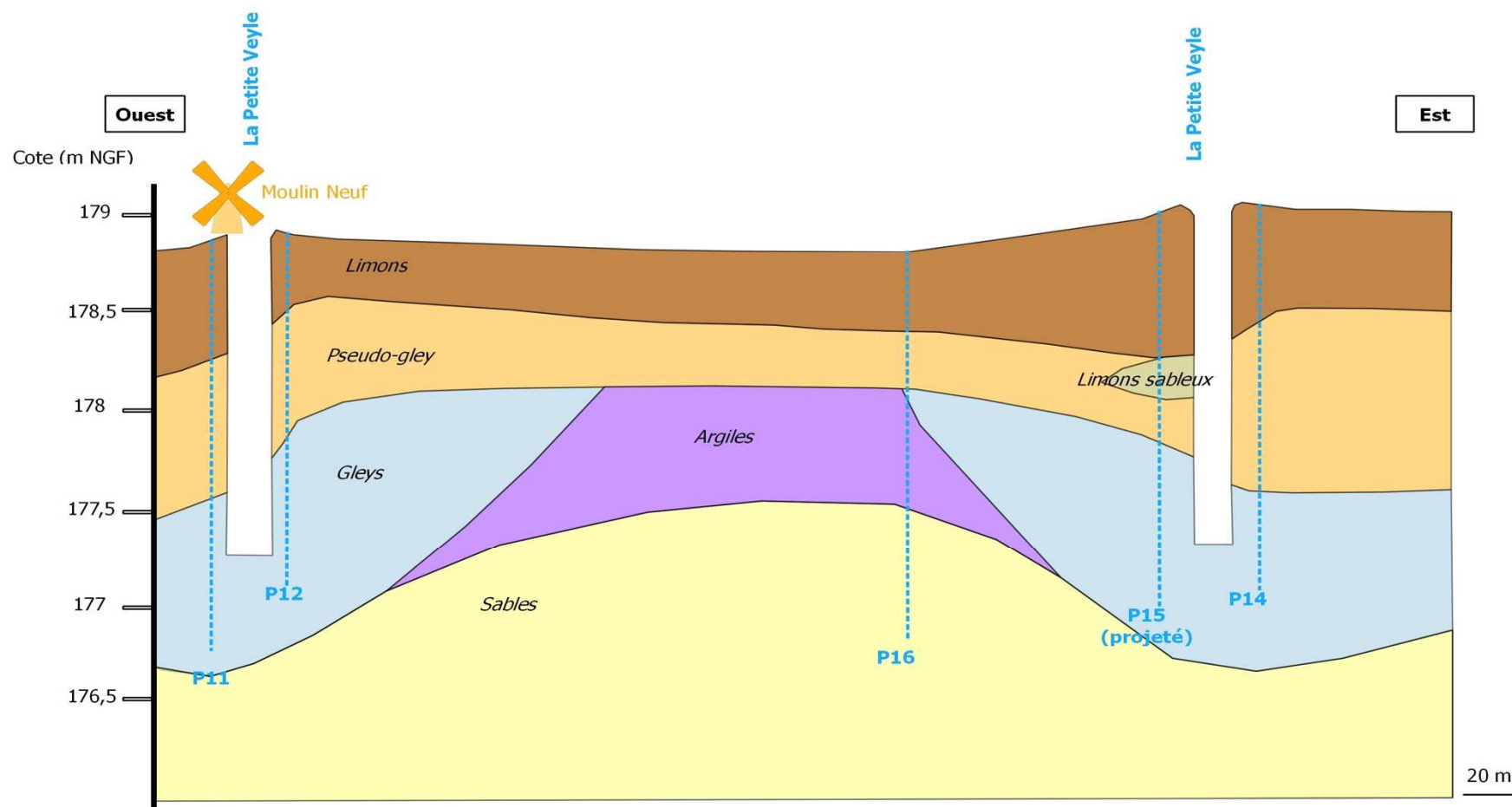


Figure 23 : Coupe pédologique Ouest-Est sur le secteur de Moulin Neuf



3.3.2.2 Zone humide de Polliat

Voir coupes en figures 24 et 25.

Les sondages réalisés sur la zone humide de Polaizé présentent tous les mêmes horizons de sols, à des profondeurs variables.

Ainsi ils montrent un premier horizon de limon brun, plus ou moins sablo-argileux selon la localisation : à l'Ouest et au Sud du site, les terrains sont plus sableux, au Nord et à l'Est, ils sont plus argileux. Ces limons étaient secs et compacts lors de la réalisation des sondages soit au mois de juin. En période hivernale, ils sont par contre détrempés. Cet horizon n'a pas été observé sur P4.

Sous cet horizon, un horizon de limon argileux brun /beige avec juxtaposition de plages claires ou grises appauvries en fer et de taches de couleur rouille enrichies en fer. Cet horizon rédoxique, appelé pseudogley, est révélateur de périodes de saturation temporaire en eau qui entraînent une répartition hétérogène du fer. La profondeur de cet horizon est fortement liée à la présence ou non du cours d'eau à proximité : en effet, sur les sondages à proximité de la Veyle (P6, P3, P1, SP1, SP2) l'horizon rédoxique peut descendre jusqu'à 1,20 ou 1,40 m de profondeur. Sur les autres sondages plus éloignés, il s'étend de 0,50 à 0,90 m de profondeur. Sur certains sondages, on observe des passées de sable ou des lentilles d'argile au sein de cet horizon (P5, P2, P7, P1, P6).

Quasiment tous les sondages ont permis d'atteindre un troisième horizon de limon sableux ou sable limono-argileux bleu ou gris bleuté, compact et saturé en eau, ne présentant plus aucunes traces d'hydromorphie. Ce type de sol, appelé gley, est caractéristique d'un sol présentant du fer réduit et donc d'un milieu anoxique. Du sable grossier ou des graviers sont souvent présents dans cet horizon. Seul le sondage P3 ne présente pas cet horizon : à la place, il présente un horizon d'argile, saturé en eau. Le comportement du site à cet endroit sera donc légèrement différent.

Enfin, les sondages les plus profonds ont mis en évidence sous les gley, un horizon de sable plus ou moins graveleux, beige et saturé en eau. Cet aquifère se retrouve aux alentours de 2,0 m de profondeur à proximité du cours d'eau (SP2, P6, P3, P5), ou à des profondeurs comprises entre 1,0 et 1,50 m lorsque l'on s'éloigne de la Veyle (P2, P4).

Figure 24 : Coupe pédologique Nord-Sud sur le secteur du Moulin de Polaizé

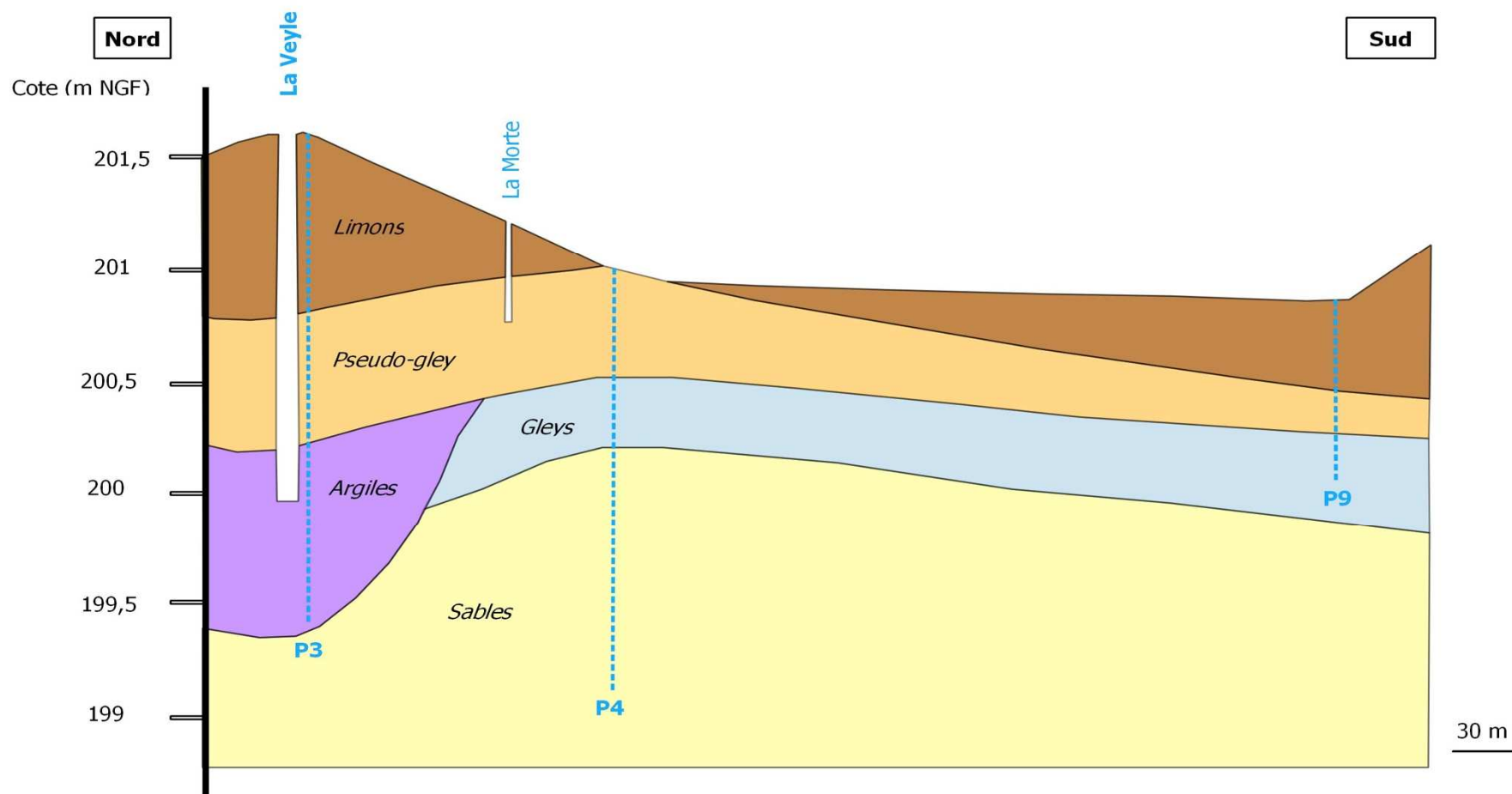
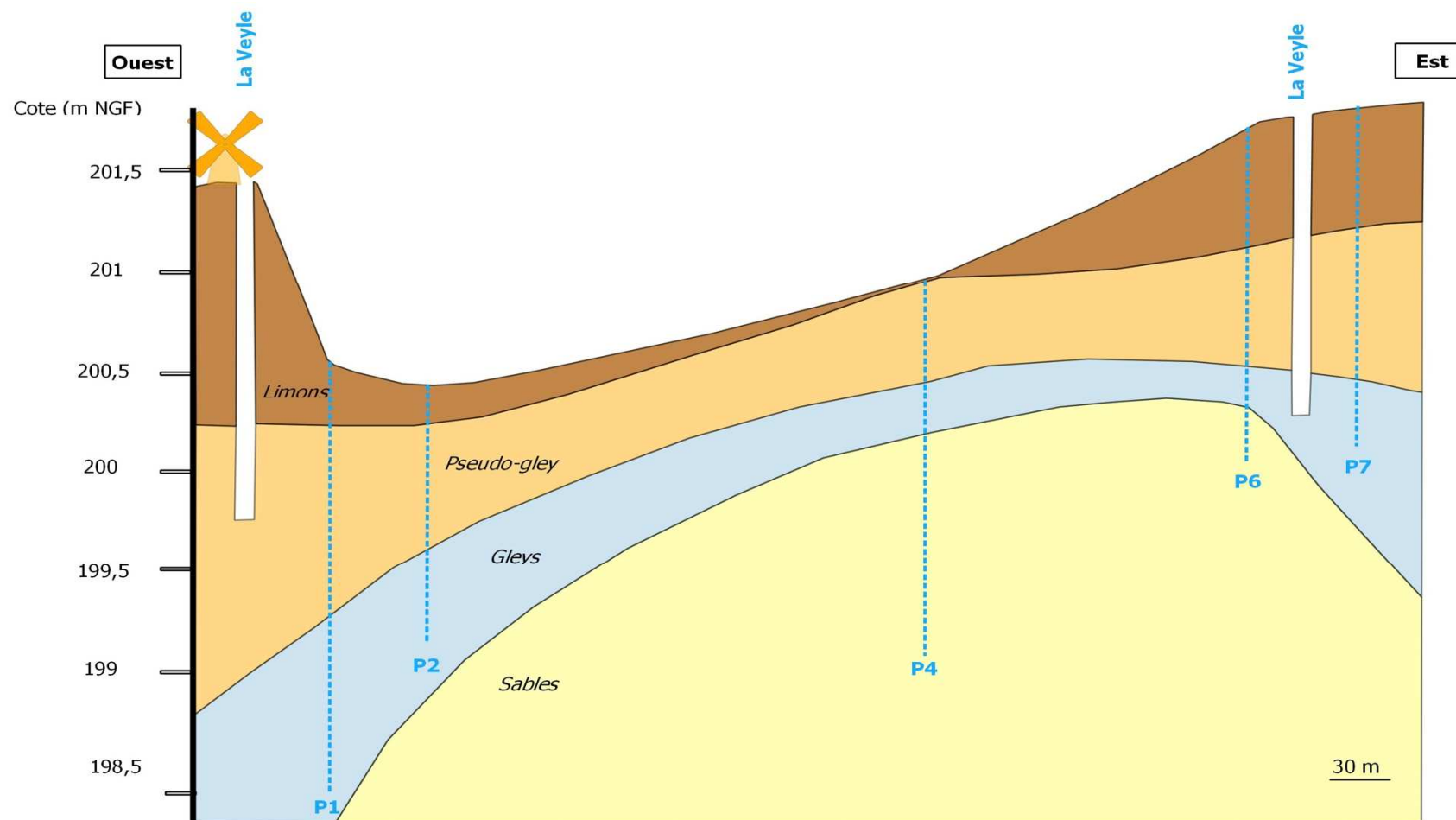


Figure 25 : Coupe pédologique Ouest-Est sur le secteur du Moulin de Polaizé



Limon brun



Pseudogley



Gley



Grave limoneuse



Figure 26 : Exemples d'échantillons de sols prélevés lors des sondages

3.3.2.3 Interprétations

Les sondages pédologiques mettent en évidence la présence d'une zone saturée constante à faible profondeur, et la remontée régulière des eaux quasiment jusqu'à la surface.

La rivière, par son effet de soutien de la nappe, a une influence forte sur l'humidité des sols à proximité de ses berges.

3.4 Suivi des eaux souterraines et superficielles – bilan quantitatif

3.4.1 Méthodologie mise en œuvre

Le suivi quantitatif des eaux des deux zones humides a été réalisé au travers de différentes méthodes :

- pour les eaux souterraines :
 - le relevé des hauteurs d'eau dans tous les piézomètres et ouvrages inventoriés ;
 - l'enregistrement en continu des niveaux d'eau dans certains piézomètres grâce à des sondes enregistreuses. Les sondes utilisées sont des sondes DIPPER mesurant la pression de l'eau (pas de temps : 1 minute).
- pour les eaux de surface :
 - le relevé des hauteurs d'eau sur les échelles limnimétriques et tiges graduées ;
 - le relevé des hauteurs d'eau sur les ponts préalablement identifiés ;
 - des mesures de débit en différents points du réseau hydrographique, à l'aide d'un courantomètre (Veyle, petite Veyle, Morte et Etre) ;
 - l'enregistrement en continu des niveaux d'eau sur la Veyle et la Petite Veyle, en amont immédiat des moulins, grâce à des sondes enregistreuses (pas de temps : 1 minute). Les sondes utilisées sont des sondes MiniDiver se composant d'un capteur de pression conçu pour mesurer la pression de l'eau, d'un capteur de température, d'une mémoire de stockage et d'une batterie. Pour compenser les variations de pression atmosphérique, une sonde BaroDiver est associée aux MiniDiver.

L'objectif des campagnes de mesures étant de voir l'influence des vannages sur le fonctionnement de la zone humide, le suivi des eaux souterraines et superficielles a été réalisé en hautes et en basses eaux, vannes fermées puis vannes ouvertes (soit 6 campagnes de mesures). Le programme des campagnes de relevés est décrit dans le tableau suivant.

Tableau 3. Campagne de suivi quantitatif des eaux superficielles et souterraines

Hydrologie	Statut des vannes	Relevé des niveaux d'eau	Sondes enregistreuses	Jaugeages
Basses eaux.	Fermées	P : 28/07/2014 MN : 29/07/2014	P : 28/07/2014 MN : 29/07/2014	-
	Fermées	MN + P : 04/08/2014	-	P : 04/08/2014 MN : 05/08/2014
	Ouvertes	P : 11/08/2014 MN : 12/08/2014	P : 11/08/2014 MN : 12/08/2014	P : 11/08/2014 MN : 12/08/2014
Hautes eaux	Fermées	P : 21/01/2015 MN : 20/01/2015	P : 21/01/2015 MN : 20/01/2015	-
	Fermées	P : 27/01/2015 MN : 28/01/2015	-	P + MN : 27/01/2015
	Ouvertes	P : 03/02/2015 MN : 04/02/2015	P : 03/02/2015 MN : 04/02/2015	P + MN : 03/02/2015

3.4.2 Interprétation des résultats

Les résultats sont interprétés par campagne. Pour chacune des campagnes et chacun des sites, 5 cartes ont été réalisées :

- trois cartes représentant le résultat des niveaux d'eau piézométriques et superficielles,
- deux cartes représentant le résultat des jaugeages.

Nota : les affirmations qui suivent sont valables uniquement en dehors des crues débordantes de la Veyle, qui n'ont pas été observées dans le cadre de cette étude.

3.4.2.1 Suivi piézométrique au droit du piézomètre BSS

Les niveaux d'eau mesurés au droit de cet ouvrage oscillent globalement entre 177,5 m NGF et 177,9 m NGF, mais atteint régulièrement 178,5 m NGF à 179,5 m NGF durant les périodes de hautes eaux (novembre à mai).

Le niveau minimum mesuré entre 2002 et 2015 est de 177,73 m NGF (août 2003). Le niveau maximum mesuré est de 179,48 m NGF et est atteint en novembre 2002.

La chronique piézométrique (Annexe 1) montre que les eaux souterraines réagissent aux précipitations : montée du niveau d'eau de 0,50 m à 1,0 m en fonction des événements pluvieux. Le temps de réponse de la nappe est globalement de un à deux jours après une forte précipitation.

Cette réponse rapide des eaux souterraines aux pluies met notamment en évidence :

- la bonne capacité d'infiltration des sols jusqu'à la zone saturée,
- l'absence d'effet « tampon » de la rivière, et donc son absence d'influence à une telle distance (l'ouvrage se trouve à 250 m et 300 m de la Petite et de la Grande Veyle).

3.4.2.2 Basses eaux (juillet – août 2014)

MOULIN NEUF

Atlas cartographique : Cartes 1 à 9

Figure 27 ; Figure 28 ; Figure 29

Suivis piézométriques en Annexe 6.

Vannes fermées, la Petite Veyle s'établit à un niveau moyen de 178,50 m NGF.

Nota : contrairement à ce qui était prévu, les vannes du Moulin Neuf ont été ouvertes avant que la mesure des débits de la Petite Veyle n'ait pu être faite. Nous ne disposons donc pas de mesure de débit de la Petite Veyle vannes fermées.

Vannes ouvertes (semaine 3), la Petite Veyle s'établit à un niveau moyen de 177,85 m NGF, soit 0,65 m plus bas qu'avec les vannes fermées, et son débit a été mesuré à 1,60 m³/s en amont et 1,20 m³/s en aval.

En semaine 2, **vannes ouvertes et après un orage** le soir du 04/08/2014 (orage non observé à la station météorologique de Mâcon), le débit de la **Petite Veyle** a été mesuré à **6,48 m³/s** en amont (E9) et **7,14 m³/s** en aval (T4), soit 5 fois plus qu'en semaine 3.

Nota : la différence entre les débits mesurés en amont et en aval de la zone humide s'inscrit dans la marge d'erreur du courantomètre (outil ayant servi à la mesure des débits), qui est de l'ordre de 16%, sans compter la marge d'erreur due aux opérations de mesures elles-mêmes, qui n'est pas réellement quantifiable mais est sans-doute plus élevée.

Les résultats du suivi en continu du niveau d'eau de la Petite Veyle montrent qu'après un effet de vidange observé sur les quelques heures après l'ouverture des vannes (baisse brutale du niveau d'eau puis remontée très rapide), le niveau d'eau a baissé pendant environ deux jours avant d'atteindre un niveau stabilisé, 0,65 m plus bas.

Pour l'analyse des mesures des niveaux d'eaux souterraines, nous avons découpé le secteur d'étude du Moulin Neuf en trois « zones » : rive droite de la Petite Veyle, rive gauche et à proximité immédiate de la rivière et centre de la zone humide (rive gauche plus ou moins loin de la rivière).

► Rive droite :

Vannes fermées, en semaine 1, le niveau d'eau dans **P13** s'établit au niveau du sol, environ 5 cm plus haut que la Petite Veyle, mais près de 75 cm plus bas que la rivière en semaine 2.

Vannes ouvertes, le niveau dans **P13** s'établit à 34 cm de profondeur, **43 cm plus bas que la rivière**, une quinzaine de cm plus bas qu'en semaine 1 et environ 35 cm plus bas qu'en semaine 2.

A noter que cet ouvrage est localisé à une vingtaine de mètres d'un bras mort de la Veyle en eau, susceptible de créer un « effet tampon » sur les eaux souterraines (le niveau d'eau à proximité de ce plan d'eau ne varierait pas (ou peu) avec la Petite Veyle). Par ailleurs, les mesures réalisées au droit de cet ouvrage pendant les 2 premières campagnes, sont très différentes à mêmes conditions hydrologiques (vannes fermées et absence de pluie entre les deux campagnes), et sont donc difficilement interprétables. Les mesures effectuées dans cet ouvrage ne seront donc pas interprétées.

Vannes fermées, les niveaux d'eau dans **P11 (aval, proche moulin)** et **P14 (amont)** s'établissent respectivement à une **quinzaine** et une **trentaine de cm plus bas** que le niveau de la **Petite Veyle**.

Vannes ouvertes, le niveau dans **P11** est abaissé de 60 cm et s'établit à **environ 6 cm sous la rivière** (soit quasiment à l'équilibre) alors que le niveau dans **P14** est abaissé de seulement 2 cm, et s'établit à une **trentaine de cm au-dessus** du niveau de la **rivière**.

Les résultats des suivis piézométriques en continu sur les 2 semaines d'essai dans les piézomètres P11 et P13 mettent en évidence les éléments suivants :

- Contrairement à ce que laissait supposer l'interprétation des mesures ponctuelles dans **P13**, l'évolution du niveau d'eau dans cet ouvrage est globalement identique à celui de la Petite Veyle : le niveau baisse fortement pendant environ 24h puis descend faiblement.

Ce constat témoigne d'une bonne connexion hydraulique entre les deux milieux en rive droite (à l'aplomb de P13) ;

Etant donné l'effet de vidange brusque de la rivière provoqué par l'ouverture des vannes (descente du niveau d'eau puis légère remontée), il est difficile d'évaluer précisément le temps de réponse des eaux souterraines. On peut toutefois l'estimer à environ 12h, en prenant en compte l'instant d'ouverture des vannes et le temps à partir duquel le niveau baisse dans l'ouvrage. Ce temps de

réponse est assez long mais peut témoigner du colmatage de l'ouvrage ou des berges de la Petite Veyle ;

- **Malgré la proximité de l'ouvrage à la rivière, le niveau dans P11 diminue beaucoup moins rapidement que le niveau dans la rivière, et également moins vite que dans P13.** Ce constat permet d'établir plusieurs hypothèses :
 - l'ouvrage est colmaté (ce qui n'est pas à exclure car il n'a pas été réalisé « dans les règles de l'Art »),
 - les berges de la rivière sont colmatées,
 - la rive droite est alimentée par le versant qui joue un effet tampon dans la relation des eaux souterraines avec la rivière.

Ainsi, **vannes fermées, la rivière a donc un rôle d'alimentation** des eaux souterraines.

Après **l'ouverture des vannes**, la baisse du niveau d'eau dans la rivière (baisse de 65 cm) provoque **un drainage des eaux souterraines de la rive droite sur sa partie amont et met la nappe et la rivière quasiment à l'équilibre à proximité immédiate du moulin.**

L'ouverture des vannes ne semble pas avoir d'influence sur le niveau de nappe au droit de P14 (baisse du niveau négligeable), pouvant témoigner de l'absence de connexion entre la rivière et la nappe en rive droite dans ce secteur.

On notera toutefois que l'ouverture des vannes place la rivière en position de drainance vis-à-vis de la nappe à l'aplomb de P14.

► Rive gauche/proximité immédiate Petite Veyle

Vannes fermées, les eaux souterraines au droit de **P15 (amont)** sont globalement **à l'équilibre avec la rivière** et s'établissent **quelques centimètres (7 cm) plus bas** au droit de **P12 (aval, proche du Moulin)**.

Vannes ouvertes, le niveau des eaux souterraines a baissé d'une cinquantaine de cm dans les deux ouvrages, et s'établit **8 à 12 cm au-dessus du niveau de la rivière**, qui joue alors un rôle de **drain vis-à-vis de la nappe**.

Le suivi piézométrique réalisé en continu sur P12 met en évidence une baisse du niveau relativement rapide pendant environ 2 jours suivi d'une légère baisse progressive (12 cm pendant 5 jours). Le temps de réponse de l'aquifère dans P12 est de l'ordre de l'heure. **Ces constats mettent en évidence une bonne relation hydraulique entre les milieux.**

Vannes fermées, la nappe s'établit à une cinquantaine de centimètres de profondeur et à près d'un mètre de profondeur vannes ouvertes.

La configuration est quasiment identique qu'en rive droite : vannes fermées, la rivière alimente légèrement les eaux souterraines sur sa rive gauche en aval de P15 alors qu'elle draine la nappe lorsque les vannes sont ouvertes.

L'ouverture des vannes tend donc à diminuer l'effet d'humidité sur la zone humide en basses eaux.

► Rive gauche/au centre de la zone humide

Vannes fermées, excepté pour P19 dans lequel le niveau de nappe s'établit à une dizaine de cm au-dessus du niveau de la rivière (soit un gradient hydraulique très faible de l'ordre de 0,4 mm/m), les eaux souterraines à l'intérieur de la zone humide (P16 et P17 uniquement ; P18 étant sec, n'a pas permis de faire de mesure), s'établissent à **une trentaine de centimètres sous le niveau de la rivière** (soit un gradient hydraulique très faible de 2 à 3 mm/m).

Vannes fermées, bien que les gradients hydrauliques soient très faibles et témoignent d'un quasi-équilibre entre la nappe et la rivière (vannes fermées, en basses eaux), la rivière joue un léger rôle d'alimentation des eaux souterraines.

L'ouverture des vannes entraîne une baisse du niveau des eaux souterraines d'environ 25 cm, excepté au droit de P17 (ouvrage colmaté ?, infiltration d'eau depuis la surface ?), soit 2,5 fois moins qu'à proximité immédiate de la rivière, ce qui traduit **une influence moindre de la rivière au « centre » de la zone humide**.

Vannes ouvertes, le niveau des eaux souterraines s'établit de 12 à 50 cm au-dessus du niveau de la rivière, soit un gradient hydraulique très faible de 1,6 à 2,4 mm/m.

Le suivi piézométrique en continu dans P18 met en évidence une baisse rapide du niveau d'eau pendant une trentaine d'heure puis une baisse progressive pendant environ 2 jours avant d'atteindre un niveau d'équilibre. Le temps de réponse de la nappe à la baisse du niveau de la rivière est d'une vingtaine d'heure.

Ces constats mettent en évidence une relation hydraulique entre la nappe et la rivière, atténuée par la distance entre les deux milieux (environ 150 m).

Bien que les gradients hydrauliques entre les eaux souterraines et la rivière soient faibles, vannes ouvertes, la rivière se trouve en position drainante vis-à-vis des eaux souterraines.

Vannes fermées comme ouvertes, la nappe s'établit entre 0,40 et 1,25 m de profondeur.

Figure 27 : Coupe Nord-Sud sur le secteur du moulin Neuf et niveaux piézométriques (BE)

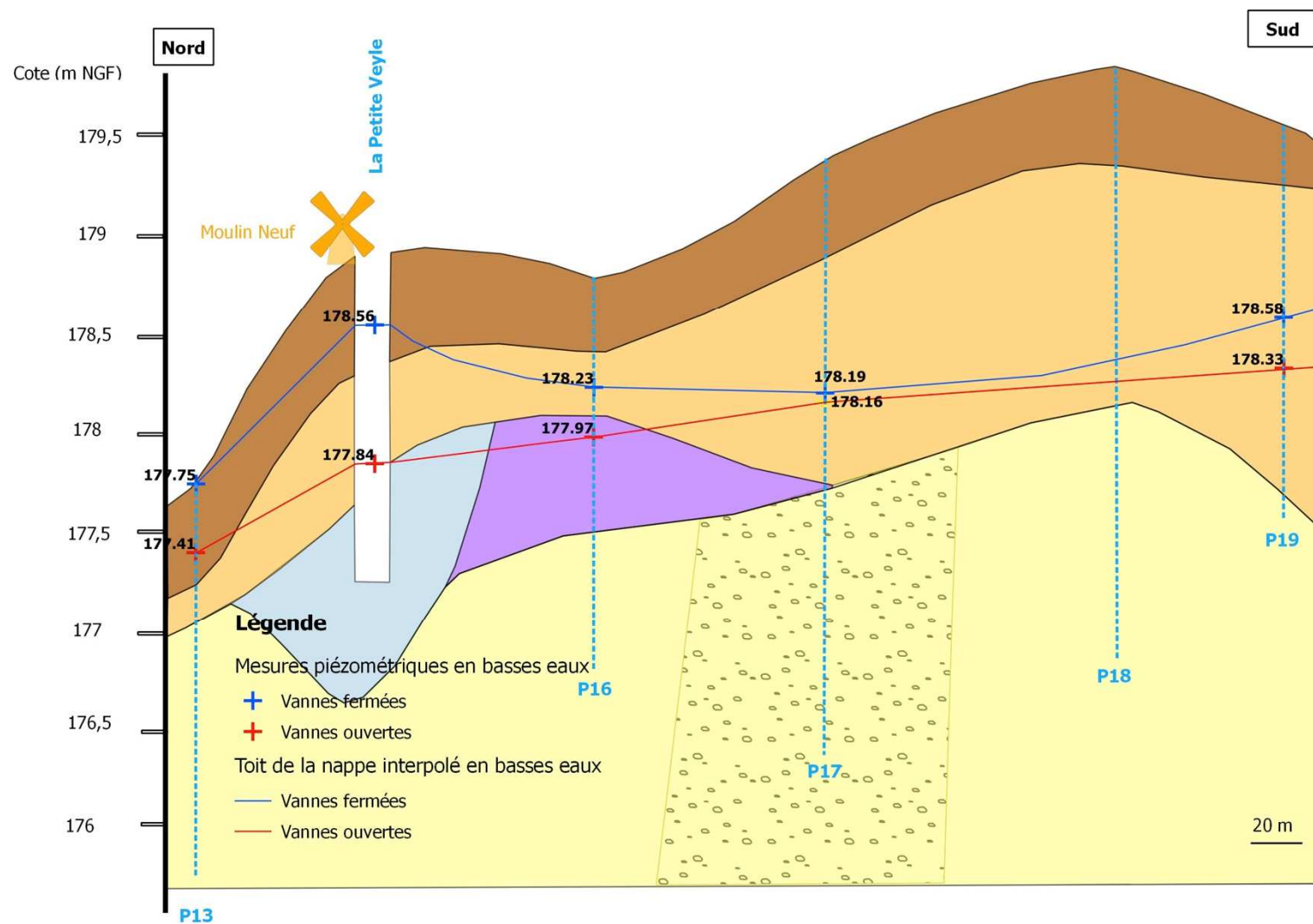


Figure 28 : Coupe Ouest-Est sur le secteur du moulin Neuf et niveaux piézométriques (BE)

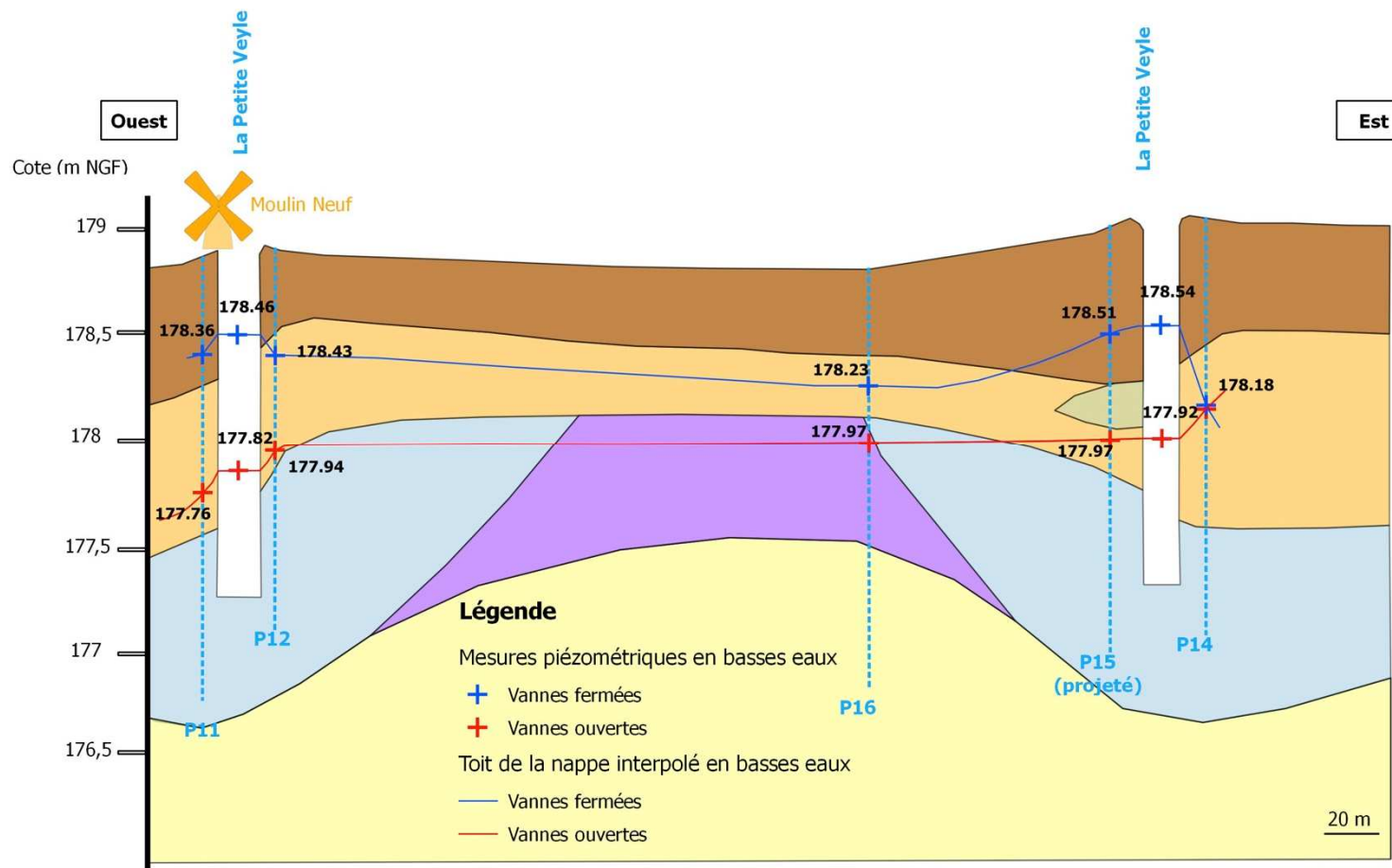
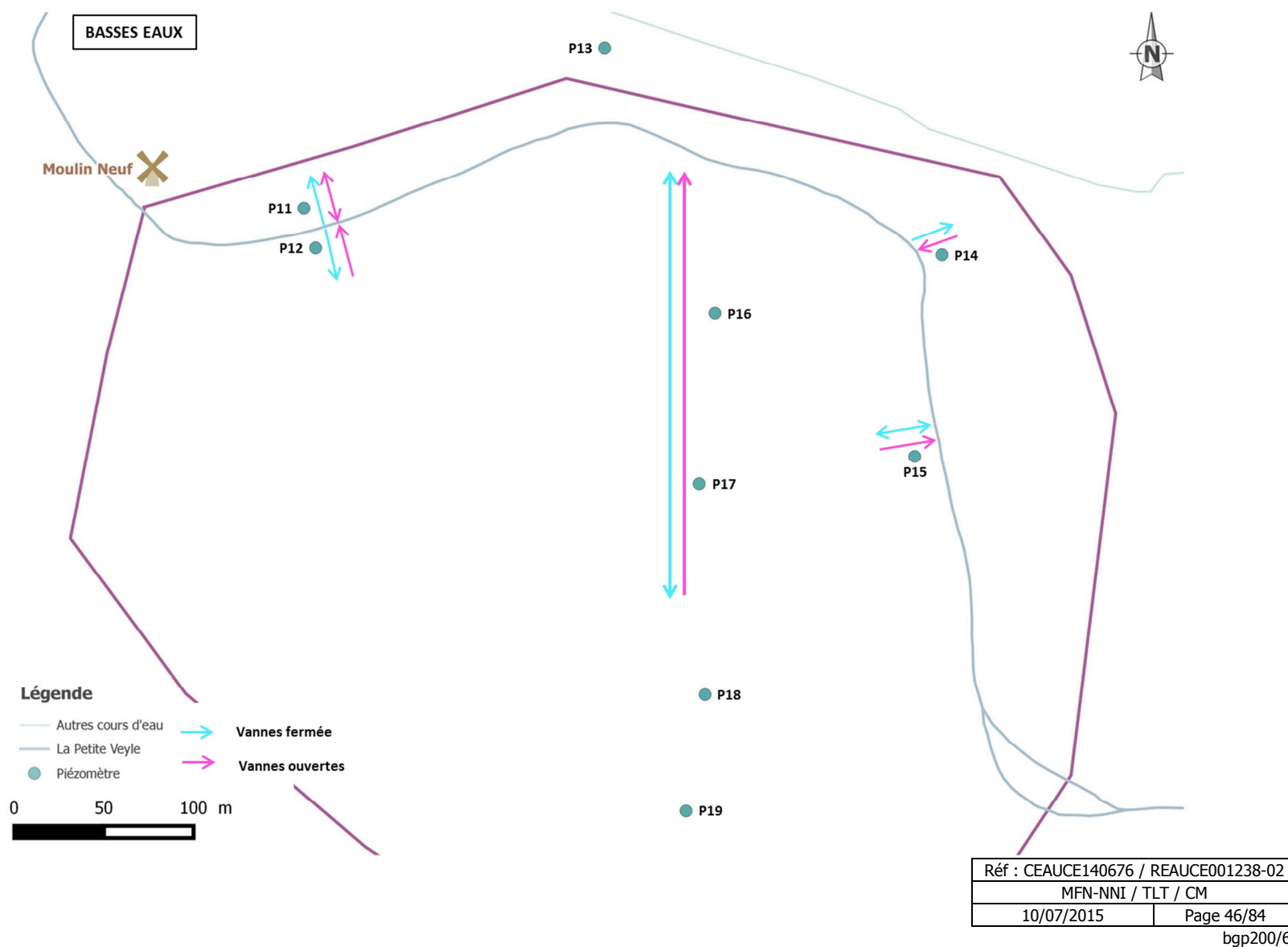


Figure 29 : Schéma des relations nappe-rivière sur le secteur du moulin Neuf (BE)



MOULIN DE POLAIZE*Atlas cartographique : Cartes 10 à 18**Figure 30 ; Figure 31 ; Figure 32**Suivis piézométriques en Annexe 6.*

Trois cours d'eau traversent la zone humide du Moulin de Polaizé : la Veyle, l'Etre, qui rejoint la Veyle sur la partie amont du secteur d'étude et la Morte, certainement un ancien cours de la Veyle et qui la rejoint en aval immédiat du Moulin de Polaizé (après le vannage).

Vannes fermées (campagnes 1 et 2), **les niveaux et débits des eaux superficielles** suivants ont été mesurés :

- La **Veyle** s'établit à un niveau moyen de **201,30 m NGF en amont**, juste après sa confluence avec l'Etre, et **201,27 m NGF en aval**.
- Les **débits** ont été mesurés sur la **Veyle** à **1,14 m³/s en amont de la confluence de l'Etre**, et à **1,78 m³/s en aval**, au niveau du Moulin.
- Le **débit de l'Etre** a été évalué à **0,304 m³/s**.

Remarque : le débit cumulé de l'Etre et de la Veyle avant la confluence est légèrement inférieur au débit de la Veyle après la confluence (respectivement de 1,44 et 1,78 m³/s), ce qui peut s'expliquer soit par l'alimentation de la rivière par la nappe (non vérifié, voir ci-après) soit par les « erreurs » d'évaluation du débit (marge d'erreur de l'outil de mesure, marge d'erreur du calcul, marge d'erreur de la mesure elle-même).

- La **Morte** s'établit à **199,92 m NFG** juste à l'amont du moulin, soit **1,35 m plus bas que la Veyle**.
- Le **débit de la Morte** a été évalué à **0,095 m³/s**.

Vannes ouvertes (campagnes 1 et 2), **les niveaux et débits des eaux superficielles** suivants ont été mesurés :

- La **Veyle** s'établit à un niveau moyen de **200,80 m NGF en amont**, juste après sa confluence avec l'Etre, et **200,63 m NGF en aval**, soit 50 à 65 cm plus bas qu'avec les vannes fermées.
- Les **débits** ont été mesurés sur la **Veyle** à **1,27 m³/s en amont de la confluence de l'Etre**, et à **1,70 m³/s en aval**, au niveau du Moulin, soit quasiment inchangés par rapport à la situation avec les vannes fermées.
- Le **débit de l'Etre** a été évalué à **0,325 m³/s**, soit quasiment inchangé par rapport à la situation avec les vannes fermées.

Remarque : le débit cumulé de l'Etre et de la Veyle avant la confluence est légèrement inférieur au débit de la Veyle après la confluence (respectivement de 1,593 et 1,696 m³/s). Cette faible différence s'inscrit dans la marge d'erreur de l'outil de mesure et ne permet pas de mettre en évidence une éventuelle alimentation de la rivière entre les points de mesure.

- La **Morte** s'établit à **199,95 m NFG** juste à l'amont du moulin, soit au même niveau qu'avant l'ouverture des vannes.
- Le débit de la Morte a été évalué à **0,041 m³/s**, soit 2 fois moins qu'avant l'ouverture de vannes.

Pour l'analyse des mesures des niveaux d'eau souterraine, nous avons découpé le secteur d'étude du Moulin de Polaizé en trois « zones » : rive droite de la Veyle (P5 et P7), rive gauche et à proximité immédiate de la rivière (P6, P3 et P1) et centre de la zone humide (rive gauche plus ou moins loin de la rivière ; P10, P9, P8, P4 et P2).

► Rive droite

Notons dans un premier temps que P5 est situé dans une frayère, dont le maintien en eau est régulé par vannage. Les mesures réalisées dans cet ouvrage ne peuvent donc pas être représentatives des eaux souterraines seules (mélange des eaux souterraines et superficielles).

Vannes fermées, le niveau de nappe s'établit à 201,62 m NGF dans P7, soit 30 cm au-dessus du niveau de la rivière.

Vannes ouvertes, le niveau de nappe s'établit à environ 201,30 m NGF dans P7, soit 30 cm plus bas qu'avant l'ouverture des vannes et une cinquantaine de centimètres au-dessus du niveau de la Veyle.

La rivière draine donc la nappe en rive droite, vannes fermées comme vannes ouvertes. Ce drainage est toutefois plus marqué après l'ouverture des vannes.

Note : le drainage de la nappe par la rivière peut s'expliquer par le fait que la Veyle s'établit au pied d'un léger relief sur sa rive droite, et d'une légère dépression sur sa rive gauche : le versant est drainé par la rivière.

► Rive gauche/proximité immédiate de la Veyle

Vannes fermées, la nappe s'établit de 201,3 m NGF dans P6 à 200,37 m NGF dans P1, et s'écoule parallèlement à la rivière avec un gradient hydraulique de l'ordre de 1 mm/m. **La nappe et la rivière sont à l'équilibre au niveau de P6, puis la rivière est de plus en plus « perchée » par rapport à la nappe (alimentation de la nappe par la rivière), de 3 cm au niveau de P3 à 90 cm au niveau de P1, juste à l'amont du moulin.** Ceci est dû à la reconfiguration qu'a subi la rivière par le passé : le cours de la Veyle a été modifié et son lit rehaussé pour les besoins du moulin. La Morte représente vraisemblablement l'ancien cours de la Veyle.

Vannes ouvertes, la nappe s'établit de 200,85 m NGF dans P6, à 200,21 m NGF dans P1, et s'écoule parallèlement à la rivière avec un gradient hydraulique de l'ordre de 0,7 mm/m, plus faible qu'avant l'ouverture des vannes.

L'ouverture des vannes a provoqué une baisse du niveau de la nappe d'une cinquantaine de centimètres au droit de P6 et P3 et d'une quinzaine de cm seulement au droit de P1. **La nappe reste quasiment à l'équilibre avec la rivière sur sa partie amont (P6) puis la rivière surplombe la nappe de 7 cm (P3) à 42 cm (P1).**

Les suivis piézométriques réalisés sur P3 et P6 mettent en évidence que les niveaux de nappe diminuent de manière identique à la rivière suite à l'ouverture des vannes, **témoignant d'une bonne relation hydraulique.**

Un évènement pluvieux important (orage) s'étant produit juste après l'ouverture des vannes, le temps de réponse de la nappe est difficile à préciser, mais on peut l'estimer à quelques heures.

L'ouverture des vannes a provoqué la baisse générale des niveaux d'eau dans la nappe et la rivière, mais n'a pas modifié leurs relations hydrauliques : la rivière est à l'équilibre avec la nappe sur sa partie amont (cours naturel ?) puis se perche légèrement et alimente la nappe sur sa partie aval (lit de la Veyle surélevé par rapport à son cours d'origine).

Vannes fermées, la nappe s'établit au niveau du sol à proximité du moulin jusqu'à une cinquantaine de centimètres à la confluence de l'Etre et entre 0,30 et 1,00 mètre lorsque les vannes sont ouvertes.

► Rive gauche/au centre de la zone humide

Vannes fermées, la nappe s'établit :

- autour de 200,8 m NGF - 200,9 m NGF **sur la partie amont de l'Etre** (P8, P9 et P10), à une cinquantaine de cm en-dessous du niveau de la rivière : **la rivière alimente donc cette partie de la nappe** selon un gradient hydraulique de l'ordre de 1,2 à 2,3 mm/m ;
- à 200,46 m NGF au droit de P4 et 200,28 m NGF au droit de P2, soit respectivement 0,80 m et 1,0 m sous le niveau de la rivière, soit un gradient **d'alimentation de la rivière** de l'ordre d'environ 5,0 à 6,6 mm/m.

Vannes fermées, la **nappe** s'écoule parallèlement aux **rivières** (l'Etre puis la Veyle) **qui l'alimentent**, de manière légèrement plus marquée sur la partie aval de la Veyle, où elle est vraisemblablement surélevée par rapport à son niveau d'origine.

Vannes ouvertes, la nappe s'établit :

- autour de 200,7 m NGF - 200,8 m NGF **sur la partie amont de l'Etre** (P8, P9 et P10), entre 3 cm au-dessus et 10 cm en-dessous de la rivière, soit **quasiment à l'équilibre** (gradient de l'ordre de 0,1 à 0,3 mm/m) ;
- à 200,38 m NGF au droit de P4 et 200,18 m NGF au droit de P2, soit respectivement 30 cm et 45 cm sous le niveau de la rivière, soit un **gradient d'alimentation de la rivière** de l'ordre d'environ 2 à 3 mm/m, soit 2 fois moins qu'avant l'ouverture des vannes.

L'ouverture des vannes a entraîné une baisse du niveau de la nappe d'une dizaine de centimètres seulement, témoignant de la **moindre influence de la rivière à distance**.

Vannes ouvertes, et de la même manière qu'avant l'ouverture des vannes, la **nappe** s'écoule parallèlement aux **rivières** (l'Etre puis la Veyle) **qui l'alimentent**, de manière légèrement plus marquée sur la partie aval de la Veyle. **L'alimentation de la nappe par la rivière est toutefois atténuée par l'ouverture des vannes (gradients d'alimentations réduits).**

Vannes ouvertes comme vannes fermées, la rivière alimente la nappe en rive gauche, et de manière plus marquée sur sa partie aval, du fait de sa position légèrement perchée par rapport à la rivière (déviation et surélévation du cours d'origine de la Veyle).

Vannes ouvertes comme vannes fermées, la nappe s'établit entre 0,50 et 1,25 m de profondeur.

Figure 30 : Coupe Nord-Sud sur le secteur du moulin de Polaizé et niveaux piézométriques (BE)

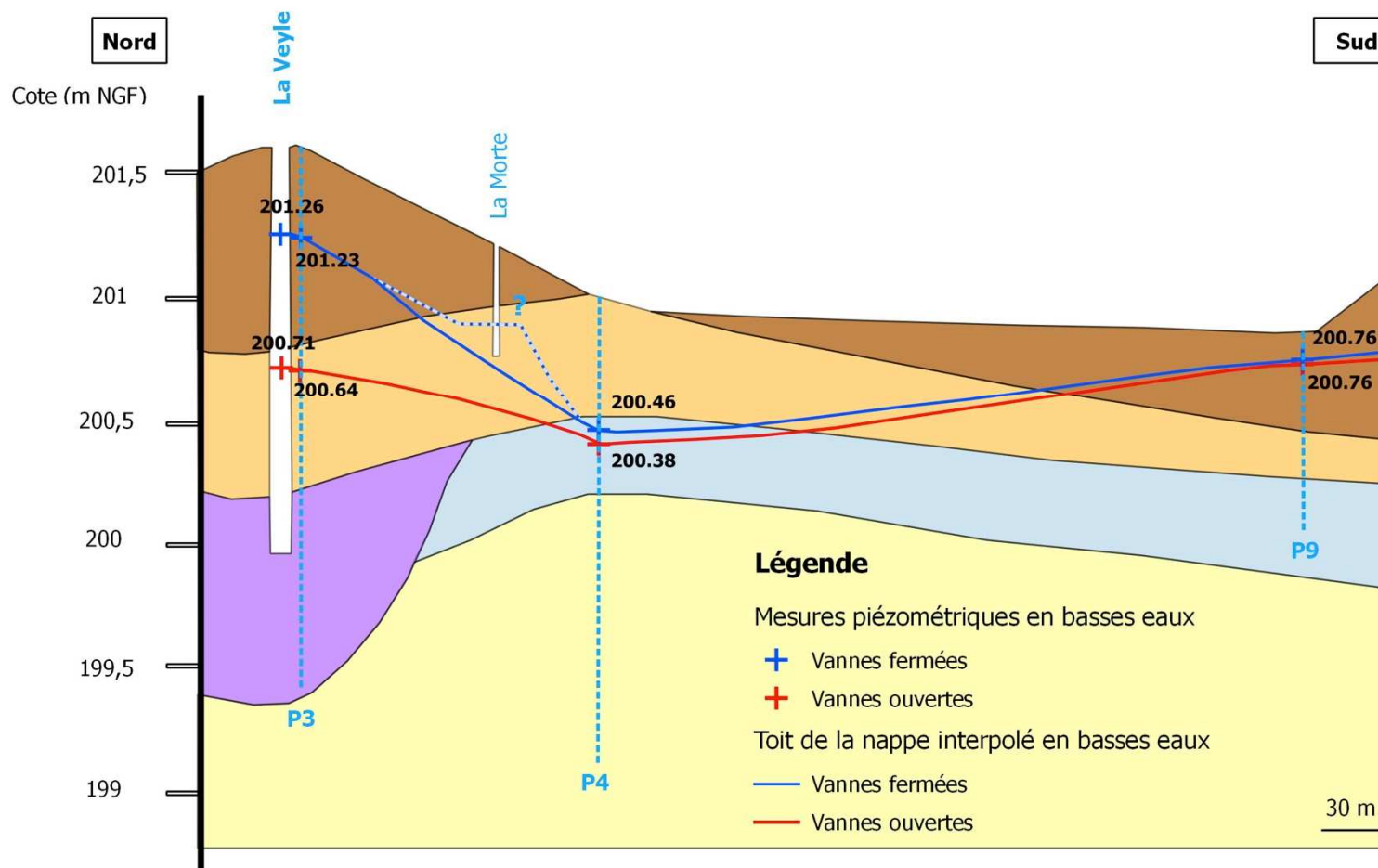


Figure 31 : Coupe Ouest-Est sur le secteur du moulin de Polaizé et niveaux piézométriques (BE)

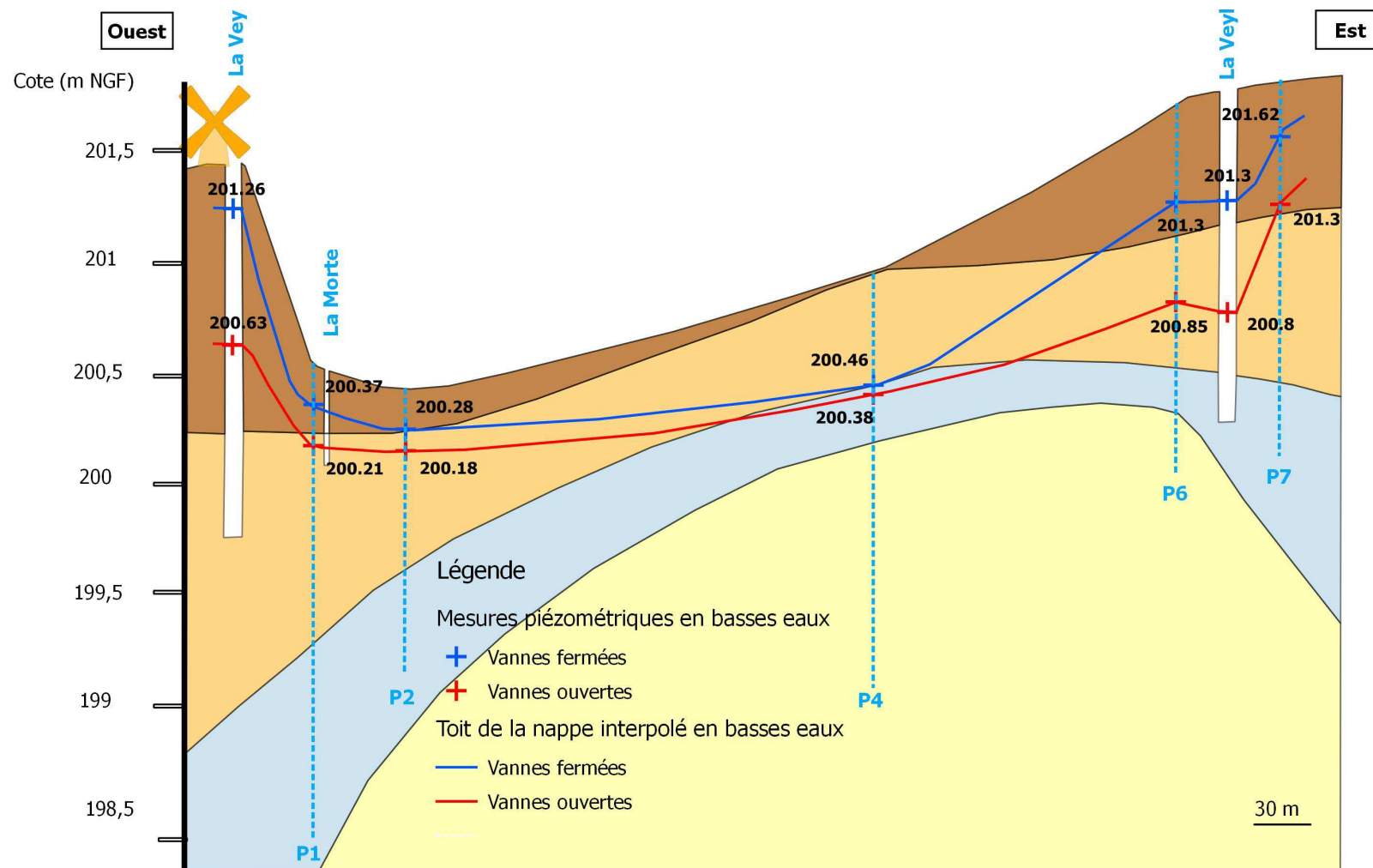
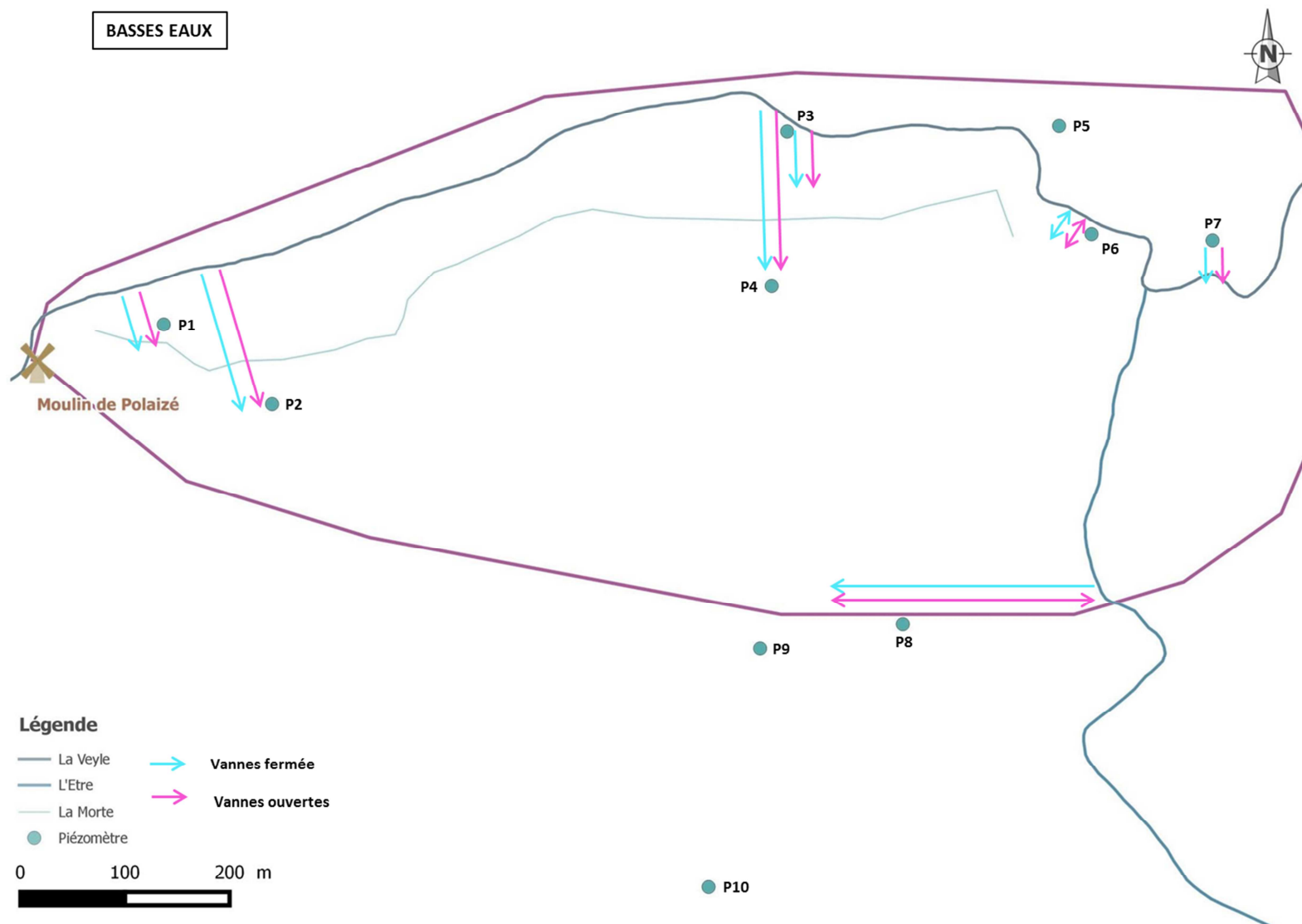


Figure 32 : Schéma des relations nappe-rivière sur le secteur du moulin de Polaizé (BE)



3.4.2.3 Hautes eaux (janvier - février 2015)

MOULIN NEUF

Atlas cartographique : Cartes 19 à 27

Figure 33 ; Figure 34 ; Figure 35

Suivis piézométriques en Annexe 6.

Vannes fermées, la Petite Veyle s'établit à un niveau de **178,57 à 178,52 m NGF** et son débit a été mesuré à environ 4,3 m³/s (différence de débit entre l'amont et l'aval négligeable).

On notera que les niveaux d'eau vannes fermées entre basses eaux et hautes eaux sont quasiment les mêmes ce qui indique la forte influence des moulins sur ce cours d'eau.

Vannes ouvertes, la Petite Veyle s'établit à un niveau moyen de **178 m NGF**, soit **0,45 à 0,50 m plus bas** qu'avec les vannes fermées, et son débit a été mesuré à environ 3,25 m³/s, soit environ 1 m³/s de moins (pluies vraisemblablement moins importantes).

On notera que la différence de niveau de la Petite Veyle entre les conditions en vannes fermées et ouvertes et moindre qu'en période de basses eaux.

► Rive droite :

Vannes fermées, les niveaux d'eau dans P14, P13 et P11, s'établissent respectivement 7 cm, 87 cm et 22 cm plus bas que la Petite Veyle.

Vannes ouvertes, les niveaux d'eau ont baissé de 10 à 30 cm, et se retrouvent 10 à 15 cm **au-dessus du niveau de la rivière en ce qui concerne P14 et P11**, alors que le niveau dans **P13 s'établit 50 cm plus bas que la rivière**.

Par ailleurs, le suivi piézométrique en continu met en évidence une **très faible réponse des eaux souterraines au droit de P11**, tel que cela avait été observé en période de basses eaux (colmatage de l'ouvrage, colmatage des berges de la rivière ou alimentation par le versant ?).

Contrairement à ce qui avait été observé en basses eaux, le suivi montre que le niveau de nappe dans P13 ne peut pas être corrélé à celui de la rivière : **les variations de niveau d'eau dans P13 semblent plus influencées par les précipitations**. Rappelons que cet ouvrage est situé à proximité immédiate d'un bras mort de la Veyle, qui peut jouer un effet tampon sur la nappe par rapport à la rivière.

Les relations hydrauliques entre la nappe et la rivière sont plus difficiles à observer du fait de l'influence des précipitations qui alimentent la nappe alors que le niveau de la rivière reste constant du fait de l'influence des moulins.

Toutefois, les observations confirment globalement les conclusions faites en basses eaux, à savoir que la rivière alimente la nappe vannes fermées, et qu'elle la draine vannes ouvertes.

► Rive gauche/proximité immédiate Petite Veyle

Vannes fermées, les eaux souterraines sont globalement **à l'équilibre avec la rivière (voir légèrement plus hautes)** au droit de **P15 (amont)** ainsi qu'au droit de **P12 (aval)**.

Vannes ouvertes, le niveau des eaux souterraines est abaissé de 13 et 23 cm dans les deux ouvrages, et s'établit **30 et 35 cm au-dessus du niveau de la rivière**.

Le suivi piézométrique en continu met en évidence **une faible et lente diminution du niveau d'eau dans P12**. Contrairement à ce qui a été observé en basses eaux, la réponse de la nappe à la baisse du niveau d'eau dans la rivière est peu marquée, du fait de l'influence des précipitations qui alimentent la nappe. Ces éléments confirment les observations faites en période de basses eaux.

Vannes fermées, la rivière alimente les eaux souterraines sur sa rive gauche alors qu'elle les draine lorsque les vannes sont ouvertes.

De même qu'en basses eaux, bien que la baisse des niveaux de nappe soit relativement faible, l'ouverture des vannes tend à diminuer l'effet d'humidité sur la zone humide en hautes eaux.

Vannes fermées, la nappe s'établit à une quarantaine de centimètres de profondeur, et entre 0,60 et 0,90 m vannes ouvertes.

► Rive gauche/au centre de la zone humide

Vannes fermées, le niveau de nappe s'établit à environ 5 cm sous le niveau de la rivière au droit de P16, soit quasiment à l'équilibre avec celle-ci. Au droit des autres ouvrages (P17, P18 et P19), et contrairement à ce qui a été observé en basses eaux, **la nappe à l'intérieur de la zone humide s'établit entre 15 et 95 cm au-dessus de la rivière**, soit un gradient hydraulique de 1 à 6 mm/m, près de 2 fois plus élevé qu'en basses eaux. La position de la nappe au-dessus de la rivière et ce gradient plus fort s'expliquent par le fait que **la nappe est alimentée par les précipitations, alors que la rivière s'établit au même niveau qu'en basses eaux**, du fait de la régulation par les moulins.

Ainsi, la nappe est alimentée à la fois par la rivière (période sèche principalement) et par les précipitations.

L'ouverture des vannes entraîne une baisse du niveau des eaux souterraines de quelques cm, excepté au droit de P18, sur lequel on observe une baisse d'une trentaine de cm. L'alimentation des eaux souterraines par les précipitations atténue l'effet de variation du niveau de la rivière sur la nappe.

Note : D'après le suivi piézométrique, les eaux souterraines au droit de P18 sont influencées par les précipitations, et l'effet de la baisse du niveau d'eau dans la rivière ne peut pas être observé dans cet ouvrage.

Vannes ouvertes, le niveau des **eaux souterraines** s'établit de 0,40 m à 1,40 m **au-dessus du niveau de la rivière**, soit un gradient hydraulique de 4 à 8 mm/m, plus élevé qu'avant l'ouverture des vannes.

Le suivi piézométrique sur P18 montre que la nappe à cet endroit est peu influencée par la rivière, mais l'est d'avantage par les précipitations (remontée des niveaux d'eau après d'importants événements pluvieux).

En s'éloignant de la rivière, en période de hautes eaux, la nappe est d'avantage alimentée et influencée par les précipitations que par la rivière. L'ouverture des vannes en période de hautes eaux accentue toutefois le décrochement entre la nappe et la rivière.

Vannes ouvertes comme vannes fermées, la nappe s'établit entre 0,00 et 0,80 m de profondeur.

Figure 33 : Coupe Nord-Sud sur le secteur du moulin Neuf et niveaux piézométriques (HE)

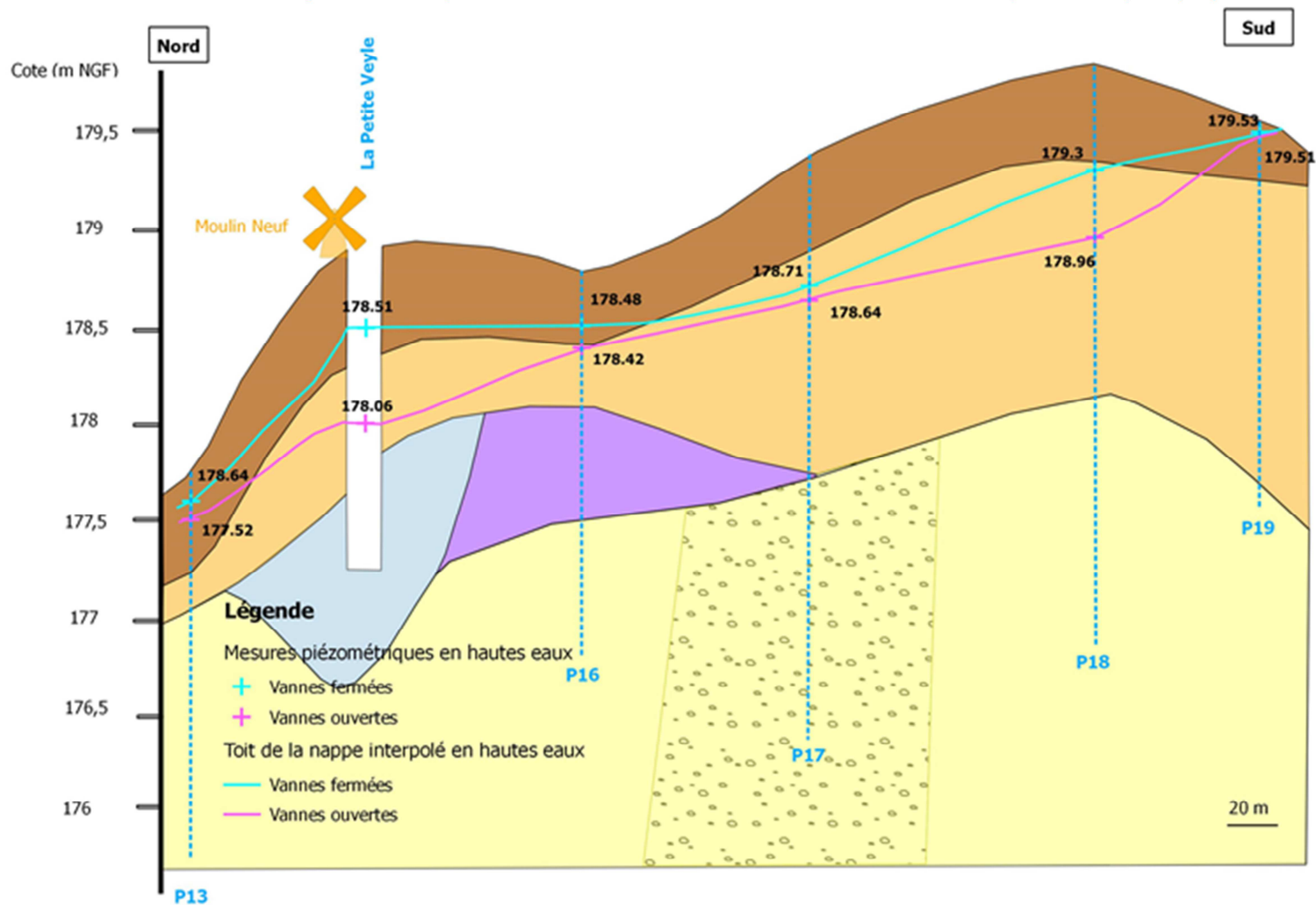


Figure 34 : Coupe Ouest-Est sur le secteur du moulin Neuf et niveaux piézométriques (HE)

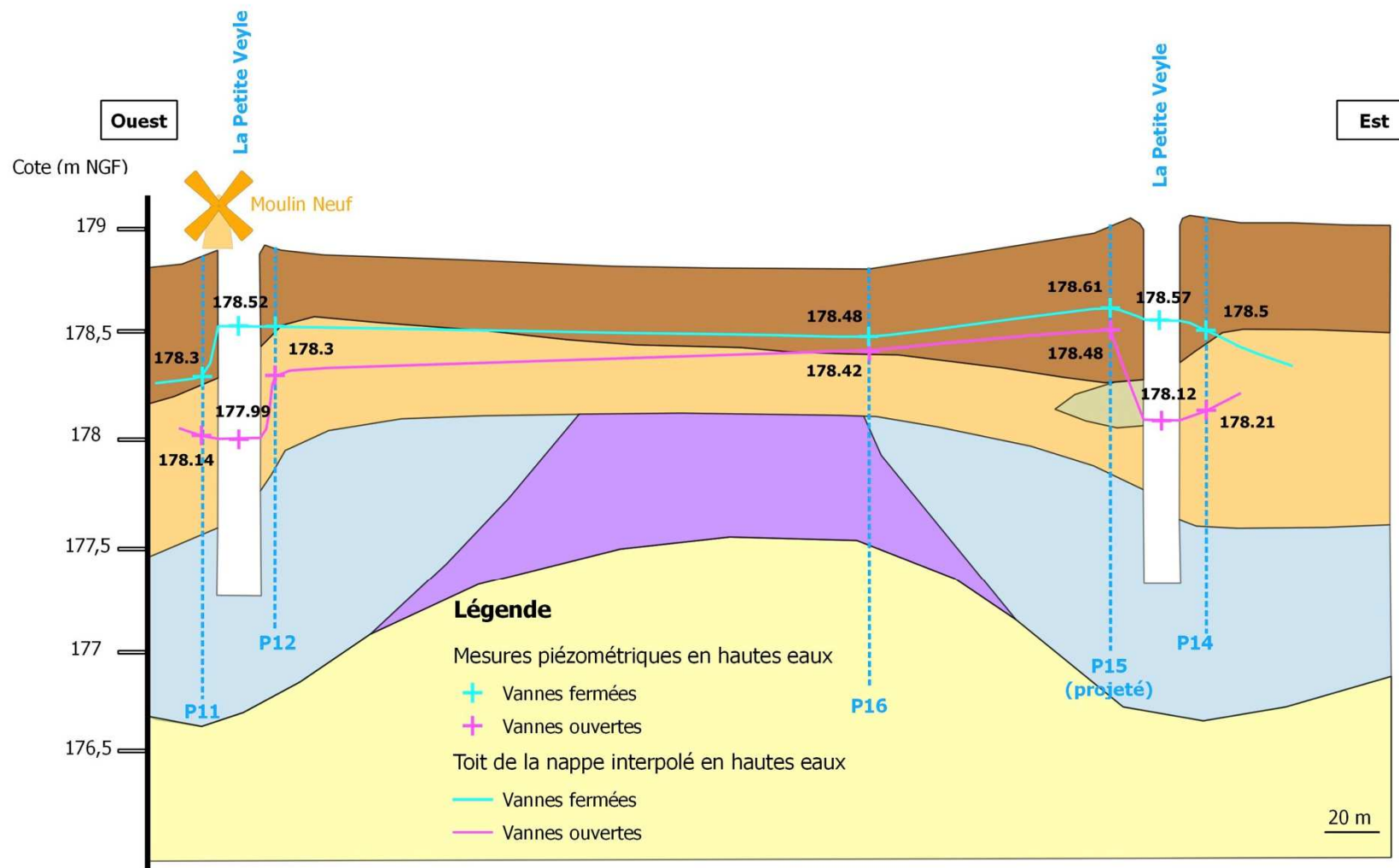
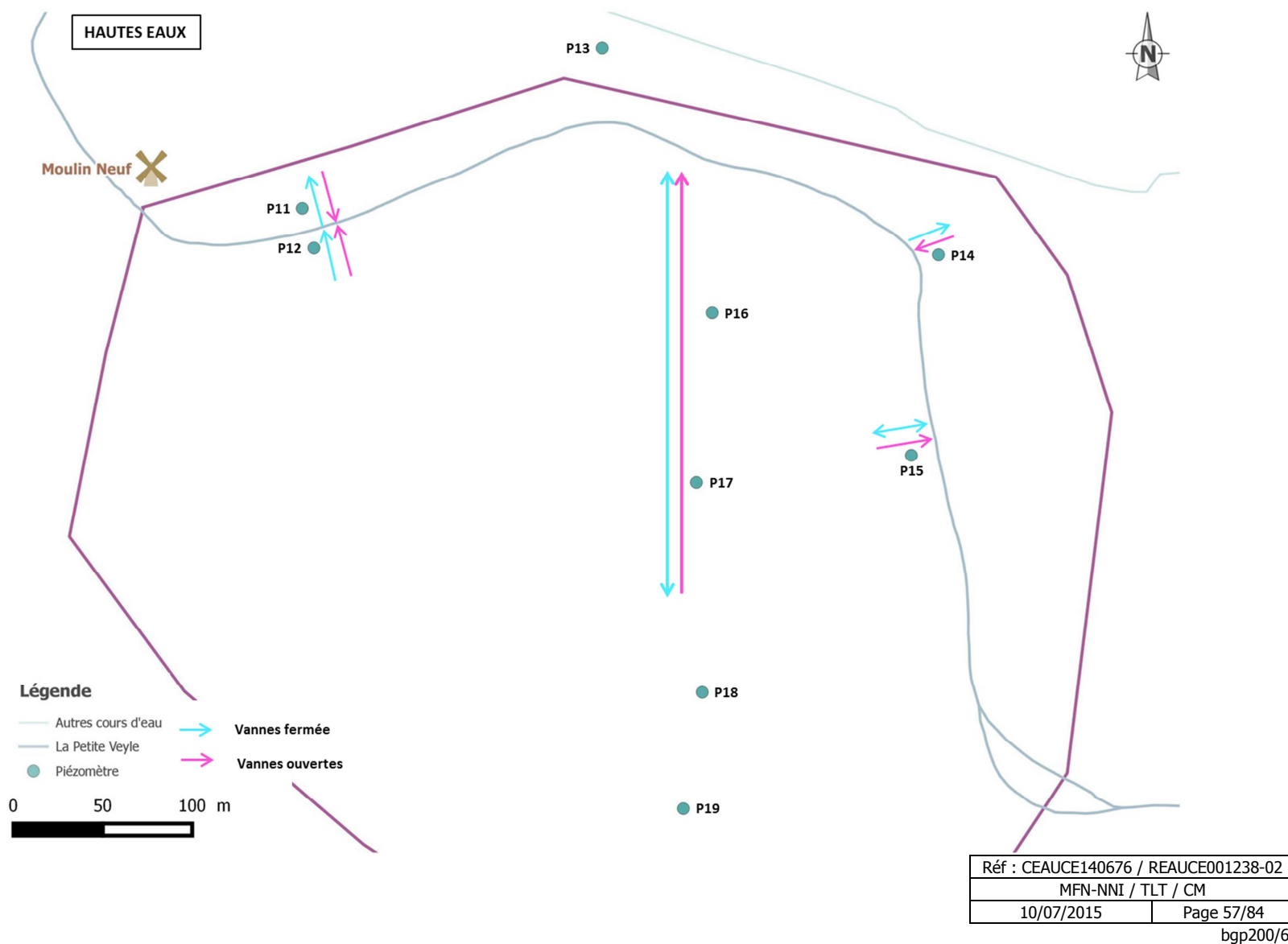


Figure 35 : Schéma des relations nappe-rivière sur le secteur du moulin Neuf (HE)



MOULIN DE POLAIZE*Atlas cartographique : Cartes 28 à 36**Suivis piézométriques en Annexe 6.*

Vannes fermées, les niveaux et débits des eaux superficielles suivants ont été mesurés :

- La **Veyle** s'établit à un niveau moyen de **201,42 m NGF**.
- Les **débits** ont été mesurés sur la **Veyle** à **2,77 m³/s en amont de la confluence de l'Etre**, et à **3,67 m³/s en aval**, au niveau du Moulin.
- Le **débit de l'Etre** a été évalué à **0,41 m³/s**.

Remarque : le débit cumulé de l'Etre et de la Veyle avant la confluence est quasiment égal au débit de la Veyle après la confluence (respectivement de 3,67 et 3,18 m³/s), ce qui indique l'absence d'alimentation de la rivière entre l'amont et l'aval du secteur.

- **La Morte** s'établit à **200,10 m NFG** juste à l'amont du moulin, soit **1,30 m plus bas que la Veyle** (même configuration qu'en basses eaux).
-
- Le **débit de la Morte** a été évalué à **0,29 m³/s**.

Vannes ouvertes, les niveaux et débits des eaux superficielles suivants ont été mesurés :

- La **Veyle** s'établit à un niveau moyen de **200,89 m NGF en amont**, au niveau de T3, après sa confluence avec l'Etre, et **200,82 m NGF en aval**, soit 50 à 60 cm plus bas qu'avec les vannes fermées (même configuration qu'en basses eaux).
- Les **débits** ont été mesurés sur la **Veyle** à **2,88 m³/s en amont de la confluence de l'Etre**, et à **3,88 m³/s en aval**, au niveau du Moulin, soit quasiment inchangé par rapport à la situation avec les vannes fermées (la différence s'inscrit dans la marge d'erreur de l'outil de mesure de débit).
- Le **débit de l'Etre** a été évalué à **0,42 m³/s**, soit quasiment inchangé par rapport à la situation avec les vannes fermées.

Remarque : le débit cumulé de l'Etre et de la Veyle avant la confluence est quasiment égal au débit de la Veyle après la confluence (respectivement de 3,30 et 3,88 m³/s), ce qui indique l'absence d'alimentation de la rivière entre l'amont et l'aval du secteur.

- **La Morte** s'établit à **200,029 m NFG** juste à l'amont du moulin, soit au même niveau qu'avant l'ouverture des vannes.
- Le débit de la Morte a été évalué à **0,03 m³/s**, soit près de 10 fois moins qu'avant l'ouverture des vannes.

► **Rive droite**

Rappelons que P5 est situé dans une frayère, dont le maintien en eau est régulé par vannage. Les mesures réalisées dans cet ouvrage ne peuvent donc pas être représentatives des eaux souterraines seules (mélange des eaux souterraines et superficielles).

Vannes fermées, le niveau de nappe s'établit à 201,81 m NGF dans P7, soit 39 cm **au-dessus du niveau de la rivière** (même configuration qu'en basses eaux).

Vannes ouvertes, le niveau de nappe s'établit à 201,72 m NGF dans P7, soit **quasiment au même niveau qu'avant l'ouverture des vannes**, et 80 cm au-dessus du niveau de la Veyle.

La rivière se trouve en position drainante par rapport à la nappe en rive droite, vannes fermées comme vannes ouvertes, mais contrairement à ce qui avait été observé en basses eaux, l'ouverture des vannes n'entraîne pas de baisse du niveau de nappe au droit des deux ouvrages. Ceci peut être dû à une alimentation de la nappe par le versant en rive droite, accentué en hautes eaux par les précipitations.

► Rive gauche/proximité immédiate de la Veyle

Vannes fermées, la nappe s'établit de 201,6 m NGF dans P6 à 200,5 m NGF dans P1, et s'écoule parallèlement à la rivière avec un gradient hydraulique de l'ordre de 4 mm/m (4 fois plus qu'en basses eaux). **La nappe se trouve une vingtaine de cm au-dessus du niveau de la rivière au droit de P6, quasiment à l'équilibre au niveau de P3**, puis, tout comme ce qui a été observé en basses eaux, la rivière devient « perchée » par rapport à la nappe, de **0,90 m au niveau de P1**, juste à l'amont du moulin (cours de la Veyle modifié et lit rehaussé pour les besoins du moulin).

Vannes ouvertes, la nappe s'établit de 201,22 m NGF dans P6, à 200,50 m NGF dans P1, et s'écoule parallèlement à la rivière avec un gradient hydraulique de l'ordre de 0,8 mm/m, soit 5 fois plus faible qu'avant l'ouverture des vannes.

L'ouverture des vannes a provoqué une baisse du niveau de la nappe de 30 à 40 cm au droit de P6 et P3 alors que le niveau de la nappe n'a pas bougé au droit de P1. Ceci peut s'expliquer par le fait que topographiquement, P1 se trouve au fond d'une « cuvette », et subit donc plus l'influence de l'alimentation par les eaux de pluie (ruissellement, infiltration et circulation en direction du fond de la « cuvette »).

Ainsi, **vannes ouvertes, la nappe s'établit à une trentaine de cm au-dessus du niveau de la Veyle au droit de P6**, puis plus que **15 cm au-dessus de la rivière** pour ensuite s'établir **une trentaine de cm sous le niveau de la rivière**.

Les suivis piézométriques réalisés sur P3 et P6 mettent en évidence la position drainante de la rivière vis-à-vis de la nappe au niveau de P3 lorsque le niveau de la Veyle diminue fortement.

Ce suivi montre également la réaction relativement rapide de la nappe en P3 suite à une modification du niveau de la Veyle (de l'ordre de quelques heures).

Par ailleurs, on observe que l'évolution des niveaux de nappe suit globalement celui de la rivière, témoignant d'une bonne relation hydraulique.

Enfin, on constate que la nappe est sensible aux précipitations (remontée du niveau de nappe rapide suite à des événements pluvieux).

L'ouverture des vannes a provoqué la baisse générale des niveaux d'eau dans la nappe (excepté au niveau de P1, en fond de « cuvette ») et la rivière, et contrairement à ce qui a été observé en basses eaux, a en partie modifié leurs relations hydrauliques : vannes fermées, la rivière draine la nappe uniquement sur sa partie amont (P6) puis alimente cette dernière (P3 et P1) alors que vannes ouvertes, la rivière se trouve en position drainante vis-à-vis de la nappe au niveau de P3 voire plus en aval, soit sur une plus grande longueur qu'avant l'ouverture des vannes.

Vannes fermées, la nappe s'établit entre 0,00 m (à proximité du moulin) et 0,20 m de profondeur, et de 0,00 à 0,55 m de profondeur lorsque les vannes sont ouvertes.

► Rive gauche/au centre de la zone humide

Vannes fermées, la nappe s'établit :

- autour de 200,8 m NGF - 201,3 m NGF **sur la partie amont de l'Etre** (P8, P9 et P10), de 6 à 13 cm en-dessous du niveau de la rivière : **la rivière alimente donc cette partie de la nappe** selon un gradient hydraulique de l'ordre de 0,3 à 2 mm/m.
- à 200,73 m NGF au droit de P4 et 200,44 m NGF au droit de P2, soit respectivement 0,70 m et 1,0 m sous le niveau de la rivière, soit un gradient **d'alimentation de la rivière** de l'ordre d'environ 4,5 à 6,5 mm/m.

Vannes fermées, la **nappe** s'écoule parallèlement aux **rivières** (l'Etre puis la Veyle) **qui l'alimentent, de manière plus marquée sur la partie aval de la Veyle**, où elle est vraisemblablement surélevée par rapport à son niveau d'origine (gradients hydrauliques 3 à 15 fois plus forts).

Vannes ouvertes, la nappe s'établit :

- autour de 200,7 m NG - 201,2 m NGF **sur la partie amont de l'Etre** (P8, P9 et P10), **soit 16 cm plus bas que la rivière au droit de P9 et une trentaine de cm plus haut au droit de P8 et P10 (du fait de l'alimentation de la nappe par les pluies) ;**
- à 200,51 m NGF au droit de P4 et 201,16 m NGF au droit de **P2**, soit **une quarantaine de cm sous le niveau de la rivière**, soit un **gradient d'alimentation de la rivière** de l'ordre d'environ 2,6 mm/m, soit 2 fois moins qu'avant l'ouverture des vannes.

L'ouverture des vannes a entraîné une baisse du niveau de la nappe de 5 à 20 cm seulement, et ce réparti de manière hétérogène dans l'espace, ne permettant pas de mettre en évidence l'influence de la rivière à distance.

Vannes ouvertes comme vannes fermées, la rivière alimente la nappe, de manière plus marquée vers l'aval du fait de la position « perchée » de la Veyle.

De la même manière que sur le site du Moulin Neuf, en s'éloignant de la rivière, en période de hautes eaux, la nappe est d'avantage alimentée et influencée par les précipitations que par la rivière, et peut s'établir au-dessus du niveau de la rivière, qui se trouve alors en position drainante.

De manière générale, l'ouverture des vannes n'inverse pas la relation hydraulique de la rivière et de la nappe (la rivière alimente la nappe) mais diminue toutefois les gradients entre les deux milieux.

Vannes fermées comme vanne ouvertes, la nappe s'établit entre 0,00 et 0,70 m de profondeur.

Figure 36 : Coupe Nord-Sud sur le secteur du moulin de Polaizé et niveaux piézométriques (HE)

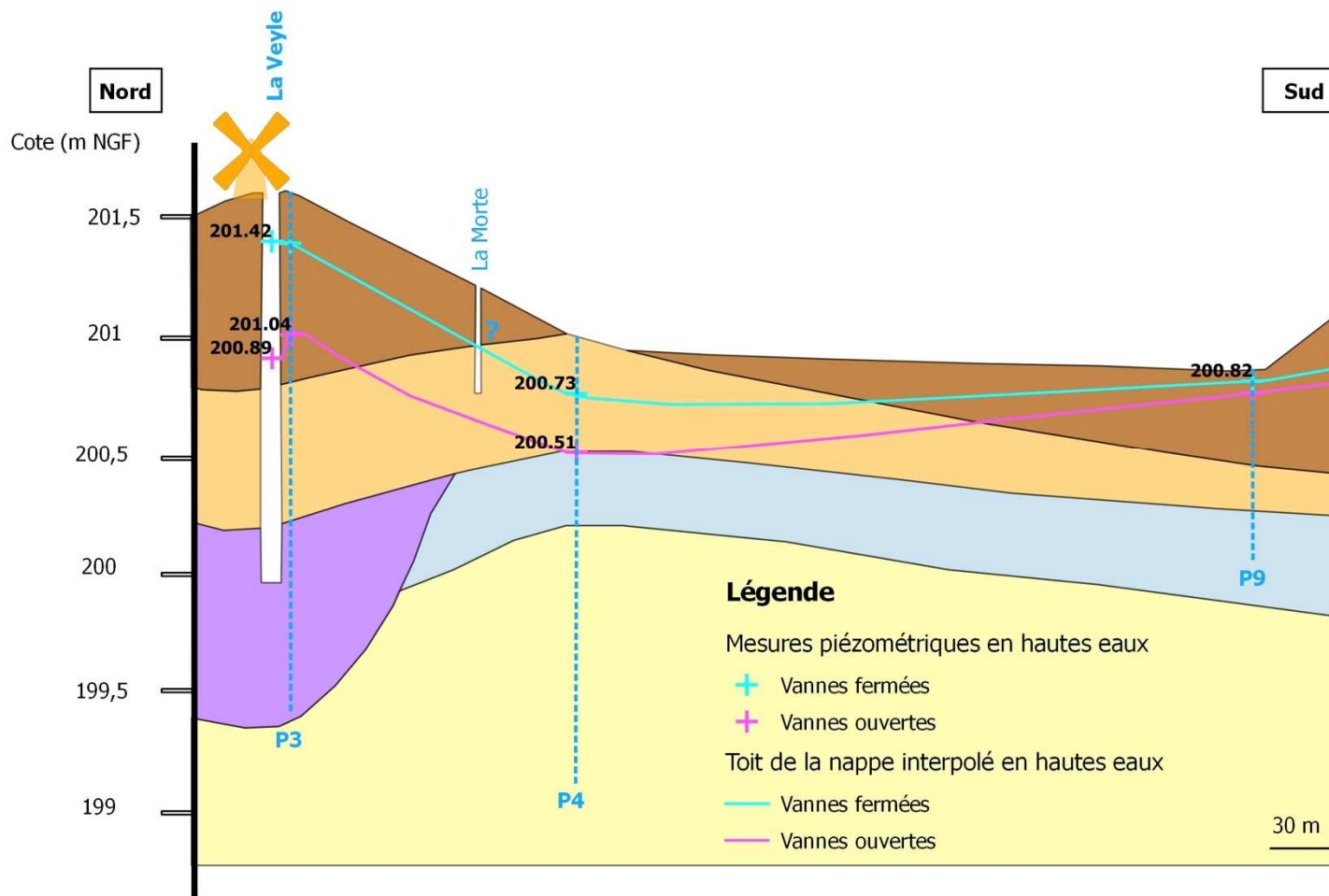


Figure 37 : Coupe Ouest-Est sur le secteur du moulin de Polaizé et niveaux piézométriques (HE)

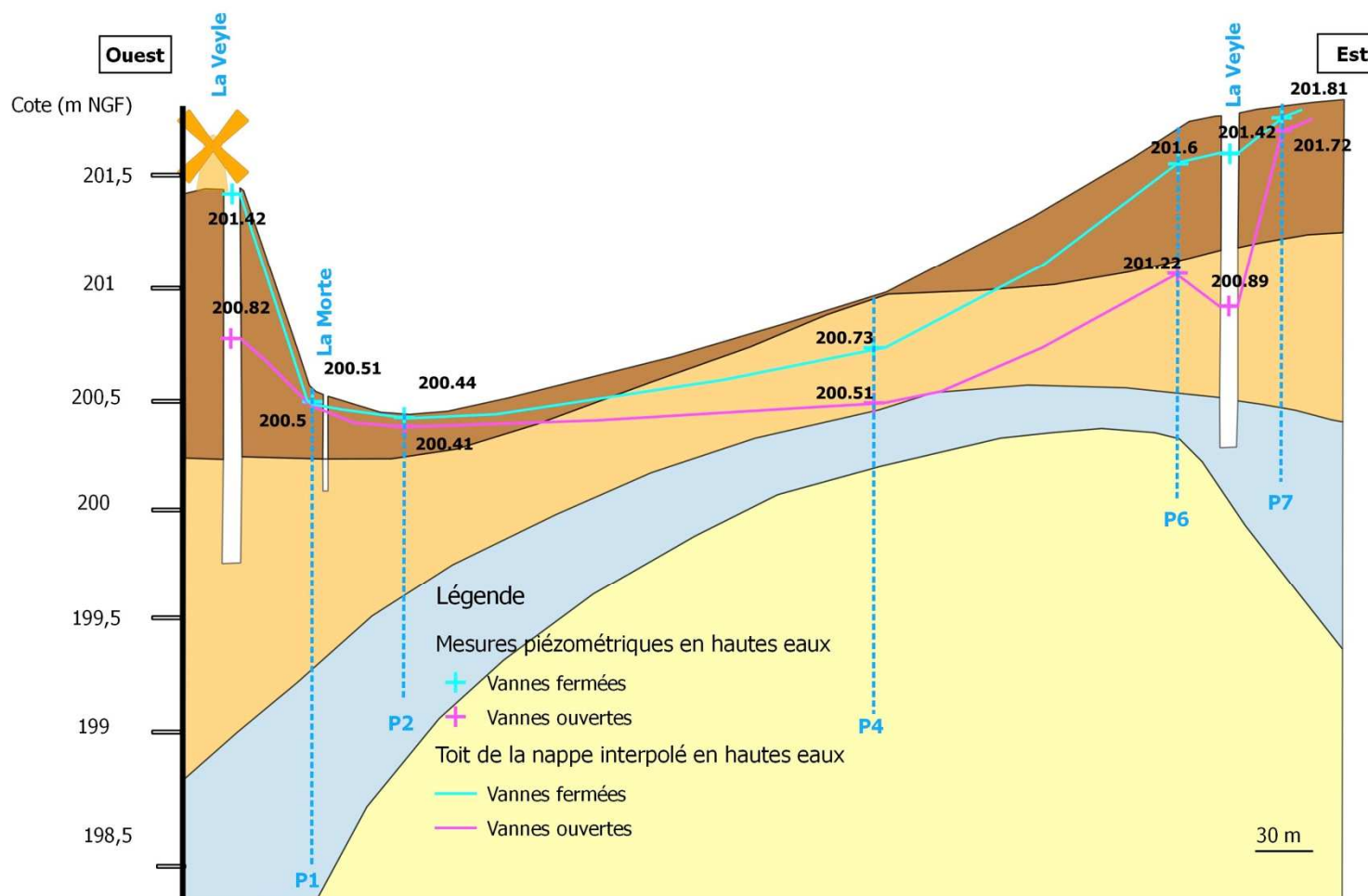
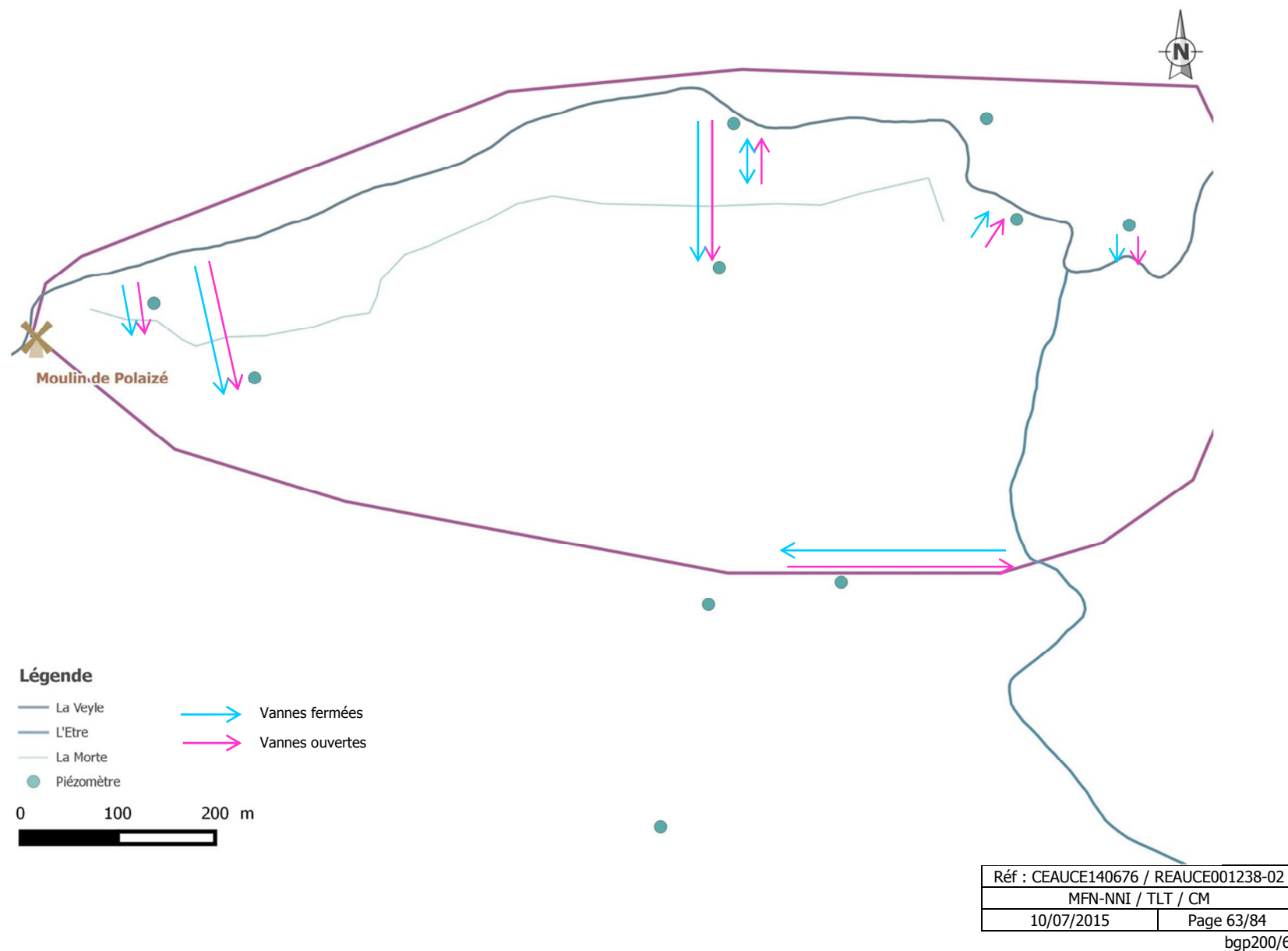


Figure 38 : Schéma des relations nappe-rivière sur le secteur du moulin de Polaizé (HE)



3.5 Suivi des eaux souterraines et superficielles – bilan qualitatif

3.5.1 Méthodologie mise en œuvre

Le suivi qualitatif des eaux de la zone humide de Moulin neuf et de la zone humide de Polliat a été réalisé par la prise de mesures physico-chimiques in situ (pH, température, conductivité) :

- sur les points suivants :
 - les piézomètres provisoires et les puits,
 - les points d'eau superficielle bénéficiant de relevés de niveaux d'eau,
- au cours des deux campagnes (hautes eaux et basses eaux) en conditions de vannes ouvertes et de vannes fermées soit :
 - Moulin Neuf : 29/07/2014 et 12/08/2014, puis 20/01/2015 et 04/02/2015 ;
 - Polaizé : 28/07/2014 et 11/08/2014, puis 21/01/2015 et 03/02/2015.

3.5.2 Interprétation des résultats

Les résultats sont interprétés par campagne. Pour chacune des campagnes et chacun des sites, nous avons réalisé deux cartes représentant les résultats des mesures in situ, correspondant aux deux états des vannes.

3.5.2.1 Basses eaux (juillet – août 2014)

Atlas cartographique : cartes 20 à 23

Les secteurs autour des deux moulins présentent des conditions similaires :

► Eaux superficielles

Vannes fermées comme vannes ouvertes, les eaux souterraines montrent des températures de l'ordre de 17 à 18°C, les conductivités mesurées sont du même ordre de grandeur (300 à 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et les pH de l'ordre de 6,4 à 6,6.

► Eaux souterraines

Vannes fermées comme vannes ouvertes :

- les températures et les pH mesurés sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans les eaux superficielles (17 à 18°C et 6,5),
- les conductivités mesurées dans les eaux souterraines sont de l'ordre de 200 à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, soit du même ordre de grandeur que celles mesurées dans les eaux superficielles (excepté au droit de P5 et P9, présentant des conductivités plus élevées : les eaux étaient chargées en matières en suspension faussant la mesure) et sont caractéristiques d'une nappe libre faiblement minéralisée.

Les mesures in-situ réalisées sur les eaux souterraines sont homogènes d'un milieu à l'autre, témoignant de la relation hydraulique entre la rivière et la nappe, et ne permettent pas de mettre en évidence l'existence d'un apport souterrain quelconque.

3.5.2.2 Hautes eaux (janvier - février 2015)

Atlas cartographique : cartes 24 à 27

Les secteurs autour des deux moulins présentent des conditions similaires :

► Eaux superficielles

Vannes fermées comme vannes ouvertes, les eaux superficielles montrent des températures de 3 à 5°C en fonction de la température extérieure, un pH de 5 à 7 et des conductivités de 200 à 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

► Eaux souterraines

Vannes fermées comme vannes ouvertes, les eaux superficielles montrent des températures de 5,5°C à 8°C en fonction des températures extérieures, un pH de 6 à 8 et des conductivités de 100 à 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (quelques valeurs anormalement basses ou hautes, dues à un dysfonctionnement de l'appareil de mesure (P18) ou à des eaux très chargées, faussant les mesures (P5)).

4. Phase 3 : Synthèse et propositions d'actions

4.1 Fonctionnement hydrique des zones humides

4.1.1 Natures de formations et fonctionnement hydrogéologique

Les sites de Moulin Neuf et de Polaizé présentent respectivement des sols alluvio-colluviaux de bas-fonds et des sols colluviaux de bas de versant, caractérisés par la présence de sols limoneux, plus ou moins argileux, présentant une forte hydromorphie, surmontant des sables graveleux saturés.

La structuration plus précise des sols et leur perméabilité est la suivante (depuis la surface jusqu'en profondeur) :

- Horizon de limon brun correspondant à l'épaisseur de terre travaillée, dans le contexte agricole des deux zones humides. Cet horizon peut être gorgé d'eau en période hivernale du fait du ruissellement des eaux de pluie.
- Saturation temporaire ou non en eau des terrains de subsurface, au niveau des sols limoneux, plus ou moins argileux ou sableux selon les sites, en relation étroite avec la nappe sous-jacente et avec la rivière. Ces terrains subissent aussi une forte influence des précipitations par infiltration de surface.
- Des sables plus ou moins graveleux observés en profondeur correspondant à un niveau aquifère au droit des sites d'étude.

En conclusion, les deux sites sont installés sur les alluvions de la Veyle (anciennes et récentes), dont l'épaisseur peut atteindre une quarantaine de mètres dans le secteur de Saint-Jean-sur-Veyle mais se limite à une dizaine de mètres à proximité de Polliat. Les alluvions sont recouvertes d'une couche plus ou moins épaisse de limon argileux hydromorphes. Les niveaux d'eau observés montrent la présence de la nappe dans ces alluvions et des relations nappe/riivière étroite.

4.1.2 Synthèse de l'impact de la gestion des vannages

L'ensemble des éléments quantitatifs observés sur les eaux superficielles et souterraines est synthétisé dans le Tableau 4 en page suivante.

Tableau 4. Synthèse des relations nappe / rivière

		Basse eaux - Vannes fermées		Basse eaux - Vannes ouvertes		Hautes eaux - Vannes fermées		Hautes eaux - Vannes ouvertes	
	Site	Rôle de la rivière/nappe	Quantification (différence rivière/nappe en m)	Rôle de la rivière/nappe	Quantification (différence rivière/nappe en m)	Rôle de la rivière/nappe	Quantification (différence rivière/nappe en m)	Rôle de la rivière/nappe	Quantification (différence rivière/nappe en m)
Moulin Neuf	Rive droite	Alimente	+ 0,15 à 0,30 m	Aval : Equilibre	+ 0,06 m	Alimente	+ 0,07 à 0,90 m	Draine	- 0,10 à 0,15 m
				Amont : Draine	- 0,30 m				
	Rive gauche à proximité du cours d'eau	Amont : Equilibre	+/- 0,00 m	Draine	- 0,10 m	Quasi-équilibre	+/- 0,00 m	Draine	- 0,30 à 0,35 m
		Aval : Alimente	+ 0,07 m						
	Rive gauche éloignée	Quasi-équilibre / alimente	+ 0,30 m	Draine	- 0,12 à 0,50 m	Quasi-équilibre ou draine (effet des précipitations)	+ 0,05 m à - 0,95 m	Draine	- 0,40 à 1,40 m
Moulin de Polaizé	Rive droite	Draine	- 0,30 m	Draine	- 0,50 m	Draine	- 0,40 m	Draine	- 0,80 m
	Rive gauche à proximité du cours d'eau	Amont : Equilibre	+/- 0,00 m	Amont : Equilibre	+/- 0,00 m	Amont : Draine	- 0,20 m	Amont : Draine	- 0,30 m
		Aval : Alimente	+ 0,03 à 0,90 m	Aval : Alimente	+ 0,07 à 0,42 m	Aval : Equilibre puis alimente	+/- 0,00 m à + 0,90 m	Aval : Draine puis alimente	- 0,15 à + 0,30 m
	Rive gauche éloignée	Amont : Alimente	+ 0,50 m	Amont : Equilibre	- 0,03 à + 0,10 m	Amont : Alimente	+ 0,06 à 0,13 m	Amont : Equilibre ou draine	+ 0,16 à - 0,30 m
		Aval : Alimente	+ 0,80 à 1,00 m	Aval : Alimente	+ 0,30 à 0,45 m	Aval : Alimente	+ 0,70 à 1,00 m	Aval : Alimente	+ 0,40 m

4.1.3 Conclusions - Rôle des moulins

L'ensemble des mesures et relevés de terrain ont permis de mettre en évidence le rôle des moulins dans le maintien du caractère humide des zones humides de Polaizé et Moulin Neuf.

Les sites de Moulin Neuf et de Polaizé sont implantés dans un même contexte de plaine alluviale relativement étendue et sont vraisemblablement représentatifs des relations nappe/rivière de l'ensemble de la Veyle en aval de Polliat. L'influence de l'Etre et des apports de versant dans le fonctionnement hydrologique du site constitue une particularité, qui peut limiter d'étendre les résultats du site de Polaizé à d'autres sites semblables du bassin versant.

Au niveau du moulin de Polaizé, la nappe alluviale est alimentée par la rivière, les précipitations et les apports de versants du plateau de Polliat. Au niveau du Moulin Neuf, la nappe alluviale est alimentée par la rivière et les précipitations essentiellement.

Sur les deux sites, en période de faibles précipitations, la rivière joue un rôle primordial de maintien du niveau de la nappe alluviale. Du fait du contrôle du niveau de la rivière par les moulins, les relations de celle-ci avec la nappe sont quasi-identiques en périodes de basses et hautes eaux.

Les mesures réalisées mettent notamment en évidence :

- la bonne connexion hydraulique entre la nappe et la rivière,
- le rôle d'alimentation de la nappe par la rivière en présence des vannages et en situation de vannes fermées,
- l'influence de la rivière relativement restreinte autour de celle-ci (voir détail ci-dessous).

► Cas particulier du site de Moulin Neuf

L'ouverture des vannes du Moulin Neuf inverse les échanges hydrauliques entre la nappe et la rivière, qui draine alors la nappe.

L'impact de l'ouverture des vannes sur l'alimentation en eau des terrains alentours est visible tout au long de l'année mais son ampleur géographique est fortement dépendante des conditions climatiques :

- En **période de basses eaux**, la **diminution des niveaux d'eau** provoqués par l'ouverture des vannes **s'observe sur une bande de plus ou moins 50 m de large** en rive gauche de la Petite Veyle. Au-delà de cette zone d'influence, l'ouverture des vannes ne provoque pas de diminution des niveaux sur le reste du site, les niveaux d'eau souterrains étant déjà extrêmement faibles (> 1 m de profondeur).
- En **période de hautes eaux**, la **diminution des niveaux d'eau** provoquée par l'ouverture des vannes **s'observe sur l'ensemble du site**. En effet, la topographie, associée à une pédologie favorable à l'engorgement des terrains par les pluies (sols hydromorphes), joue un rôle très important dans le fonctionnement hydrique de la zone et les échanges nappe/rivière. Les terrains montant en pente douce au fur et à mesure que l'on s'éloigne du cours d'eau (+1 m d'altitude à 200 m de la rivière), lorsque les précipitations sont importantes et que les terrains se gorgent d'eau, le niveau d'eau de la rivière vannes ouvertes se retrouve inférieur à l'ensemble des niveaux d'eau dans les sols. La rivière se retrouve alors en position drainante pour l'ensemble du site, même si les variations de niveaux sont sans commune mesure avec ceux en basses eaux (diminution des niveaux souterrains de 10 à 30 cm en hautes eaux contre environ 50 cm en basses eaux).

Le suivi en continu des niveaux d'eau a mis en évidence une chute brutale des niveaux souterrains sur les 2 jours suivant l'ouverture des vannes en basses eaux, puis mise en place d'une diminution plus faible mais continue des niveaux. Bien que la stabilisation des niveaux d'eau souterrains n'ait pas été atteinte au bout d'une semaine de suivi, au vu du net ralentissement de la baisse de niveau, on peut supposer que la **stabilisation des niveaux soit atteinte en une quinzaine de jours en basses eaux**.

En hautes eaux, la baisse des niveaux d'eau souterrains suite à l'ouverture des vannes est beaucoup plus progressive. En l'état actuel des connaissances, il **n'est pas possible de dire sur quel pas de temps une stabilisation des niveaux d'eau souterrains peut être atteinte en hautes eaux en cas d'ouverture des vannes**.

Ainsi, la **retenue en place du Moulin Neuf** permet le **maintien d'un niveau d'eau suffisant dans la rivière** pour que celle-ci :

- alimente la nappe, en période de basses eaux particulièrement ;
- garantisse un niveau de nappe favorable au maintien d'une végétation de « zone humide » tout au long de l'année, sur une plus ou moins grande superficie (à savoir les profondeurs de nappe actuelles à proximité immédiate de la rivière, en basses eaux, soit une cinquantaine de centimètres).

Du strict point de vue de la conservation de la zone humide, le moulin joue donc un rôle primordial dans l'alimentation en eau et la connectivité latérale des milieux.

► Cas particulier du site de Polaizé

Du fait de la position « perchée » de la Veyle au niveau du moulin de Polaizé (suite à son recalibrage), **l'ouverture des vannes du moulin ne modifie pas les échanges hydrauliques entre la nappe et la rivière**, qui alimente la nappe quel que soit l'état des vannes (excepté sur l'Etre, dont le lit n'a pas été surélevé).

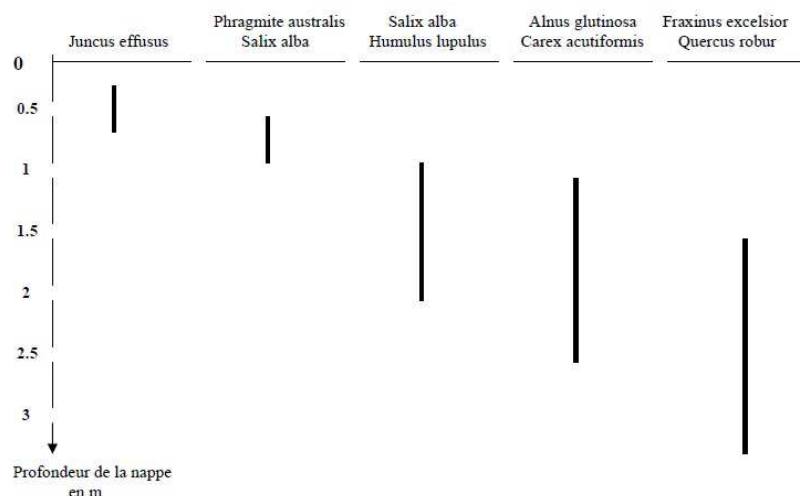
Toutefois, les investigations proposées n'avaient pas pour objet de faire un suivi des prairies en amont de la confluence avec l'Etre. Or, dans la mesure où elles se situent dans un secteur où le lit de la Veyle n'est pas perché, il n'est pas exclu que l'ouverture des vannes puisse modifier les échanges nappe/rievière et provoquer le drainage de ces prairies amont.

Même si l'alimentation de la zone humide par la rivière est maintenue qu'elle que soit l'état des vannes, l'ouverture de celles-ci entraîne une baisse du niveau de la nappe variable dans le temps et dans l'espace :

- En **basses eaux, l'influence de l'ouverture s'observe sur l'ensemble du site**, avec un impact fort sur une bande de 50 à 100 m de large en rive gauche de la Veyle sur la partie amont du site et à proximité de l'Etre (baisse d'une cinquantaine de centimètres), et plus faible sur le reste du site (baisse des niveaux de 10 cm).
- En **hautes eaux, l'impact ne s'observe que sur la moitié Est du site** (à maximum 200 m de la Veyle) avec des diminutions de 10 à 30 cm de profondeur.

Ces **variations de niveaux d'eau** peuvent d'une part être **préjudiciables à la flore inféodée aux zones humides**, mais également **au bon fonctionnement de la frayère à brochet** présente sur site. Ainsi, bien que le fonctionnement précis de la frayère n'ait pas fait l'objet de la présente étude, les suivis effectués mettent en évidence des niveaux dans la rivière vannes ouvertes inférieurs au niveau d'eau dans la frayère ce qui empêche un remplissage de celle-ci et favorise même sa vidange.

Figure 39 : Influence de la profondeur de la nappe sur la distribution végétale (d'après AMORO et PETTS, 1993)



Ainsi, **la retenue du moulin de Polaizé n'a pas d'influence qualitative** sur la relation hydraulique entre la nappe et la Veyle. Toutefois, elle permet **le maintien d'un niveau d'eau dans la nappe**, à une cinquantaine de centimètres de profondeur maximum, en période de basses eaux, **ainsi que le maintien d'un niveau d'eau dans la Veyle**.

4.2 Propositions de gestion

La connaissance du fonctionnement hydrologique des sites ainsi que du rôle des moulins dans le maintien du caractère humide, permet de définir les modalités de gestion à mettre en œuvre pour favoriser l'humidification de ces zones et préserver ou restaurer la connectivité latérale.

4.2.1 Amélioration de la fonctionnalité hydrique

Sur la base de notre expertise du fonctionnement hydrologique des deux sites de Moulin Neuf et de Polaizé, nous préconisons une gestion des vannages des deux moulins selon l'objectif fixé par le SMVV dans la cadre de cette étude à savoir : **l'amélioration de l'alimentation des zones humides** et de la connectivité latérale de surface.

Les conclusions de notre étude peuvent ainsi être légèrement différentes de celle de l'étude sur le devenir des ouvrages, réalisée en 2006 par Hydratec. En effet, celle-ci avait émis des préconisations en vue du maintien ou du démantèlement de plusieurs ouvrages après analyse et intégrer de tous les enjeux liés à ces ouvrages. Le tableau de synthèse est présenté ci-dessous pour mémoire.

Tableau 5. Rappel des conclusions d'Hydratec au vu de l'ensemble des enjeux concernant les ouvrages

	Enjeu hydraulique	Enjeu morphologique	Enjeu écologique et hydromorphologique	Enjeu socio-économique	Enjeu récréatif	Enjeu patrimonial	Etat général	Conditions techniques	Conditions réglementaires	Orientation sur le devenir	Degré de priorité
Moulin de Compiègne	--	0	-	++	++	++	--	-	-	à préserver	+
Moulin de Chamambard	+	0	--	0	0	-	-	0	--	à démanteler	-
Moulin de Polaizé	-	-	-	0	++	0	+	0	++	à démanteler	-
Moulin Montfacon	0	-	---	++	0	---	---	-	0	à démanteler	+
Seuil de Verdernort	--	-	-	+	++	--	+	+	+	à démanteler	-
Moulin Neuf Guénard	-	0	++	0	+	0	--	0	-	à préserver	+
Moulin Vieux	0	+	--	+	+	+	-	0	-	à démanteler	-
Seuil du moulin Cailloux	---	0	--	0	++	-	-	-	-	à démanteler	+
Moulin de la Foulle	+	--	-	+	0	+	-	-	+	à démanteler / à abandonner	-
Moulin de Champagne	-	--	--	+	++	0	+	---	++	à réaménager / à démanteler	+
Moulin Cassevesce	+	-	--	0	+++	+++	0	--	-	à préserver	-
Moulin du Port	+	+	-	0	++	++	--	--	-	à préserver	+

4.2.1.1 Site de Moulin neuf

Un démantèlement de l'ouvrage entraînerait une baisse des niveaux d'eau dans la nappe, de manière généralisée en hautes eaux et plus localisée mais dans des proportions accrues en basses eaux, ce qui entraînera :

- une modification de la profondeur de la zone de battement de nappe : lorsque ces modifications de profondeur seront importantes, notamment sur la bande de 50 m identifiées précédemment, il pourra y avoir modification de la végétation en place et donc disparition progressive du caractère humide de la zone ;
- l'inversion des échanges nappe/rivière, la rivière se trouvant alors en position drainante et jouant alors un rôle de soutien d'étiage tant qu'elle sera alimentée par des apports météoriques.

Au vu de **l'objectif de maintien de l'alimentation en eau de la zone humide**, il est donc préférable de **maintenir en place le moulin**.

Au cas où un arasement serait réalisé, notamment afin de répondre à des objectifs autres que le seul maintien de la zone humide annexe, il faudra veiller à ne pas démanteler le seuil associé à l'ouvrage. En effet, la disparition du moulin entraînera déjà une baisse de la cote de la nappe jusqu'à un niveau s'établissant entre 60 cm et 1 m sous le TN selon la période de l'année. Le seuil présentant une chute d'environ 1.40 m, son démantèlement entraînerait vraisemblablement de fait une surbaisse de la cote piézométrique aux abords immédiats du cours d'eau, surbaisse non quantifiée par la présente étude.

4.2.1.2 Site de Polaizé

Un démantèlement de l'ouvrage entraînerait une baisse des niveaux d'eau dans la nappe, de manière généralisée en basses eaux et plus localisée en hautes eaux, mais n'impacterait pas les relations nappe/rivière sur le site étudié, la Veyle jouant toujours, du fait de sa position perchée, un rôle dans l'alimentation de la zone humide.

Au vu de l'**objectif stricto-sensu de maintien de l'alimentation en eau de la zone humide**, il n'existe **aucune contre-indication au maintien ou au démantèlement** du moulin.

Considérant l'objectif de continuité longitudinale, la suppression du moulin permettrait d'ouvrir un linéaire conséquent de cours d'eau. Toutefois, dans ce cas, le projet de démantèlement devra nécessairement s'accompagner d'une réflexion sur l'amélioration de l'attractivité du milieu. En effet, au niveau de la zone d'influence du vannage, le tracé de la Veyre a subi de nombreuses modifications qui en font un milieu extrêmement artificialisé et peu fonctionnel.

Une restauration géomorphologique, a minima de type R1 selon la nomenclature de l'Agence de l'Eau, c'est-à-dire un objectif de restauration d'un unique compartiment de l'hydrosystème au sein d'une emprise très limitée (lit mineur), permettrait de restaurer la qualité des habitats piscicoles, par diversification des écoulements et création de caches piscicoles.

Des aménagements piscicoles pourront être réalisés sur la base de génie végétal et de bois mort. En effet, l'utilisation de blocs dans un environnement qui n'en présente pas naturellement peut être mal perçue d'un point de vue paysager ; les bois ont en revanche un impact paysager moindre. Des épis déflecteurs (latéraux ou centraux) à base de rondins de bois de faible diamètre (15 cm environ) seront mis en place dans la Veyre, perpendiculaires à la berge. Ils seront disposés ainsi de manière à former des zones de nourrissages intéressantes pour les espèces piscicoles.

L'emprise disponible en rive droite du cours d'eau étant limitée du fait de la présence du chemin et de la ligne ferroviaire, nous n'envisageons pas la possibilité de mettre en place des aménagements de type banquettes permettant d'amorcer une sinuosité du lit d'étiage. Ainsi la restauration sera réalisée à minima, éventuellement compléter par la mise en place et/ou densification de la ripisylve en rive gauche.

Un projet plus ambitieux de remise de la Veyre dans son lit original (actuellement nommée la Morte), ne paraît pas réaliste au vu du comparatif coût/avantages, vis-à-vis des enjeux identifiés sur le secteur et de l'importance des travaux que nécessiterait une telle opération.

► Proposition de gestion des niveaux d'eau

La prise en compte des enjeux de continuité longitudinale et de connectivité latérale ne prend toutefois pas en compte les usages en cours sur le site, le fonctionnement de la frayère et l'éventuel impact que pourrait avoir une baisse des niveaux de la rivière sur le maintien des prairies humides amont. Ainsi, dans le cas où il serait décidé de maintenir l'ouvrage en place pour répondre aux usages cités précédemment, une gestion des niveaux d'eau est préconisée afin de :

- maintenir une ligne d'eau suffisante dans la Veyre pour l'alimentation de la frayère à brochet et l'exercice de la pêche ;
- diminuer l'engorgement des terres agricoles, en favorisant leur ressuyage et faciliter ainsi l'intervention sur les parcelles ;
- maintenir un niveau de nappe suffisant pour la végétation inféodée aux milieux humides et aquatiques, et garantir le maintien des échanges nappe/riverie sur les prairies amont.

Sur la base des relevés effectués au cours de l'année 2014/2015 dans le cadre de la présente étude, nous proposons la variation de niveaux d'eau dans l'année suivante :

- octobre - mars : maintien des niveaux actuels soit entre 201,2 et 201,3 m NGF ;
- avril - juin : baisse des niveaux d'eau entre 200,9 et 201 m NGF pour permettre ressuyage des terres mais alimentation de la frayère ;
- juillet - septembre : possibilité de baisse ponctuelle des niveaux aux alentours de 200,7 m NGF si nécessité de ressuyage des terres à proximité immédiate de la Veyre.

Mise en garde :

Ces préconisations sont établies sur la base des relevés effectués dans le cadre de la présente étude soit uniquement 4 semaines de suivi en continu (2 en hautes eaux, 2 en basses eaux) des niveaux d'eau superficielle en 1 point et des niveaux d'eau souterrains en 2 points. Elles ne tiennent pas compte des éventuels apports d'eau par les pluies, aucune donnée pluviométrique locale n'étant disponible sur site.

4.2.2 Protocole de suivi

Les objectifs de mise en place d'un protocole de suivi sont multiples. Ainsi, les protocoles proposés ont été construits de manière à permettre de :

- Sur Polaizé : adapter les mesures de gestion aux observations de terrain en cas de maintien de l'ouvrage avec gestion des niveaux d'eau ;
- Sur Moulin Neuf : suivre l'évolution du site en cas de suppression du moulin, et mesurer l'impact de cette suppression sur les milieux ;
- Sur les deux sites si aucune action particulière n'est envisagée concernant les moulins : améliorer la connaissance des sites, en multipliant l'acquisition de données sur a minima trois années aux caractéristiques climatiques différentes.

4.2.2.1 Suivi des niveaux d'eau

► Suivi complet

Le suivi complet des sites est proposé en cas de mise en place de mesures de gestion spécifique (suppression de l'ouvrage sur Moulin Neuf, gestion des niveaux d'eau sur Polaizé).

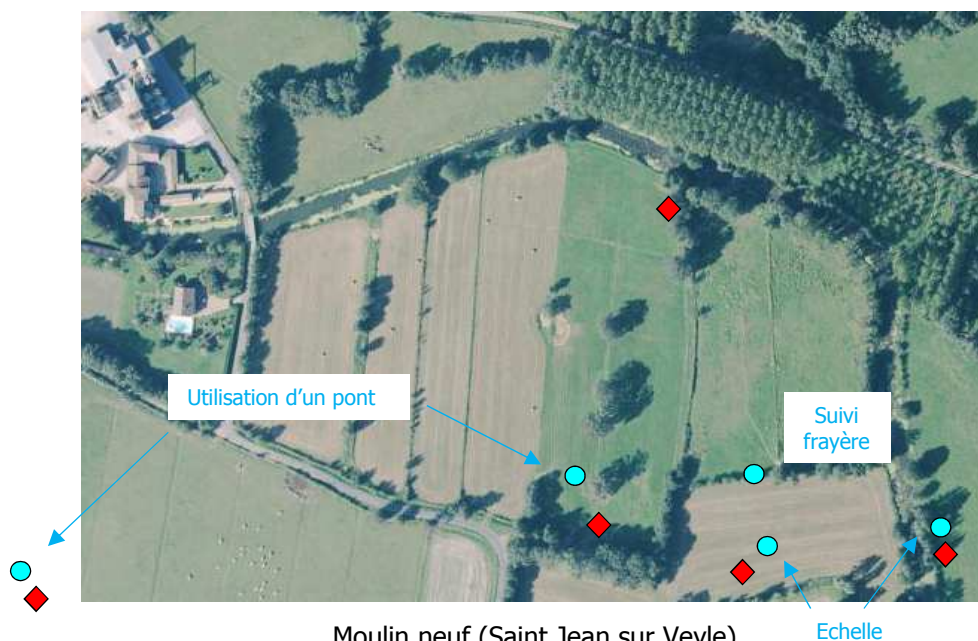
Le suivi des niveaux d'eau effectué au cours de la présente étude était basé sur un grand nombre de points superficiels et souterrains, permettant de collecter le maximum de données nécessaires à la compréhension du fonctionnement hydrique des sites. Le réseau de points de suivi pérenne proposé répond à un souci de simplification du suivi en termes de nombre de points et de paramètres mesurés, en ciblant ce réseau sur des points particuliers. Il nous semble indispensable de suivre **les eaux souterraines et superficielles**, à un **pas de temps trimestriel** afin de couvrir les différentes situations hydrologiques au cours d'une année.

L'étude du fonctionnement hydrologique ayant mis en évidence un impact très localisé de la rivière sur les zones humides, le suivi se basera sur des couples de points rivière/eau souterraine, répartis sur les zones humides. Celles-ci étant toutes deux situées en rive gauche du cours d'eau, seule cette rive sera équipée en piézomètres. Le réseau de suivi proposé est présenté sur les figures ci-dessous.

- Sur **Moulin Neuf, 3 piézomètres et 2 points de suivi superficiel** répartis comme suit :
 - 2 couples de points de suivi souterrain / superficiel à l'amont et à l'aval du site (distance des piézomètres au cours d'eau < 50 m),
 - 1 piézomètre au centre de la zone humide pour vérifier l'impact en hautes eaux.
- Sur **Polaizé, 4 piézomètres et 4 de points de suivi superficiel** répartis comme suit :
 - 1 couple de points de suivi souterrain / superficiel à proximité du vannage (distance des piézomètres au cours d'eau < 100 m),
 - 2 couples de points de suivi souterrain / superficiel à l'amont et à l'aval de la confluence avec l'Etre (distance des piézomètres au cours d'eau < 200 m),

- 1 piézomètre au centre de la zone humide pour vérifier l'impact en basses eaux,
- un point de suivi dan Utilisation d'un pont

Figure 40 : Proposition de réseau de suivi



Moulin neuf (Saint Jean sur Veyle)



Moulin de Polaizé (Polliat)

- ◆ Suivi d'eau souterraine
- Suivi d'eau superficielle

Les points de **suivi des eaux souterraines** seront équipés de **piézomètres** réalisés au carottier portatif « dans les règles de l'art » (réalisation d'un massif filtrant et étanchéification de surface), sur **2 m de profondeur** permettant d'atteindre les sables. Ils seront suivis au moyen d'une sonde piézométrique permettant la mesure de la cote d'eau. L'entretien de la végétation autour de ces ouvrages une à deux fois par an devra être réalisée afin de rendre plus facile leur accès.

Les points de **suivi des eaux superficielles** correspondent soit à **des ponts existants** : la mesure du niveau d'eau se fera par relevé de la hauteur d'eau vis-à-vis du pont, soit le cas échéant à des points nécessitant **la pose d'échelles** limnimétriques. On veillera à enlever les éventuels embâcles sur les échelles pour éviter qu'elles soient abîmées.

Afin de permettre une exploitation correcte des données, il est nécessaire de prévoir le nivellement des points de suivi (tête de piézomètres, ponts, tête d'échelles). Le coût associé à la mise en place de ce suivi est indiqué dans le tableau ci-dessous.

INVESTISSEMENT (prestation externalisée)	
Pose de 7 piézomètres (2 m) au carottier portatif (matériel et main-d'œuvre)	1 500,00 € HT
Achat de 4 échelles	500,00 € HT
Nivellement des échelles, ponts et piézomètres	550,00 E HT
TOTAL	2 550,00 € HT
FONCTIONNEMENT (prestation externalisée) par an	
Suivi trimestriel (relevé et mise au propre) / an	3 500,00 € HT
<i>Achat d'une sonde piézométrique si mesure en interne</i>	<i>500,00 € HT</i>
Interprétation des données (cartographie, analyse)	1 200,00 € HT
Entretien des équipements / an	1 000,00 € HT
TOTAL	5 700,00 € HT

► Suivi a minima

Le suivi a minima permettant d'acquérir de nouvelles données afin de conforter la compréhension du site, sera basé sur un **relevé semestriel** (basses eaux, hautes eaux) au cours de **deux années aux conditions climatiques distinctes**.

Le réseau se basera sur celui proposé dans le cadre du suivi complet mais sera allégé en termes de nombres de points de suivi. Ne seront conservés sur que **2 couples eau souterraine/ eau superficielle sur chacun de sites**, soit un suivi amont et un suivi aval dans la zone d'influence du vannage (soit 50 m sur Moulin Neuf et 100 m sur Polaizé).

INVESTISSEMENT (prestation externalisée)	
Pose de 2 piézomètres (2 m) au carottier portatif (matériel et main-d'œuvre)	700,00 € HT
Achat de 2 échelles	250,00 € HT
Nivellement des échelles, ponts et piézomètres	550,00 E HT
TOTAL	1 400,00 € HT
FONCTIONNEMENT (prestation externalisée) total	
Suivi semestriel sur 2 ans (relevé et mise au propre)	3 500,00 € HT
<i>Achat d'une sonde piézométrique si mesure en interne</i>	<i>500,00 € HT</i>
Interprétation des données (cartographie, analyse)	700,00 € HT
Entretien des équipements	500,00 € HT
TOTAL	4 700,00 € HT

4.2.2.2 Autres suivis

Le suivi des niveaux d'eau souterrains et superficiels constitue un suivi de base dans l'étude de zones humides inféodées à un cours d'eau.

En fonction des besoins et selon les moyens du Syndicat, il peut être envisagé des suivis complémentaires, utiles à l'interprétation de l'évolution des paramètres hydrauliques des sites. Il s'agit ainsi de :

- Suivi climatique : les précipitations jouant un rôle important dans l'alimentation en eau des zones humides, et celles-ci étant très locales (notamment les des orages estivaux), il peut être envisagé la mise en place d'une station météorologique sur chaque site (pluviomètre, sonde de température).
- Suivi hydrométrique : associé à la mesure des niveaux d'eau, il peut être intéressant de réaliser des mesures de débits. Ces mesures seront réalisées soit au cours des relevés trimestriels par jaugeage au débitmètre en amont et en aval des zones humides, soit en continu par pose d'une sonde enregistreuse dans le cours d'eau.
- Suivi de la nappe : les chroniques journalières du piézomètre du Grand Pré (site de Moulin Neuf) étant disponibles sur la base de données publique ADES, il peut être intéressant de continuer l'exploitation des données et la comparaison avec les mesures in situ.
- Suivi de la végétation : en cas de modification de la gestion des vannages (mesures de gestion des niveaux d'eau, suppression des moulins, etc.), nous préconisons un suivi de la végétation sur plusieurs années afin de voir l'impact de cette gestion sur les écosystèmes et vérifier le maintien du caractère humide des sites via la flore. Un suivi annuel sur les 3 premières années peut être envisagé.

AUTRES SUIVIS - INVESTISSEMENT	
Achat d'un pluviomètre et d'une sonde de température	350,00 € HT
Achat d'une sonde enregistreuse de niveaux d'eau	1 000,00 E HT
TOTAL	1 350,00 € HT
AUTRES SUIVIS – FONCTIONNEMENT (prestations externalisées)	
Interprétation annuelle des chroniques piézométriques	1 000,00 € HT
Relevé floristique annuel	2 500,00 € HT
TOTAL	3 500,00 € HT

ANNEXES

Annexe 1.

Chronique piézométrique au droit du piézomètre BSS

Cette annexe contient 1 page.

Annexe 2.

Fiches de diagnostic des ouvrages

Cette annexe contient 4 pages.

Annexe 3.

Photographies aériennes

Cette annexe contient 15 pages.

Annexe 4.

Mission de caractérisation de la végétation

Cette annexe contient 24 pages.

Annexe 5.

Coupes des sondages pédologiques

Cette annexe contient 22 pages.

Annexe 6.

Chroniques piézométriques enregistrées pendant les campagnes

Cette annexe contient 4 pages.

Annexe 7.

Atlas cartographique

Cette annexe contient 36 pages.