



Proyecto SUDOE-AQUIFER - E 1.2.1 Implementación de sistemas de monitorización de acuíferos en tiempo real

Informe final
Noviembre 2022

Estudio realizado en el marco del proyecto Sudoe Aquifer, en el que CRCC forma parte como socio, junto al IGME (Instituto Geológico y Minero de España), BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières,) ISA-LEAF (Instituto Superior de Agronomía), Aqua-Valley, CWP (Asociación Catalana para la Innovación y la internacionalización del sector del agua), PPA (Associação Parceria Portuguesa para a Água), CUADLL (Comunitat d'usuaris d'aigua de la vall baixa i delta del Llobregat).

Palabras Clave : infraestructura, monitorización, acuíferos, tiempo real.

Sumario

1. Antecedentes y Objetivo	4
2. Infraestructura y detalle	5
3. Conclusion.....	11

Listado de anejos

Anejo 1 - Especificaciones de la sonda OTT Ecolog 800.	12
Anejo 2- Informe de instalacion de las sondas por la empresa Aquatec Aquatec.....	

1. Antecedentes y objetivo

Las aguas subterráneas constituyen un elemento esencial del ciclo hidrológico. La comunidad científica ha establecido que es necesaria una mejora en el conocimiento de los acuíferos, en la implementación de redes de monitorización fiables y en la implicación de la administración hidráulica y de los usuarios en la gestión sostenible de los acuíferos. El objetivo principal de AQUIFER es capitalizar, testar, difundir y transferir prácticas innovadoras de preservación, monitorización y gestión integrada de acuíferos, para que sea de ayuda a la hora de tomar decisiones en materia de gestión de los recursos hídricos subterráneos, mejorar la transferencia tecnológica a los agentes locales, crear nuevas sinergias, y desarrollar herramientas comunes en un contexto de escasez de recursos hídricos y amenazas medioambientales.

El principal elemento innovador de AQUIFER es la consideración de la problemática en su globalidad. Esto incluye, en primer lugar, la experimentación sobre los elementos “cantidad” y “calidad” del agua a través de herramientas tales como la gestión de la recarga de acuíferos y las redes de seguimiento y modelización hidrológica. En segundo lugar, la detección, testeo e implementación de las innovaciones a través de 3 clústeres del agua vinculados a una red de actores y startups del sector. En tercer lugar, la creación de una herramienta de apoyo a la toma de decisión para difundir las buenas prácticas mediante la creación de un sitio web permanente y gratuito destinado a todos los actores del agua.

El proyecto persigue 3 objetivos fundamentales:

- El establecimiento de las relaciones entre los recursos hídricos subterráneos, las aguas superficiales y/o las aguas salinas, en un contexto de cambio global.
- Probar y desarrollar soluciones innovadoras de gestión de aguas subterráneas frente a los riesgos ligados a la sostenibilidad del ciclo integral del agua.
- Identificación, análisis y difusión de las soluciones innovadoras, con el fin de que sean utilizadas por los agentes relevantes en la toma de decisiones

Para poder monitorizar el estado de los acuíferos se deben realizar medidas in situ de diferentes características de los mismos, como el nivel piezométrico, y hoy en día, debido a la evolución de tecnologías de sensorización remota, como IoT, es posible enviarlas a servidores remotos para su almacenamiento y procesamiento en tiempo real, de forma sencilla y a un coste reducido.

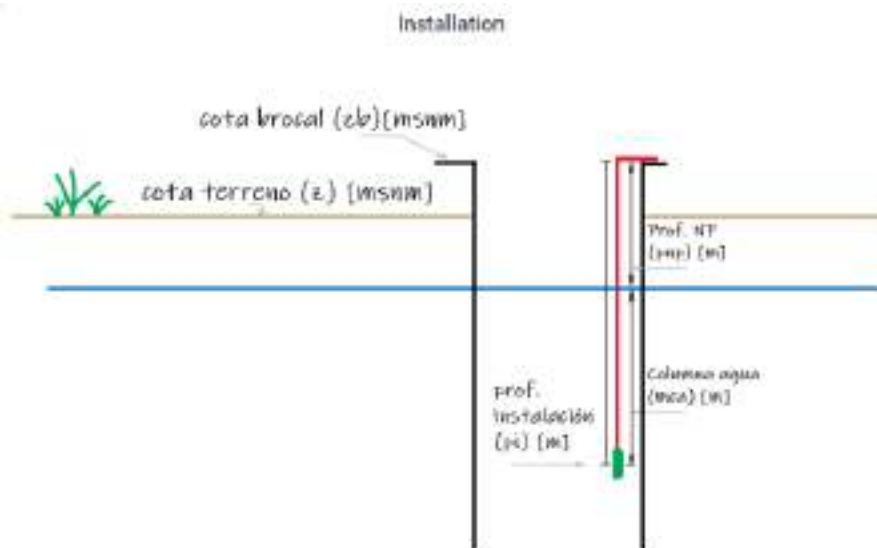
Para la red de monitorización del acuífero cuaternario del Campo de Cartagena se ha elegido la sonda OTT Ecolog 800, cuyas principales características se detallan a continuación:

- Sensor de presión relativa con célula de medición cerámica capacitiva y célula de medición de conductividad de 4 electrodos de grafito
- Parámetros medidos: Nivel/presión, temperatura de agua, conductividad específica, salinidad, TDS
- Puntos destacados: Módem integrado (UMTS/HSPA+ o GSM/GPRS), con pack de pilas de litio, vida útil de hasta 10 años
- Margen de medición: 0 ... 4, 10, 20, 40 y 100 m
- Precisión: $\pm 0,05\%$ FS

El resto de características técnicas se pueden consultar en el anejo 1.

2. Infraestructura y detalle.

La sonda se ha instalado teniendo en cuenta las siguientes mediciones :



Siendo :

$$\text{Cota NP} = zb - pnp$$

$$pnp + mca = pi$$

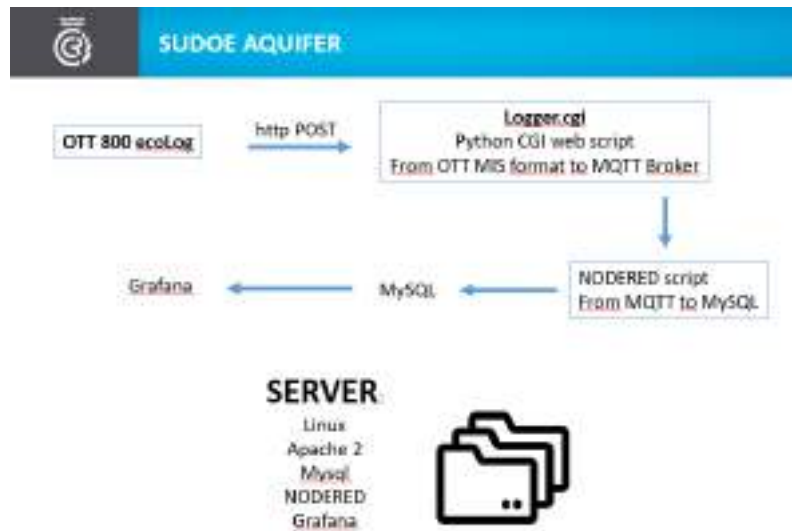
pnp --> medida manual con sonda piezométrica

mca --> registro automático sonda data logger

Dato a mostrar en plataforma dependiente de mca:

$$\text{Cota NP} = zb - pi + mca$$

En el repositorio público https://github.com/C-R-C-C/Sudoe_AQUIFER se encuentran archivos de configuración y una pequeña guía de configuración para recrear un sistema que recibe datos de la familia de sondas OTT ecoLog, almacenarlos en una base de datos MySQL y visualizarlos con Grafana. Todo utilizando diferentes software de código abierto. La configuración que se muestra es solo una forma de hacerlo, ya que como en muchos proyectos de software y hardware hay muchas formas.



1. Esquema general de la infraestructura de recolección de datos.

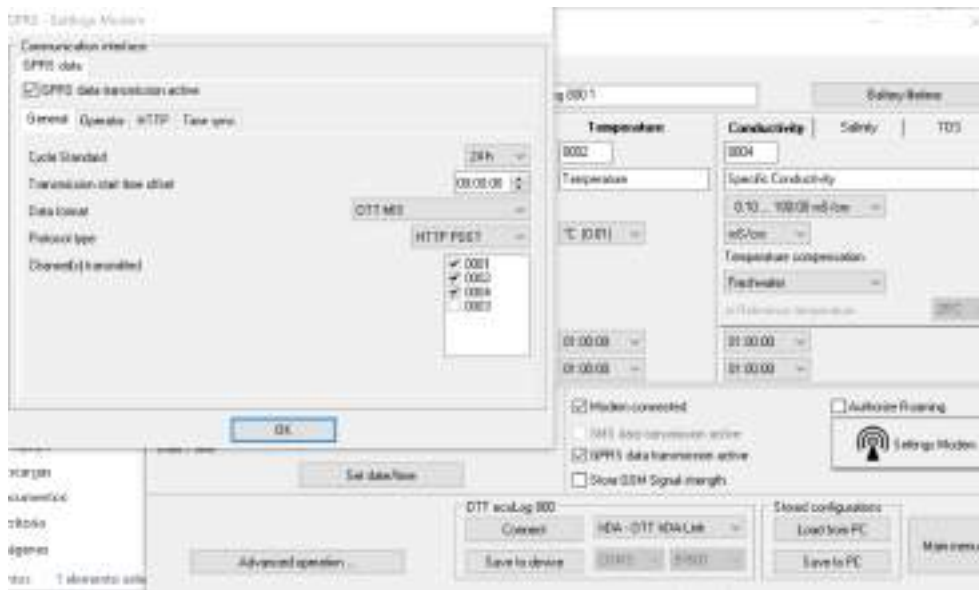
2.1 Pasos.

2.1.1- Configurar OTT ecoLogs

Es necesario seleccionar el formato de datos "OTT MIS" y el tipo de Protocolo "HTTP POST", como parte de la configuración de "Configuración del Módem".



2. Configuración Sonda OTT



3. Configuración adicional sonda OTT Ecolog 800

Luego, debe configurar la URL y el puerto donde estará la secuencia de comandos del servidor de Python, es decir, <http://mydomain/cgi-bin/logger.cgi>

2.1.2 - Configuración de la secuencia de comandos de Python

Este script de python recibe la llamada de la sonda ecoLog, busca datos sin procesar y los publica en un agente de Mqtt. El script podría cambiarse para almacenar datos directamente en la base de datos, por lo que no requiere la parte Mqtt y Node-red, pero debido a que esta red se ha configurado para muchos tipos diferentes de sondas y otros dispositivos IoT, se ha seleccionado la ruta MQTT omnipresente. Hay muchas guías en Internet sobre cómo configurar Linux+Apache+Mosquitto Broker o Linux+Nginx+Mosquitto Broker para ejecutar scripts de python. Una probada la configuración, puede instalar el script logger.cgi y esperar a que ecoLog envíe datos, con un comando de monitor mqtt básico (mosquitto_sub, por ejemplo, podría ver los datos del sensor sin procesar provenientes de las sondas).

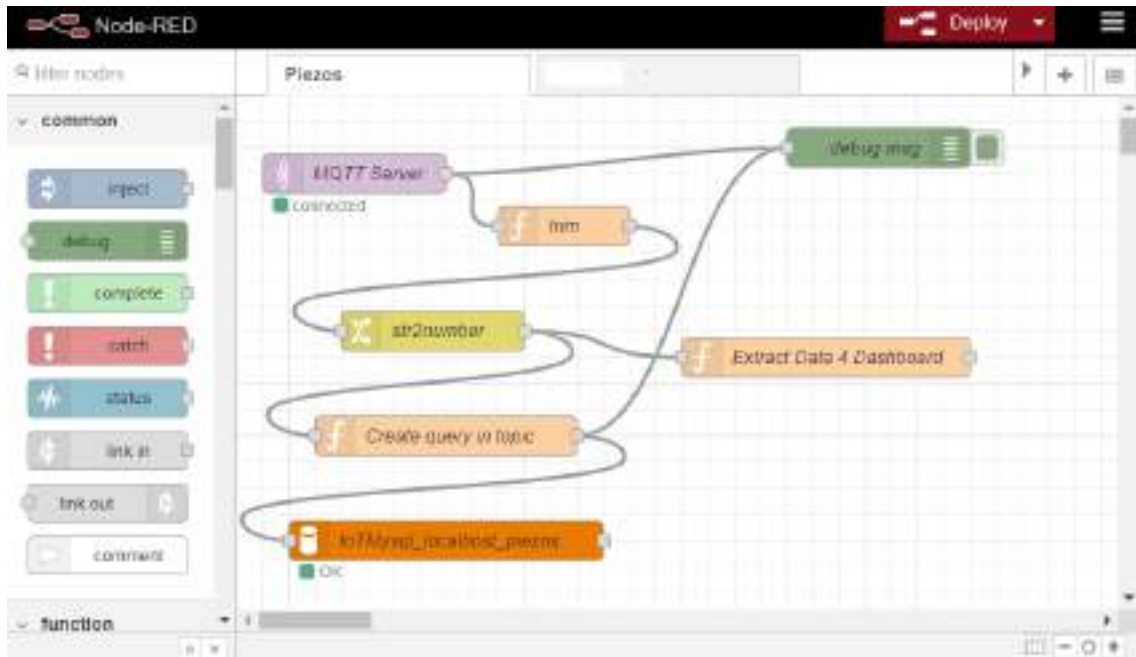
2.1.3- Mysql

Necesita un servidor Mysql instalado, en la carpeta Mysql tiene un script para crear las tablas necesarias para esta configuración. Hay tres tablas:

- datos_campo (id, marca de tiempo, tema, datos) donde almacena los datos sin procesar provenientes de las sondas
- sensor (id, nombre) donde almacena las descripciones de cada sensor que envió cada sonda, ir, 0001, Nivel de agua, 0002, Temperatura, etc.
- sitios (id, nombre, utmX, utmY, código...) esta es una tabla opcional para mostrar información sobre los sitios. El script de nodo rojo almacenará datos aquí para cada mensaje de sensor mqtt recibido.

2.1.4- Node-Red

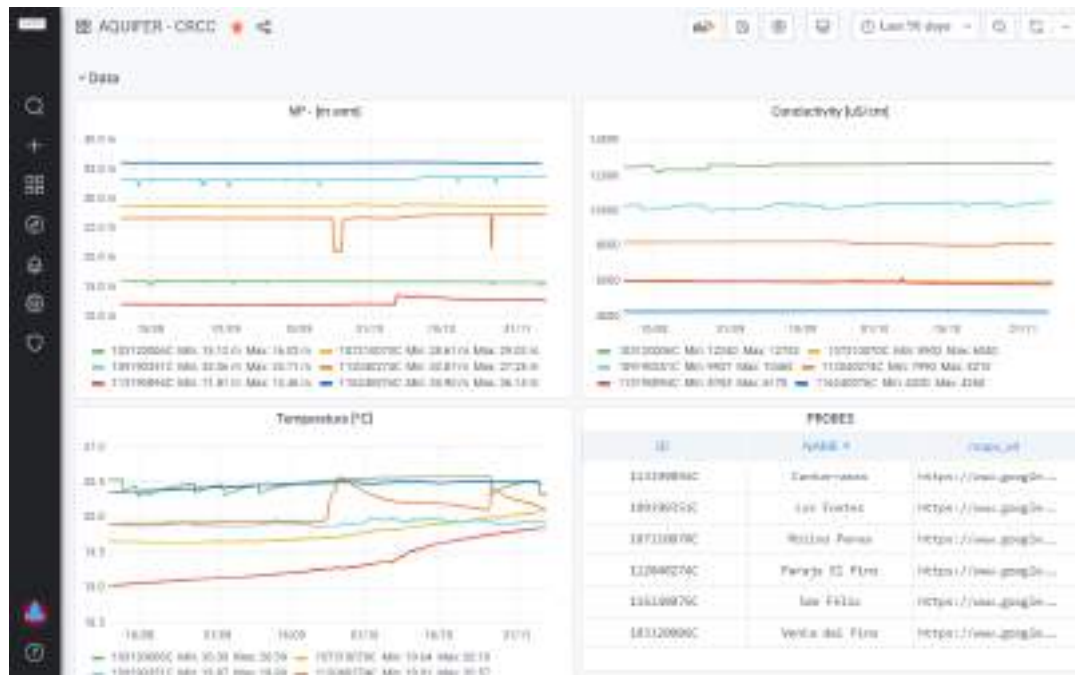
Un servidor Node-Red instalado implementa el script (basado en json, importación) que reside en la carpeta nodered. Este script obtiene los datos sin procesar del mensaje mqtt y crea una consulta INSERT para ejecutarla en el servidor DB. También tiene salida de depuración y formato opcional para la visualización del tablero.



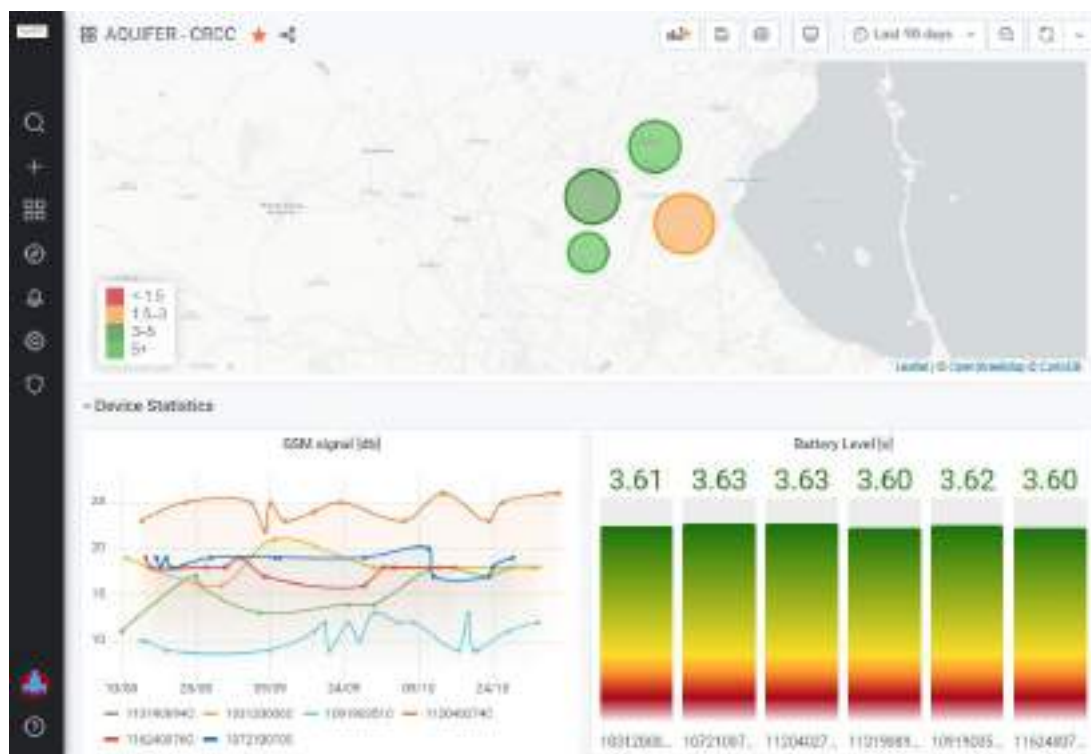
4. Configuración Node-red

2.1.5- Grafana

Se ha instalado y configurado una aplicación de visualización de datos open-source, denominada Grafana. Tiene una conexión con una fuente de datos denominada "IoT_piezos" que apunta a la base de datos Mysql donde se encuentran las tablas y los datos de los puntos anteriores. Para que los paneles muestren la información correcta, debe existir la información "zb", "pi" y "z" correcta de cada sitio de instalación.



5. Pantalla Grafana



6. Continuación pantalla Grafana

3. Conclusion

En este informe se muestra la infraestructura IT de un sistema de monitorización de niveles del acuífero cuaternario del Campo de Cartagena. El sistema ideado, a excepción de las sondas, utiliza componentes open-source sin costes de licenciamiento

y está preparado para recoger y visualizar datos de múltiples sensores y de distintos protocolos, ofreciendo un punto de acceso web común para la visualización, extracción o interpretación de los mismos.

Desde la instalación y puesta en marcha del sistema (marzo 2022) éste ha estado funcionando correctamente y no ha requerido ninguna intervención o corrección, ni siquiera para la calibración de las propias sondas, habiendo pasado una 1ª revisión cuyos resultados se adjuntan en el anexo 3.

Anejo 1

Características Sonda OTT Ecolog 800

(fuente: OTT website)

Medición del nivel de agua (presión)

Rango de medición Columna de agua de 0 ... 4 m, 0 ... 10 m, 0 ... 20 m, 0 ... 40 m, 0 ... 100 m

Resolución 0,001 m / 0,1 cm / 0,01 ft / 0,1 inch / 0,0001 bar / 0,001 psi

Precisión $\pm 0,05$ % FS

Estabilidad a largo plazo $\pm 0,1$ % / año FS

Unidades m, ft, inch, bar, psi, Pascal

Medición de la temperatura

Rango de medición -25 °C ... $+70$ °C

Resolución 0,01 °C

Precisión $\pm 0,1$ °C

Unidades °C, °F

Medición de la conductividad

Rango de medición 0 ... 2000 μ S/cm

Resolución 1 μ S/cm

Precisión ± 1 μ S/cm o $\pm 0,5$ % del valor de medición (vale el valor más alto)

Unidades μ S/cm, mS/cm

Rango de medición 0,1...100 mS/cm

Resolución 0,01 mS/cm

Precisión $\pm 0,01$ mS/cm , $\pm 1,5$ % del valor de medición (vale el valor más alto)

Unidad mS/cm

Alimentación eléctrica

Pilas alcalinas (pilas C) 2 x 1,5 V (sólo en la versión con módem GSM/GPRS)

Pila de litio 1 x 3,6 V/26 Ah x 3,6

Duración de la pila (medición cada hora, una transmisión/día)

Pila de litio (26 Ah) >10 años

Pilas alcalinas (sólo en la versión con módem GSM/GPRS) >1 año

Módem GSM/GPRS 900/1800,
GSM/GPRS;
900/1800, 850/1900
900, AWS 1700, 1900, 2100 MHz

Antena Integrada; robusta y resistente a las condiciones climáticas, antena externa opcional (SMA-m)

Puerto de comunicación Infrarrojo (IrDA)

Memoria de valores de medición 4 MB, aprox. 500.000 valores de medición

Intervalo de consulta/almacenamiento 5 seg ... 24 horas

Instalación En tubos de medición a partir de 2"; gancho de suspensión universal y

discos de suspensión para tapaderas de pozo OTT (3", 4", 6") disponibles

Temperatura de operación de -30 °C ... +85 °C

Temperatura almacenamiento de -40 °C ... +85 °C

Dimensiones L x Ø

Sonda 317 mm x 22 mm

Unidad de comunicación de 520 mm x 50 mm

Longitud del sistema 2,0 ... 200 m ±1 % ±5 cm (longitud del cable con unidad de comunicación y sonda incluidas)

Peso

Sonda 0,43 kg aprox.

Unidad de comunicación de 0,92 kg aprox. (con pilas)

Material de la carcasa

Sonda Acero fino (DIN 1.4539, 904 L)

Unidad de comunicación de Aluminio, PA-GF

Tipo de protección

Sonda IP68

Unidad de comunicación de IP67

Valores límite de CEM Según EG 204/108/CE, ETSI EN 60950-1:2006 + A11:2009 + A1:2010

**ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL DESPLIEGUE Y
SUPERVISIÓN DE UNA RED DE SONDAS
PIEZOMÉTRICAS QUE SUMINISTREN DATOS PARA LA
MONITORIZACIÓN Y MODELIZACIÓN DEL ACUÍFERO
CUATERNARIO DEL CAMPO DE CARTAGENA**

MEMORIA

Marzo 2022



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCES	1
2. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	2
2.1. Trabajos previos	2
2.2. Instalación de las sondas.....	5

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de pozos pre-seleccionados y seleccionados para la instalación de sondas.	3
Figura 2. Sonda OTT ecoLog800. Fuente: ott.com	4

1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCES

La Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena (CRCC) se ubica en la Comarca del Campo de Cartagena, que tiene una de las agriculturas de regadío más rentables a nivel regional y nacional. El clima es mediterráneo semiárido, con una precipitación media anual de 300 mm, y una temperatura media anual de 18°C.

La CRCC, en aras de velar por el uso sostenible de los recursos hídricos de la zona y por la calidad química de las aguas subterráneas y de la afección que estas puedan tener en el estado del Mar Menor, en el marco del proyecto Interreg Sudoeste Aquifer “Instrumentos innovadores para la gestión integrada de las aguas subterráneas en un contexto de escasez creciente de recursos hídricos”, encargó a AQUATEC, PROYECTOS PARA EL SECTOR DEL AGUA S.A.U. (AQUATEC) la ejecución del proyecto “Asistencia técnica para el despliegue y supervisión de una red de sondas piezométricas que suministren datos para la monitorización y modelización del acuífero cuaternario del Campo de Cartagena”. El alcance de dicho proyecto consiste en la instalación de una red de sensores piezométricos en pozos existentes del Campo de Cartagena que permita monitorizar en tiempo real los niveles del acuífero cuaternario, así como parte de sus características físico-químicas, y cuyos datos alimenten a un modelo hidrológico del mismo, con objeto de poder predecir futuros comportamientos.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

2.1. Trabajos previos

La tarea inicial del proyecto consistió en evaluar y seleccionar aquellos pozos y piezómetros que por sus características y ubicación fuesen favorables para la instalación de las sondas. El objetivo buscado fue que los pozos seleccionados permitiesen observar la variabilidad hidrogeológica de múltiples sectores del Campo de Cartagena. Esta selección, realizada de manera conjunta por personal de la CRCC, AQUATEC y el Instituto Geológico y Minero Español (IGME), se basó en los siguientes criterios: i) amplia distribución espacial de los pozos, ii) estado de conservación favorable y iii) obtención de permisos por parte de los propietarios para su acceso e instalación de sondas. De esta manera, tras evaluar el conjunto de pozos y piezómetros existentes en el Campo de Cartagena, lo cual incluyó reconocimientos de los pozos *in situ*, se decidió instalar las sondas en los seis (6) pozos contenidos en la Tabla 1, y cuya ubicación se muestra en la Figura 1. En dicha figura se muestra además la ubicación de aquellos pozos que fueron evaluados y pre-seleccionados.

Las sondas seleccionadas para la recolección de datos fueron las sondas OTT ecoLog 800 (OTT Hydromet), las cuales permiten medición del nivel, temperatura y conductividad eléctrica del agua, así como la transmisión remota de los registros vía GSM/GPRS. Las sondas se muestran en la Figura 2. Tras la adquisición de las sondas se procedió a:

1. dotarlas con una tarjeta SIM para la transmisión remota de datos,
2. configurar el registro de parámetros y transmisión de datos,
3. realizar pruebas de conectividad con el servidor interno de la CRCC.

La configuración realizada en las sondas se resume en la Tabla 2.

Tabla 1. Pozos seleccionados para instalación de sondas

Nombre provisional	IGME ID	Redes oficiales CHS ID	Z (m s.n.m.)	Tipo de punto	Obs	COD parcela CRCC
283810010	283810010	P-07-31-100-96	25.06	Pozo	Punto histórico de control	103120006
CC028	-	-	41.25	Pozo	-	116240076
CC025	-	-	15.27	Sondeo en antigua ceña	-	113190894
CC060	273870081	-	38.97	Antiguo molino	-	112040274
CC062	-	-	38.37	Pozo	-	109190351

Nombre provisional	IGME ID	Redes oficiales CHS ID	Z (m s.n.m.)	Tipo de punto	Obs	COD parcela CRCC
Molino Perea	-	-	34.90	Molino	-	107210070

Tabla 2. Configuración de las sondas

Parámetro	Unidad	Frecuencia de registro	Frecuencia de almacenamiento	Frecuencia de transmisión
Columna de nivel de agua	m	Horaria	Horaria	Diaria
Temperatura	°C	Horaria	Horaria	Diaria
Conductividad eléctrica	μS/cm	Horaria	Horaria	Diaria

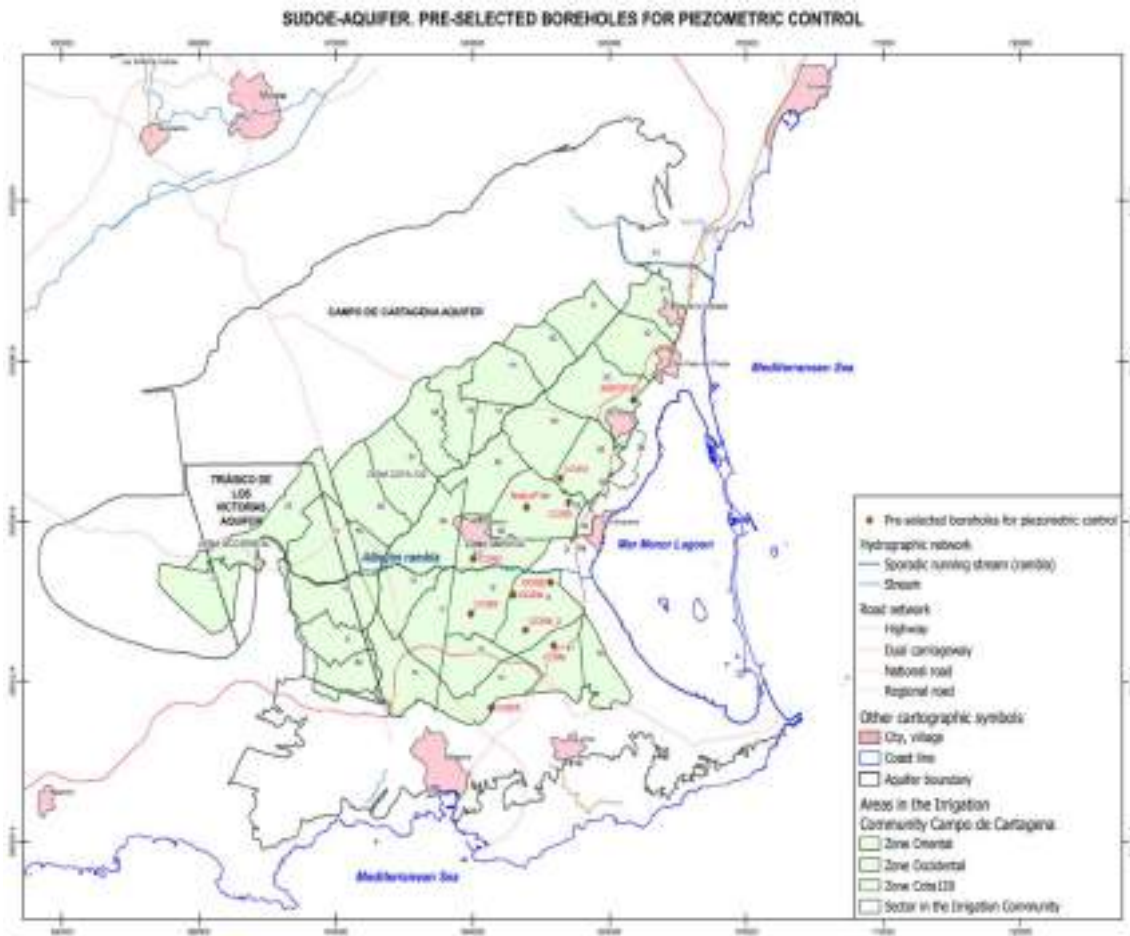


Figura 1. Ubicación de pozos pre-seleccionados y seleccionados para la instalación de sondas.



Figura 2. Sonda OTT ecoLog800. Fuente: ott.com

2.2. Instalación de las sondas

La campaña de instalación de las sondas se realizó durante los días 07 y 11 de marzo de 2022, llevándose a cabo sobre los seis pozos previamente definidos. En cada uno de los pozos, los trabajos consistieron en:

1. Medida de profundidad del nivel freático. La profundidad del nivel freático se determinó con una sonda piezométrica electroacústica marca Solinst de precisión centimétrica.
2. Instalación de tubo guía. El tubo guía es un tubo de pvc de 1 pulgada de diámetro que se fijó en el brocal de cada pozo y a través del cual se introdujo la sonda y el respectivo cableado. Su función principal es asegurar que la sonda no entra en contacto con la bomba o cualquier otro elemento instalado en el pozo. Los tubos guía fueron ranurados en su tramo inferior para asegurar una óptima conectividad con el agua subterránea.
3. Instalación de caja protectora para la unidad de transmisión de datos. Dicha cubierta consiste en un armario PRFV con puerta abatible sobre marco angular y con sistema de cierre e instalación de candado. En cada pozo se instaló una caja protectora fijada al brocal, en zonas que asegurasen una correcta sujeción y no interfiriese en la operatividad del pozo.
4. Instalación de sondas. Una vez realizados los pasos descritos, se colocaron las sondas dentro de cada pozo a la profundidad mostrada en la Tabla 3.

A continuación, se adjuntan fichas de cada pozo donde se muestran las características de cada instalación así como fotografías ilustrativas.

Tabla 3. Instalación de sondas

Nombre	COD parcela CRCC	IGME ID	Elev. brocal (m s.n.m.)	Tipo de punto	Instalación sondas OTT *			
					Fecha	Prof. nivel piezométrico (m)	Prof. de la sonda (m)	Longitud tubo guía (m)
283810010	103120006	283810010	25.06	Pozo	07/03/2022	9.74	15.80	17.50
CC028	116240076	-	41.25	Pozo	11/03/2022	6.83	12.78	15.00
CC025	113190894	-	15.27	Sondeo en antigua ceña	07/03/2022	3.62	8.56	10.00
CC060	112040274	273870081	38.97	Antiguo molino	08/03/2022	14.01	18.65	-
CC062	109190351	-	38.37	Pozo	09/03/2022	5.95	12.00	12.50
-	107210070	-	34.90	Molino	10/03/2022	6.58	9.73	10.00

* Profundidades respecto a nivel del brocal

IDENTIFICACIÓN

ID: X UTM: Y UTM: Cota (msnm):

Código parcela CRCC: Propietario:

Municipio: Nombre:

Expediente (CHS): Teléfono: e-mail:

Fotografía de situación:



Mapa de situación:



EQUIPO DE IMPULSIÓN

Prof. Bomba (m): - Caudal max. (l/s): -
Diam. imp. (mm): - Pot. Bomba (Cv): -

USO

Uso: Riego Q medio uso (l/s): -
Q visita (l/s): - Vol. estimado (m3/año): -

DATOS SONDA OTT

Fecha instalación: 07/03/2022
Profundidad nivel piezométrico (m):
Profundidad instalación (m bajo N.P.): 4.94
Profundidad instalación (m bajo brocal): 8.57
Tubo guía instalado (m): 10.00

Acuífero: Cuaternario
Observaciones: -

IDENTIFICACIÓN

ID: X UTM: Y UTM: Cota (msnm):

Código parcela CRCC: Propietario:

Municipio: Nombre:

Expediente (CHS): Teléfono: e-mail:

Fotografía de situación:



Mapa de situación:



EQUIPO DE IMPULSIÓN

Prof. Bomba (m): - Caudal max. (l/s): -
Diam. imp. (mm): - Pot. Bomba (Cv): -

USO

Uso: Riego Q medio uso (l/s): -
Q visita (l/s): - Vol. estimado (m3/año): -

DATOS SONDA OTT

Fecha instalación: 11/03/2022
Profundidad nivel piezométrico (m):
Profundidad instalación (m bajo N.P.): 6.16
Profundidad instalación (m bajo brocal): 12.99
Tubo guía instalado (m): 15.00

Acuífero: Cuaternario
Observaciones: -

IDENTIFICACIÓN

ID: X UTM: Y UTM: Cota (msnm):

Código parcela CRCC: Propietario:

Municipio: Nombre:

Expediente (CHS): Teléfono: e-mail:

Fotografía de situación:



Mapa de situación:



EQUIPO DE IMPULSIÓN

Prof. Bomba (m): - Caudal max. (l/s): -
Diam. imp. (mm): - Pot. Bomba (Cv): -

USO

Uso: Riego Q medio uso (l/s): -
Q visita (l/s): - Vol. estimado (m3/año): -

DATOS SONDA OTT

Fecha instalación: 07/03/2022
Profundidad nivel piezométrico (m):
Profundidad instalación (m bajo N.P.): 4.64
Profundidad instalación (m bajo brocal): 18.65
Tubo guía instalado (m): -

Acuífero: Cuaternario
Observaciones: -

IDENTIFICACIÓN

ID: X UTM: Y UTM: Cota (msnm):

Código parcela CRCC: Propietario:

Municipio: Nombre:

Expediente (CHS): Teléfono: e-mail:

Fotografía de situación:



Mapa de situación:



EQUIPO DE IMPULSIÓN

Prof. Bomba (m): - Caudal max. (l/s): -
Diam. imp. (mm): - Pot. Bomba (Cv): -

USO

Uso: Riego Q medio uso (l/s): -
Q visita (l/s): - Vol. estimado (m3/año): -

DATOS SONDA OTT

Fecha instalación: 07/03/2022
Profundidad nivel piezométrico (m):
Profundidad instalación (m bajo N.P.): 6.05
Profundidad instalación (m bajo brocal): 12.00
Tubo guía instalado (m): 12.50

Acuífero: Cuaternario
Observaciones: -

IDENTIFICACIÓN

ID: X UTM: Y UTM: Cota (msnm):

Código parcela CRCC: Propietario:

Municipio: Nombre:

Expediente (CHS): Teléfono: e-mail:

Fotografía de situación:



Mapa de situación:



EQUIPO DE IMPULSIÓN

Prof. Bomba (m): - Caudal max. (l/s): -
Diam. imp. (mm): - Pot. Bomba (Cv): -

USO

Uso: - Q medio uso (l/s): -
Q visita (l/s): - Vol. estimado (m3/año): -

DATOS SONDA OTT

Fecha instalación: 07/03/2022
Profundidad nivel piezométrico (m):
Profundidad instalación (m bajo N.P.): 3.15
Profundidad instalación (m bajo brocal): 9.73
Tubo guía instalado (m): 10.00

Acuífero: Cuaternario
Observaciones: -

IDENTIFICACIÓN

ID: X UTM: Y UTM: Cota (msnm):
 Código parcela CRCC: Propietario:
 Municipio: Nombre:
 Expediente (CHS): Teléfono: e-mail:

Fotografía de situación:



Mapa de situación:



EQUIPO DE IMPULSIÓN

Prof. Bomba (m): 25 Caudal max. (l/s): -
 Diam. imp. (mm): - Pot. Bomba (Cv): -

USO

Uso: Riego Q medio uso (l/s): -
 Q visita (l/s): - Vol. estimado (m3/año): -

DATOS SONDA OTT

Fecha instalación: 07/03/2022
 Profundidad nivel piezométrico (m):
 Profundidad instalación (m bajo N.P.): 6.07
 Profundidad instalación (m bajo brocal): 15.81
 Tubo guía instalado (m): 17.50

Acuífero: Cuaternario
 Observaciones: -

Document à accès immédiat

Réseau de suivi de la nappe alluviale de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron dans le Tarn-et-Garonne. Travaux réalisés dans le cadre de l'Interreg SUDOE AQUIFER


Rapport final


BRGM/RP-72392-FR

Version 0 du 24 novembre 2022

Étude réalisée dans le cadre des projets de recherche et développement

Sandra Béranger, Pierre Le Cointe

Vérificateur :	
Nom :	Thomas KLINKA
Fonction :	Hydrogéologue
Date :	20/12/2022
Signature :	

Approbateur :	
Nom :	AV. HAU-BARRAS
Fonction :	Directrice régionale déléguée
Date :	19/01/2023
Signature :	

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr

Ce rapport a été réalisé en partenariat avec :

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctg> ou par ce code :



Mots clés : Réseau piézométrique, nappe alluviale, Tarn-et-Garonne, SUDOE, AQUIFER, suivi piézométrique, modèle hydrogéologique, casier hydrogéologique.

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

Sandra Béranger, Pierre Le Cointe (2022) – Réseau de suivi de la nappe alluviale de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron dans le Tarn-et-Garonne. Travaux réalisés dans le cadre de l'Interreg SUDOE AQUIFER. Rapport final V0. BRGM/RP-72392-FR, 42 p.

© BRGM, 2022, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-22/09/2022

Synthèse

La plaine alluviale du département de Tarn-et-Garonne couvre une surface de près de 1 000 km², représentant 30 % de la superficie du département. Elle se situe à la confluence de trois grands cours d'eau : la Garonne, le Tarn et l'Aveyron. Ce territoire agricole comporte de nombreux puits d'exploitation situés dans la basse terrasse, la basse plaine et les alluvions récentes de la Garonne. Ces prélèvements, particulièrement importants en période estivale pour l'irrigation des cultures mais aussi l'arrosage des jardins particuliers, constituent un volume d'eau potentiellement soustrait aux rivières pour le soutien de leur débit d'étiage.

Le besoin de gérer très finement la ressource a conduit au développement d'un outil d'aide à la gestion de la ressource à destination des services chargés de la gestion de la ressource en eau, à savoir les Organismes Uniques de Gestion Collective (OUGC), et les services de l'État chargés de la Police de l'Eau. Cet outil se base sur un modèle hydrodynamique maillé, créé dès 1996 et mis à jour à plusieurs reprises, la dernière fois en 2016, permettant d'adapter la délivrance des autorisations de prélèvement pour l'irrigation à l'état de la nappe au début du printemps.

Le développement de nouveaux outils, l'amélioration des connaissances et la disponibilité de chroniques de suivi de la nappe alluviale suffisamment longues permettent aujourd'hui d'affiner les travaux réalisés en 2016 pour améliorer les outils mis à disposition des gestionnaires de l'eau pour une gestion durable de la ressource alluviale sur le département de Tarn-et-Garonne.

Le projet SUDOE AQUIFER a permis de bénéficier des fonds FEDER et des compétences de 8 autres partenaires pour étendre le réseau de suivi de la nappe alluviale existant sur cette zone d'étude afin de disposer de données visant à affiner la gestion des autorisations de prélèvement pour l'irrigation. Initialement doté de 5 points de suivi, ce territoire est maintenant doté de 14 points de suivi enregistrant en temps réel, au pas de temps horaire, la profondeur de la nappe sur tous les ouvrages, sa température et sa conductivité sur 8 ouvrages. Ce réseau permet de couvrir le suivi de 14 des 15 zones de gestion baptisées « casiers hydrogéologiques » les plus prélevées en eau souterraine (sur un total de 21 zones).

La mise en place de ce réseau permettra de mieux suivre l'évolution du niveau de la nappe alluviale et l'impact des prélèvements. Il permettra également d'affiner la calibration du modèle hydrodynamique maillé, de développer des modèles permettant de prévoir le niveau de la nappe alluviale à 6 mois en fonction de différents scénarios climatiques et de mieux estimer les volumes prélevables par casier hydrogéologique en fonction de l'état de la ressource en cours ou en fin de période de recharge.

Sommaire

1. Contexte et objectifs de l'étude.....	7
2. Choix des points de suivi.....	8
2.1. Les casiers hydrogéologiques.....	8
2.2. Réseau de suivi quantitatif.....	9
2.2.1. Réseau de suivi quantitatif existant.....	9
2.2.2. Réseau de suivi quantitatif complémentaire.....	10
2.2.3. Réseau de suivi à l'issu du projet SUDOE AQUIFER.....	12
3. Réalisation des forages.....	13
3.1. Forage de Donzac.....	13
3.2. Forage de Finhan.....	15
3.3. Forage de Savenès.....	18
3.4. Forage de Valence d'Agen.....	21
4. Equipement des points de suivi.....	24
4.1. Choix du matériel.....	24
4.2. Installation du matériel.....	25
4.3. Enregistrement des chroniques.....	32
4.4. Maintenance.....	37
5. Conclusion.....	38
6. Bibliographie.....	39

Liste des illustrations

Illustration 1 – Carte des 21 casiers hydrogéologiques.....	9
Illustration 2 – Moyenne 2013 – 2020 des autorisations de prélèvements annuels en eau souterraine par casier.....	10
Illustration 3 – Carte des casiers hydrogéologiques les plus prélevés.....	11
Illustration 4 – Réseau de suivi de la nappe alluviale de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron dans le département de Tarn-et-Garonne.....	12
Illustration 5 – Localisation du forage BSS004DFVG - Donzac.....	13
Illustration 6 – Réalisation du forage BSS004DFVG - Donzac.....	14
Illustration 7 – Coupes géologique et technique du forage BSS004DFVG - Donzac.....	15
Illustration 8 – Localisation du forage BSS004DFVQ - Finhan.....	16
Illustration 9 – Réalisation du forage BSS004DFVQ - Finhan.....	17
Illustration 10 – Coupes géologique et technique du forage BSS004DFVQ - Finhan.....	18
Illustration 11 – Localisation du forage BSS004DFVP - Savenès.....	19
Illustration 12 – Réalisation du forage BSS004DFVP - Savenès.....	20
Illustration 13 – Coupes géologique et technique du forage BSS004DFVP - Savenès.....	21
Illustration 14 – Localisation du forage BSS004DFVR – Valence d'Agen.....	22
Illustration 15 – Réalisation du forage BSS004DFVR – Valence d'Agen.....	23

Illustration 16 – Coupes géologique et technique du forage BSS004DFVR – Valence d’Agen .	24
Illustration 17 – Installation de la sonde sur le point BSS002DACM (Garnouillac, Commune de Castelsarrasin).....	25
Illustration 18 – Installation de la sonde sur le point BSS004DFVR (Valence Quercy, Commune de Valence d’Agen).....	26
Illustration 19 – Installation de la sonde sur le point BSS004DFVG (Donzac, commune de Donzac)	27
Illustration 20 – Installation de la sonde sur le point BSS002DCXR (Escatalens, Commune de Escatalens).....	28
Illustration 21 – Installation de la sonde sur le point BSS002DDXS (Callory, Commune de Labastide-Saint-Pierre)	29
Illustration 22 – Installation de la sonde sur le point BSS004DFVQ (Finhan, Commune de Finhan)	30
Illustration 23 – Installation de la sonde sur le point BSS004DFVP (Savenès, Commune de Savenès)	30
Illustration 24 – Installation de la sonde sur le point BSS002EGZN (Bezette, Commune de Savenès)	31
Illustration 25 – Installation de la sonde sur le point BSS004DFVD (Nègrepelisse, Commune de Nègrepelisse).....	32
<i>Illustration 26 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS002DACM (Garnouillac, commune de Castelsarrasin)</i>	<i>33</i>
<i>Illustration 27 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS004DFVR – Valence Quercy, commune de Valence d’Agen</i>	<i>33</i>
<i>Illustration 28 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS004DFVG - Donzac, commune de Donzac.....</i>	<i>34</i>
<i>Illustration 29 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS002DCXR - Escatalens, Commune de Escatalens.....</i>	<i>35</i>
<i>Illustration 30 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS002DDXS - Callory, Commune de Labastide-Saint-Pierre.....</i>	<i>35</i>
Illustration 31 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS004DFVQ - Finhan, Commune de Finhan	36
Illustration 32 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS004DFVP - Savenès, Commune de Savenès.....	36
Illustration 33 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS002EGZN - Bezette, Commune de Savenès	37
Illustration 34 - Côte piézométrique et température enregistrées sur le point BSS004DFVD, Nègrepelisse, commune de Nègrepelisse.....	37

Liste des annexes

Annexe 1 - Fiches ouvrages	40
----------------------------------	----

1. Contexte et objectifs de l'étude

La plaine alluviale du département français de Tarn-et-Garonne couvre une surface de près de 1 000 km², représentant 30 % de la superficie du département. Elle se situe à la confluence de trois grands cours d'eau : la Garonne, le Tarn et l'Aveyron. L'altitude de ce territoire varie entre 50 et 210 m NGF. La plaine est encadrée par les coteaux molassiques de Lomagne et du Quercy Blanc et, à l'est, par les plateaux karstiques du causse de Caylus, faisant partie des causses du Quercy.

Il s'agit d'un territoire agricole, où l'irrigation des cultures représente le principal usage de l'eau, et notamment de l'eau souterraine. De nombreux puits d'exploitation sont situés dans la basse terrasse, la basse plaine et les alluvions récentes de la Garonne. Ces prélèvements, particulièrement importants en période estivale pour l'irrigation des cultures mais aussi l'arrosage des jardins de particuliers, constituent un volume d'eau potentiellement soustrait aux rivières pour le soutien de leur débit d'étiage.

Les systèmes aquifères libres de cette plaine sont cernés à l'amont par des limites étanches constituées de formations molassiques peu perméables et sont drainés en aval par les grandes rivières. L'encaissement des cours d'eau dans le substratum molassique sous-jacent induit un phénomène de drainage de la nappe quasi univoque, en limitant fortement la réalimentation de celle-ci par les eaux de surface en période de crue. L'alimentation des nappes est donc restreinte à la pluviométrie (et, dans une moindre mesure, au déversement des nappes des terrasses sus-jacentes), ce qui rend le potentiel de recharge de ces nappes particulièrement sensible aux variations climatiques annuelles.

La gestion des réserves en eau des nappes libres alluviales, parfaitement circonscrites en systèmes aquifères permettant une gestion comptable pertinente de l'eau, nécessite la connaissance de leur fonctionnement à des degrés divers déterminés suivant le niveau de gestion souhaité. Ce niveau de gestion est bien souvent fonction du rapport existant entre les réserves en eau et les besoins exprimés. Si les besoins sont du même ordre de grandeur que les réserves disponibles, le niveau de connaissance devra être élevé afin de gérer très finement la ressource.

C'est ainsi que la nappe alluviale de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron a été l'objet d'un modèle hydrodynamique maillé développé en 1996 et mis à jour pour la dernière fois en 2016 (Bardeau M. et Le Cointe P., 2016). L'objectif de ces modèles était de fournir aux services chargés de la gestion de la ressource en eau, à savoir les Organismes Uniques de Gestion Collective (OUGC), et les services de l'État chargés de la Police de l'Eau, un outil d'aide à la gestion de la ressource alluviale permettant la délivrance des autorisations de prélèvement pour l'irrigation.

L'émergence de nouveaux outils, l'amélioration des connaissances et la disponibilité de chroniques de suivi de la nappe alluviale suffisamment longues permettent aujourd'hui d'affiner les travaux réalisés en 2016 pour améliorer les outils mis à disposition des gestionnaires de l'eau pour une gestion durable de la ressource alluviale sur le département de Tarn-et-Garonne.

Ce territoire a donc été proposé comme secteur d'étude dans le cadre du projet interreg SUDOE (www.interreg-sudoe.eu) « AQUIFER » qui vise à "capitaliser, tester, diffuser et transférer des pratiques innovantes pour la préservation, le suivi et la gestion intégrée des aquifères, pour aider à prendre des décisions concernant la gestion des ressources en eau souterraine, améliorer le transfert de technologie vers les acteurs locaux, créer de nouvelles synergies et développer des outils communs dans un contexte de raréfaction des ressources en eau et de menaces environnementales".

Bénéficiant des fonds FEDER et des compétences de 8 autres partenaires, le BRGM a proposé d'étendre le réseau de suivi existant sur cette zone d'étude afin de disposer de données permettant de faire évoluer l'outil existant de gestion des autorisations de prélèvement pour l'irrigation en un outil innovant et transférable sur d'autres bassins.

Le présent rapport détaille donc le choix des nouveaux points de suivi (chapitre 2), la foration de nouveaux piézomètres (chapitre 3) et l'équipement de ces ouvrages en enregistreurs de niveau d'eau, de température et de conductivité télétransmis en temps réel (chapitre 4).

2. Choix des points de suivi

2.1. LES CASIERS HYDROGEOLOGIQUES

Lorsque le modèle hydrodynamique maillé de la plaine alluviale de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron a été développé en 1996, il a été couplé à un outil de gestion des prélèvements agricoles ayant pour vocation la valorisation des résultats du modèle par le biais d'une application facile à utiliser. L'aquifère alluvial avait alors été découpé en 58 zones de gestion baptisées « casiers hydrogéologiques » définis en fonction de :

- La géologie et la géomorphologie,
- Les crêtes piézométriques et sens d'écoulement,
- Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère,
- La densité des prélèvements.

Lors de la dernière mise à jour de ce modèle en 2016 (Bardeau M. et Le Cointe P., 2016), le contour des casiers hydrogéologiques a été revu afin de :

- Diminuer le nombre de casiers, dans un souci de simplification de la gestion des prélèvements,
- Prendre en compte les critères hydrogéologiques et réglementaires,
- Proposer un réseau de suivi quantitatif permettant de caractériser l'évolution du niveau piézométrique dans ces nouveaux casiers.

Ce nouveau travail de découpage a abouti à la création de **21 casiers hydrogéologiques** découpés en tenant compte de :

- La géologie et la géomorphologie,
- Les crêtes piézométriques et sens d'écoulement,
- Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère,
- Le contour des périmètres élémentaires (et des Organismes Uniques en charge de ces périmètres),
- La densité des points de prélèvements agricoles.

La répartition géographique de ces casiers hydrogéologiques est reprise sur l'illustration 1.

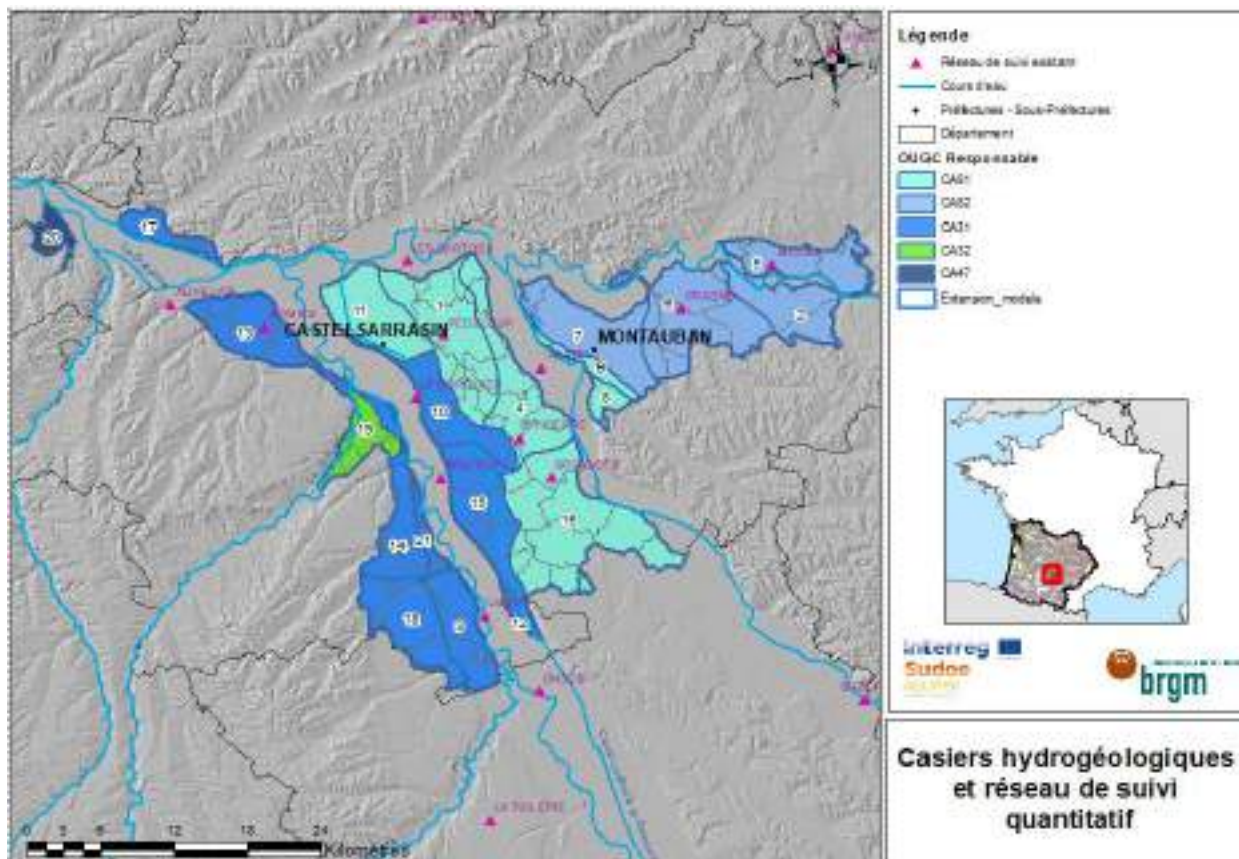


Illustration 1 – Carte des 21 casiers hydrogéologiques

2.2. RESEAU DE SUIVI QUANTITATIF

Afin de gérer durablement la ressource en eau de la plaine alluviale du Tarn-et-Garonne, un réseau de suivi adapté est nécessaire. Il est proposé de suivre au moins un point de suivi par casier hydrogéologique.

2.2.1. Réseau de suivi quantitatif existant

Jusqu'à présent, 5 casiers sont suivis par des piézomètres du réseau DCE suivi par le BRGM (n°1, 4, 5, 6 et 13, cf. Illustration 1). Ces ouvrages, suivis depuis 20 à 30 ans, sont pérennes et disposent de chroniques de suivi suffisamment longues pour être exploitées à des fins statistiques et de gestion de la ressource. Il s'agit des points de :

- Pédeloup ([BSS002DAWQ](#), Commune de La Ville-Dieu-Du-Temple, casier 1),
- St Pierre ([BSS002DDZV](#), Commune de Lacourt-Saint-Pierre, casier 4),
- Bioule ([BSS002DEZW](#), Commune de Bioule, casier 5),
- Pradas ([BSS002DETB](#), Commune de Saint-Etienne-de-Tulmont, casier 6),
- Pomiès ([BSS002CZMA](#), Commune de Saint-Nicolas-de-la-Grave, casier 13).

Ces piézomètres sont équipés de sondes de pression avec enregistreurs et télétransmission des données. Ces données sont bancarisées bimensuellement par le BRGM dans le portail ADES (<https://ades.eaufrance.fr/>) avec le concours de l'Office Français de la Biodiversité.

2.2.2. Réseau de suivi quantitatif complémentaire

Le projet SUDOE AQUIFER a prévu la foration de 4 nouveaux piézomètres et l'équipement de 9 nouveaux ouvrages en sondes d'enregistrement avec télétransmission des données en temps réel. Il a été choisi de prioriser l'équipement des casiers par ordre de volumes prélevés d'eau souterraine décroissant.

En analysant les autorisations de prélèvements en eau souterraine par casier sur la période 2013 – 2020 (cf. Illustration 2), les 15 casiers présentant des volumes supérieurs ou proches de 100 000 m³ prélevés par an en moyenne sont (par ordre de volumes prélevés décroissants) :

- Casier 1 : déjà équipé par le point de suivi de Pédeloup ([BSS002DAWQ](#), Commune de La Ville-Dieu-Du-Temple),
- Casier 11,
- Casier 4 : déjà équipé par le point de suivi de St Pierre ([BSS002DDZV](#), Commune de Lacourt-Saint-Pierre),
- Casier 6 : déjà équipé par le point de suivi de Pradas ([BSS002DETB](#), Commune de Saint-Etienne-de-Tulmont),
- Casier 13 : déjà équipé par le point de suivi de Pomiès ([BSS002CZMA](#), Commune de Saint-Nicolas-de-la-Grave),
- Casier 16,
- Casier 5 : déjà équipé par le point de suivi de Bioule ([BSS002DEZW](#), Commune de Bioule),
- Casier 2,
- Casier 20,
- Casier 3,
- Casier 15,
- Casier 21,
- Casier 10,
- Casier 17,
- Casier 18.

Somme des volumes (en m3) prélevables pour l'irrigation autorisés par casier et par année											
No casier	Nom casier	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Moy. 2013-2020	Total 2013-2020
1	CASIER TARN 2016-01	272 015	868 432	1 009 775	684 075	801 826	806 126	686 875	484 585	701 714	5 613 709
2	CASIER AVEYRON 2016-02	0	360 300	319 470	232 925	287 004	251 004	243 140	296 500	248 793	1 990 343
3	CASIER GARONNE UG_4 2016-03	150 775	251 725	381 375	64 750	279 750	242 750	152 750	254 750	222 328	1 778 625
4	CASIER TARN 2016-04	0	724 000	615 400	474 000	482 400	448 400	510 000	427 500	460 213	3 681 700
5	CASIER AVEYRON 2016-05	0	541 160	498 479	341 505	301 341	307 692	267 060	307 200	320 555	2 564 437
6	CASIER AVEYRON 2016-06	0	893 029	762 931	349 756	331 228	350 181	406 140	410 730	437 999	3 503 995
7	CASIER AVEYRON 2016-07	0	133 600	97 600	35 167	47 916	56 072	72 680	48 720	61 469	491 755
8	CASIER TARN 2016-08	0	6 950	12 200	10 700	10 020	4 960	2 740	1 700	6 159	49 270
9	CASIER TARN 2016-09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	CASIER GARONNE UG_3 2016-10	161 602	261 417	108 238	189 812	164 317	151 895	94 911	120 831	156 628	1 253 023
11	CASIER TARN 2016-11	41 937	865 340	883 971	743 600	696 000	598 000	581 200	621 400	628 931	5 031 448
12	CASIER GARONNE UG_4 2016-12	28 212	22 812	7 937	22 300	23 000	23 200	23 000	30 000	22 558	180 461
13	CASIER GARONNE UG_3 2016-13	489 969	503 322	444 840	338 773	387 476	419 514	327 014	454 985	420 737	3 365 893
14	CASIER GARONNE UG_3 2016-14	63 114	83 114	73 959	666	41 000	44 000	37 600	34 000	47 182	377 453
15	CASIER GARONNE UG_3 2016-15	854 351	167 136	127 545	80 196	70 945	73 700	83 365	193 965	193 650	1 549 203
16	CASIER TARN 2016-16	0	536 540	525 195	505 250	396 650	351 650	325 450	433 550	384 286	3 074 285
17	CASIER GARONNE UG_3 2016-17	181 594	181 594	176 610	107 799	122 300	133 110	110 010	130 510	142 941	1 143 527
18	CASIER GARONNE UG_4 2016-18	148 000	148 000	129 500	28 500	162 124	114 750	34 000	18 000	97 859	782 874
19	CASIER GARONNE UG_3 2016-19	0	0	0	12 000	10 000	5 000	10 000	10 000	5 875	47 000
20	CASIER GARONNE UG_2 2016-20	226 576	306 636	294 886	201 761	210 533	210 533	210 533	246 438	238 487	1 907 896
21	CASIER GARONNE UG_3 2016-21	66 640	74 970	118 560	311 920	118 640	212 280	212 000	217 000	166 501	1 332 010
Total général		2 684 785	6 930 077	6 588 471	4 735 455	4 944 470	4 804 817	4 390 468	4 640 364	4 964 863	39 718 907

Illustration 2 – Moyenne 2013 – 2020 des autorisations de prélèvements annuels en eau souterraine par casier

La localisation des casiers hydrogéologiques les plus prélevés est reprise sur l'illustration 3.

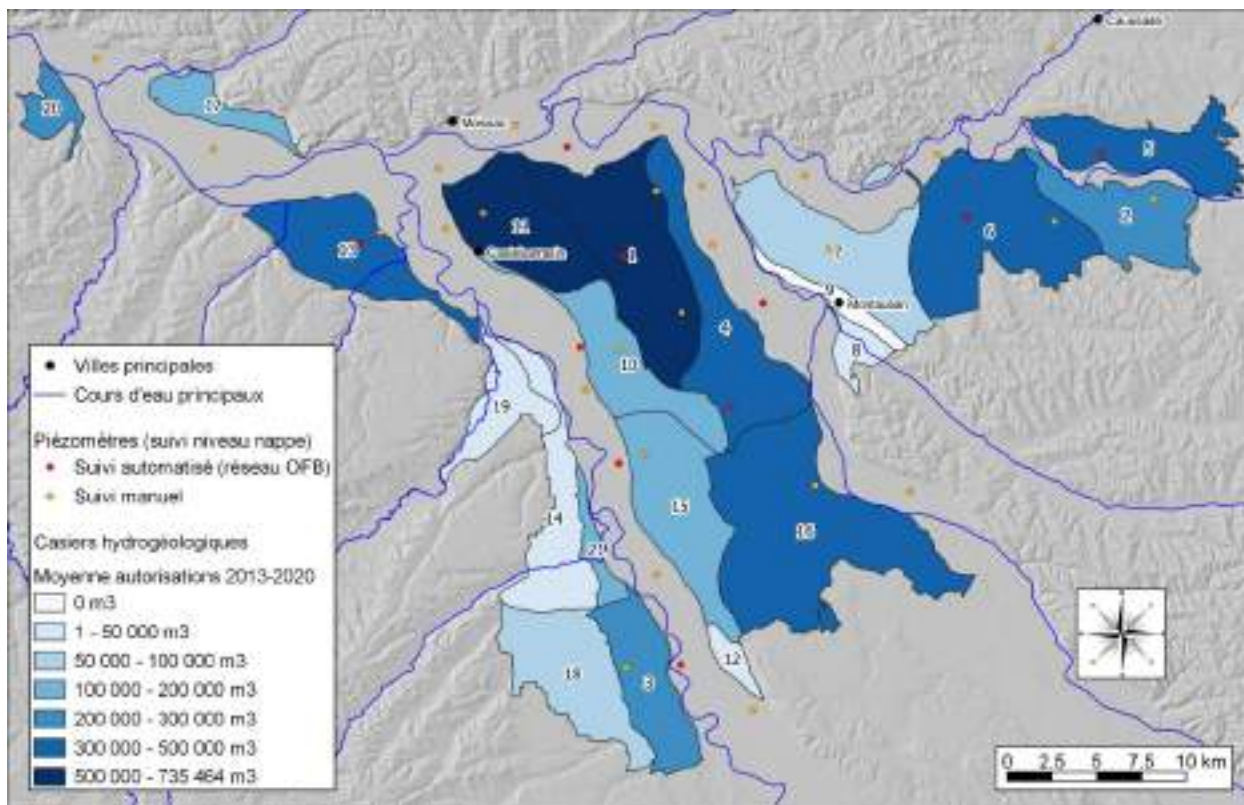


Illustration 3 – Carte des casiers hydrogéologiques les plus prélevés

À partir de cette analyse et en reprenant les points de suivi manuels utilisés lors de la calibration du modèle hydrogéologique maillé, une visite de terrain a été réalisée afin de vérifier le bon état des puits suivis historiquement, la possibilité d'équiper ces puits avec des sondes d'enregistrement automatique télétransmises et d'échanger avec le propriétaire de l'ouvrage pour avoir son aval afin de réaliser un tel équipement. Cette visite a permis d'identifier 5 casiers, avec 5 puits suivis historiquement, pouvant être équipés d'enregistreurs automatiques. Il s'agit des casiers :

- Casier 11 : point de suivi de Garnouillac ([BSS002DACM](#), commune de Castelsarrasin),
- Casier 16 : point de suivi de Callory ([BSS002DDXS](#), commune de Labastide-Saint-Pierre),
- Casier 2 : point de suivi de Nègrepelisse ([BSS004DFVD](#), commune de Nègrepelisse) – puits suivi historiquement régulièrement à sec en période d'étiage, puits de remplacement trouvé sur domaine public et repris ci-dessus,
- Casier 3 : point de suivi de Bezette ([BSS002EGZN](#), commune de Savenès),
- Casier 10 : point de suivi de Escatalens ([BSS002DCXR](#), commune de Escatalens).

Les autres casiers ne présentaient pas de points suivis historiquement ou ces points ne permettaient pas un suivi approprié de la nappe alluviale, pour différentes raisons (implantation à proximité d'un cours d'eau, puits en mauvais état, pas d'accord du propriétaire, etc.). Aussi, une visite de terrain et des rencontres avec les mairies locales ont été organisées afin de définir des parcelles en domaine public permettant l'implantation d'un nouveau piézomètre. Quatre communes ont ainsi été sollicitées et ont répondu positivement à notre demande, ce qui a permis la foration de 4 piézomètres (cf. chapitre 3) :

- Casier 20 : point de suivi de Donzac ([BSS004DFVG](#), commune de Donzac),
- Casier 15 : point de suivi de Finhan ([BSS004DFVQ](#), commune de Finhan),

- Casier 17 : point de suivi de Valence_Quercy ([BSS004DFVR](#), commune de Valence d'Agen),
- Casier 18 : point de suivi de Savenès ([BSS004DFVP](#), commune de Savenès).

À l'issue de ce travail, seul le casier 21 présentant un volume prélevé de plus de 100 000 m³ par an en moyenne sur la période 2013-2020 ne dispose pas de point de suivi. Il est toutefois contigu au casier 3, la séparation entre les deux étant dû au seul fait qu'ils ne sont pas dans le même périmètre élémentaire de gestion, sachant que ces derniers ont été établis pour la gestion des eaux superficielles.

2.2.3. Réseau de suivi à l'issue du projet SUDOE AQUIFER

Le projet SUDOE AQUIFER a permis de forer 4 nouveaux piézomètres et d'équiper 9 points de suivis supplémentaires, ce qui porte à 14 le nombre de points enregistrant de façon automatique la profondeur de la nappe alluviale au pas de temps horaire dans les casiers de gestion des eaux souterraines de la plaine alluviale de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron dans le département du Tarn-et-Garonne. Certains de ces points permettent également d'enregistrer la température et la conductivité. L'ensemble de ces données est télétransmis en temps réel.

Le réseau de suivi de la plaine alluviale de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron dans le Tarn-et-Garonne est repris sur l'illustration 4. Chacun des nouveaux points de suivi a fait l'objet d'une convention avec le propriétaire de la parcelle, qu'il soit privé ou public. Ces conventions sont conservées au BRGM.

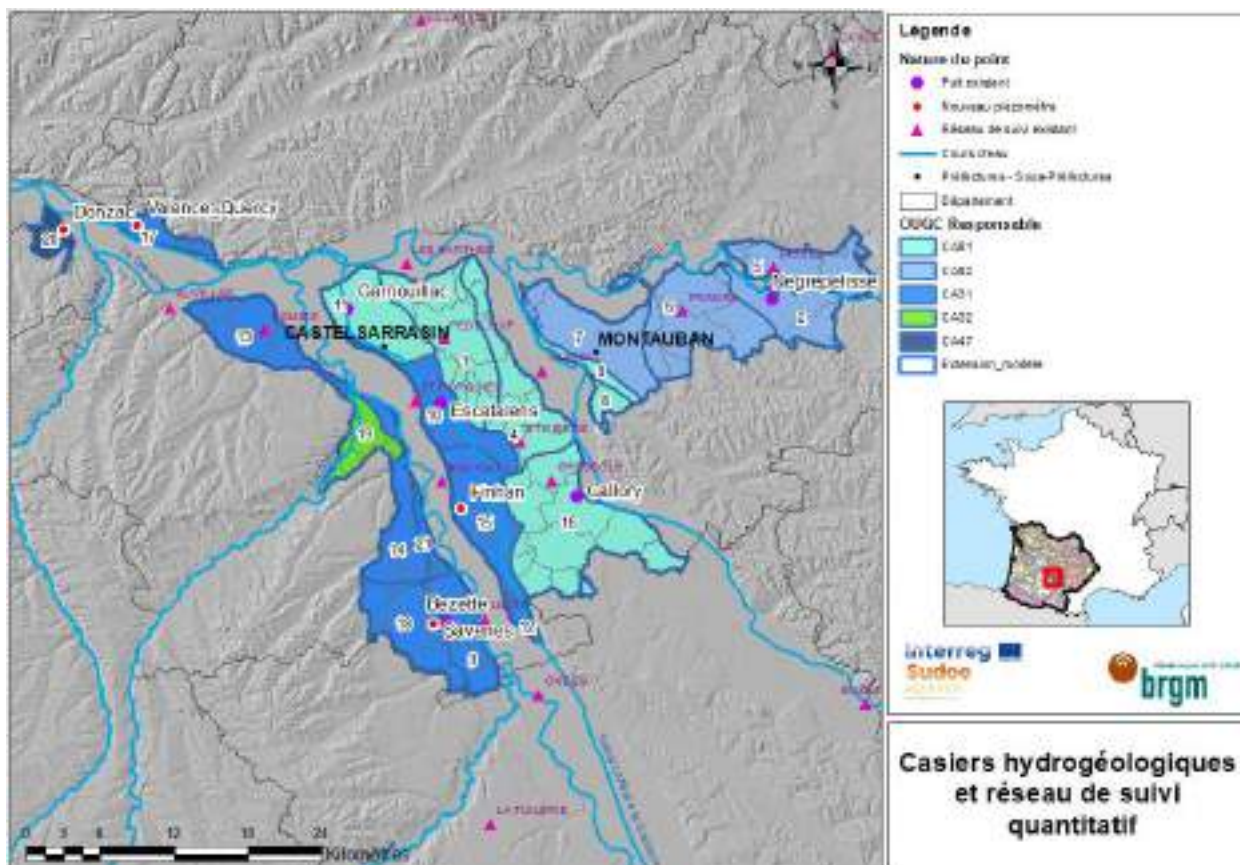


Illustration 4 – Réseau de suivi de la nappe alluviale de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron dans le département de Tarn-et-Garonne

Les chapitres suivants détaillent la foration des 4 nouveaux piézomètres (chapitre 3) et l'équipement des 9 nouveaux points de suivi (chapitre 4).

3. Réalisation des forages

Quatre forages ont été réalisés sur les communes de Donzac, Finhan, Savenès et Valence d'Agen du 21 au 25 mars 2022 par l'entreprise de forages SOGAMA. La localisation, les photos de chantier, les coupes géologiques et techniques de ces forages sont disponibles dans les paragraphes suivants.

3.1. FORAGE DE DONZAC

Le forage de Donzac est localisé dans l'enceinte du Conservatoire des Métiers d'Autrefois, comme indiqué sur l'illustration 5. Il a été créé dans la banque de données du sous-sol et porte le code **BSS004DFVG**

(<http://ficheinfoterre.brgm.fr/InfoterreFiche/ficheBss.action?id=BSS004DFVG>).

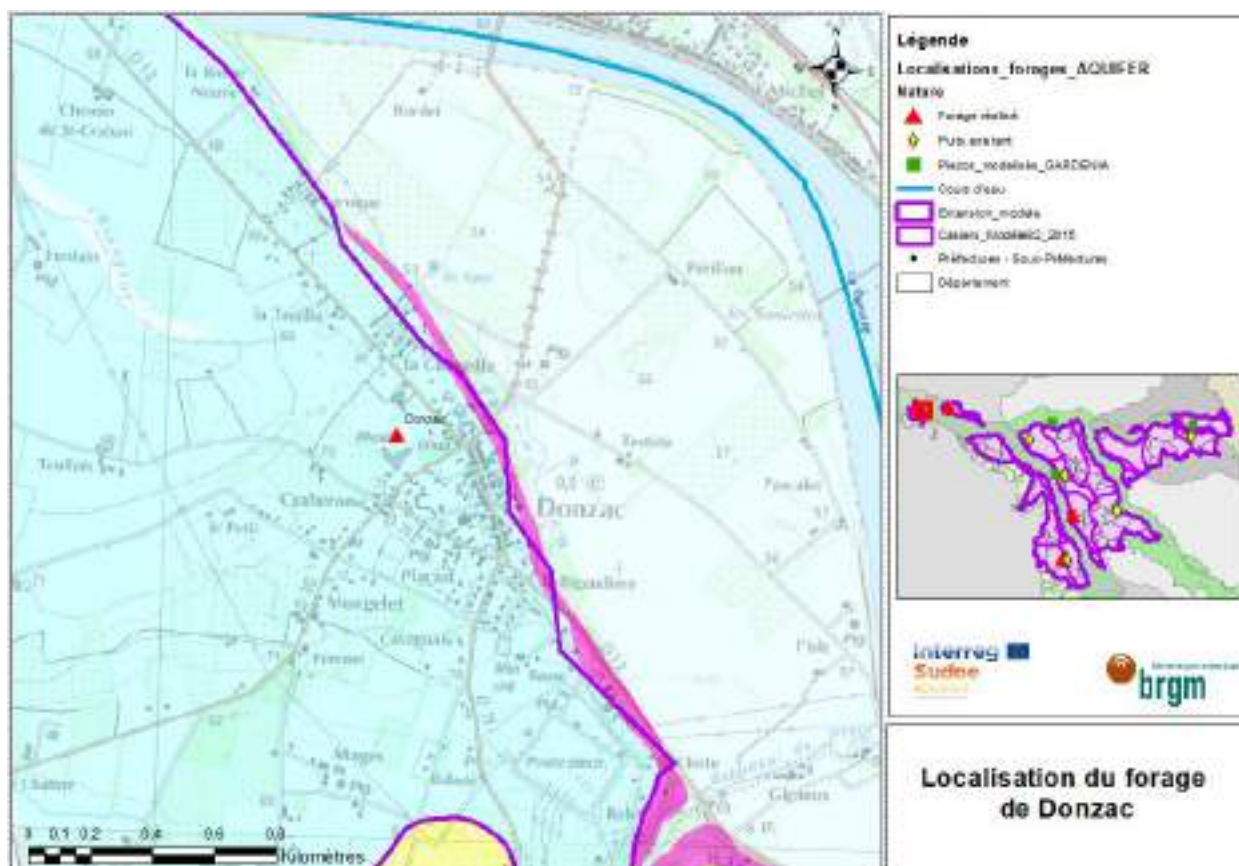


Illustration 5 – Localisation du forage BSS004DFVG - Donzac

Cet ouvrage a été foré dans les alluvions, dont le mur a été rencontré à 11.90 m de profondeur. Le forage a été arrêté à **14 m de profondeur**, dans la molasse qui a été forée sur 2.1 m. Il a été rebouché de 14 à 12 m de profondeur puis **crépiné sur la hauteur des alluvions**, de 4 à 12 m

de profondeur. Les coupes géologique et technique sont disponibles sur l'illustration 7. Les photos de chantier sont disponibles sur l'illustration 6.

Ce point d'eau capte l'entité BD-LISA (version 2) 946AA05 - alluvions de la Garonne moyenne, de la confluence du Salat à la confluence du Lot et recoupe la masse d'eau FRFG020D – Alluvions de la Garonne moyenne, entre Golfech et la confluence du Lot.



Illustration 6 – Réalisation du forage BSS004DFVG - Donzac

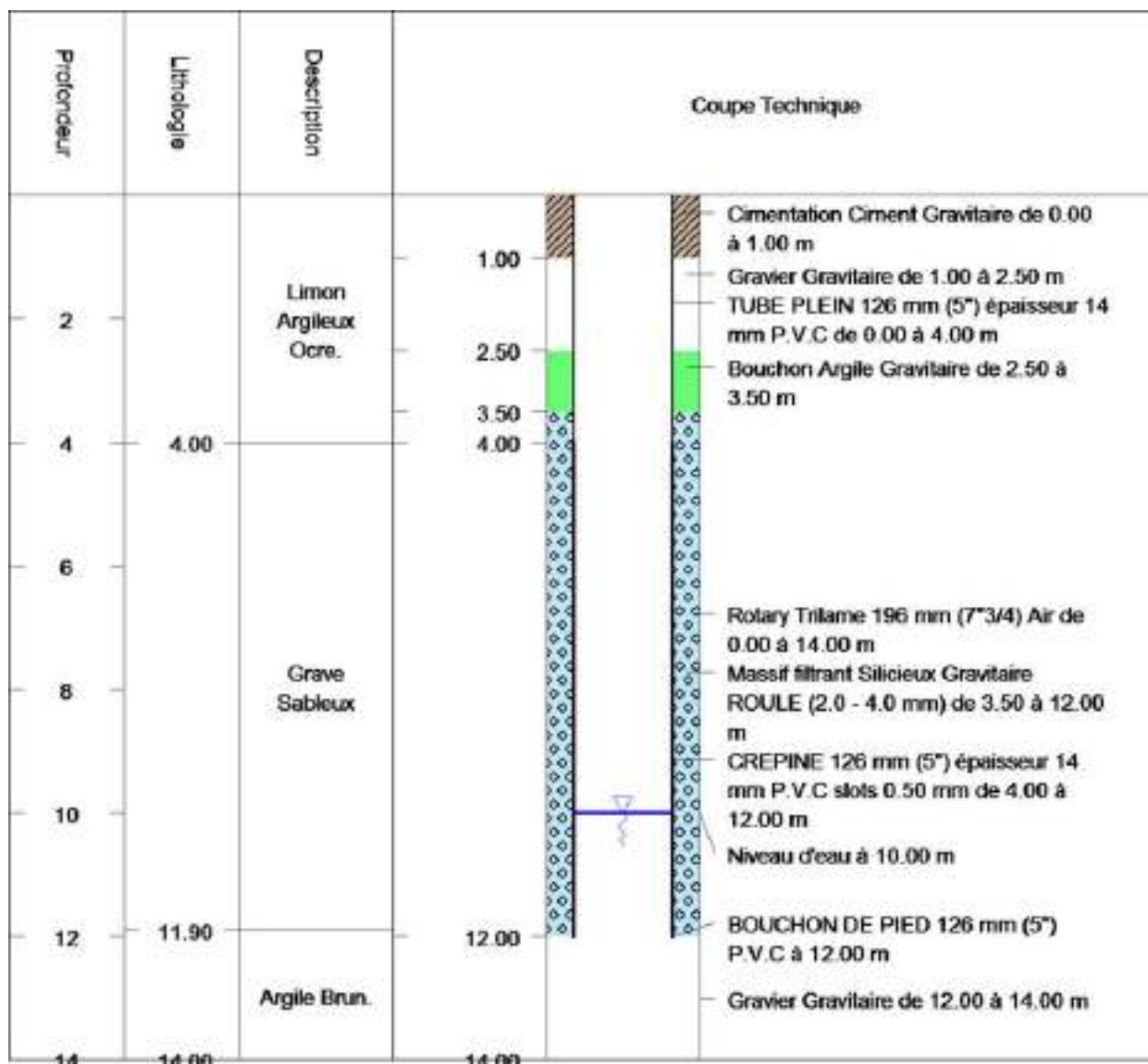


Illustration 7 – Coupes géologique et technique du forage BSS004DFVG - Donzac

3.2. FORAGE DE FINHAN

Le forage de Finhan est localisé dans l'enceinte du château d'eau, comme indiqué sur l'illustration 8. Il a été créé dans la banque de données du sous-sol et porte le code **BSS004DFVQ** (<http://ficheinfoterre.brgm.fr/InfoterreFiche/ficheBss.action?id=BSS004DFVQ>).

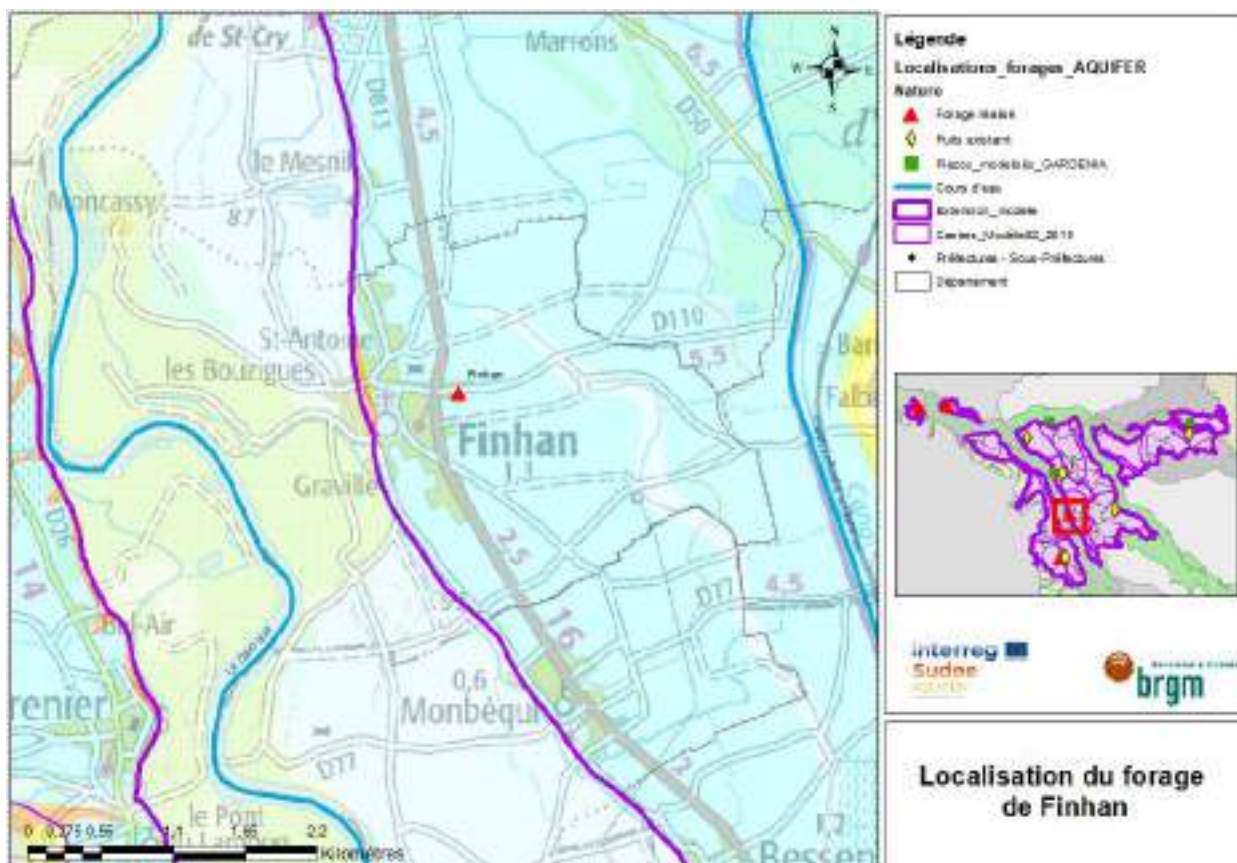


Illustration 8 – Localisation du forage BSS004DFVQ - Finhan

Cet ouvrage a été foré dans les alluvions, dont le mur a été rencontré à 6.5 m de profondeur. Le forage a été arrêté à **7.2 m de profondeur**, dans la molasse. Il a été rebouché entre 7.2 m et 6.5 m de profondeur puis **crépiné sur la hauteur des alluvions**, de 2.5 m à 6.5 m de profondeur. Les coupes géologique et technique sont disponibles sur l'illustration 10. Les photos de chantier sont disponibles sur l'illustration 6. Ce point d'eau capte l'entité BD-LISA (version 2) 946AA05 - alluvions de la Garonne moyenne, de la confluence du Salat à la confluence du Lot et recoupe la masse d'eau FRFG020C – Alluvions de la Garonne moyenne, entre Toulouse et Golfech.



Illustration 9 – Réalisation du forage BSS004DFVQ - Finhan

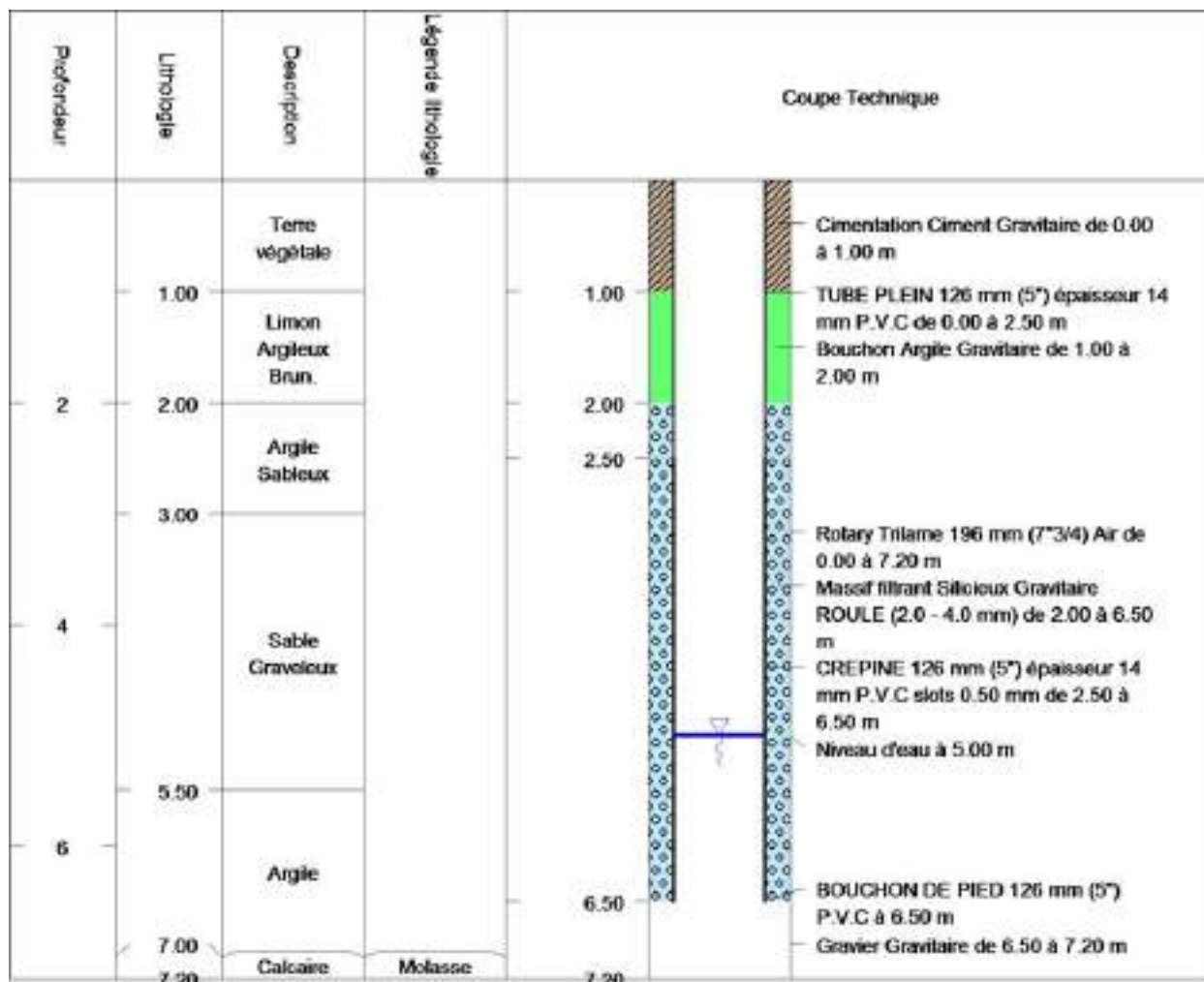


Illustration 10 – Coupes géologique et technique du forage BSS004DFVQ - Finhan

3.3. FORAGE DE SAVENES

Le forage de Savenès est localisé à proximité de l'école, comme indiqué sur l'illustration 11. Il a été créé dans la banque de données du sous-sol et porte le code **BSS004DFVP** (<http://ficheinfoterre.brgm.fr/InfoterreFiche/ficheBss.action?id=BSS004DFVP>).

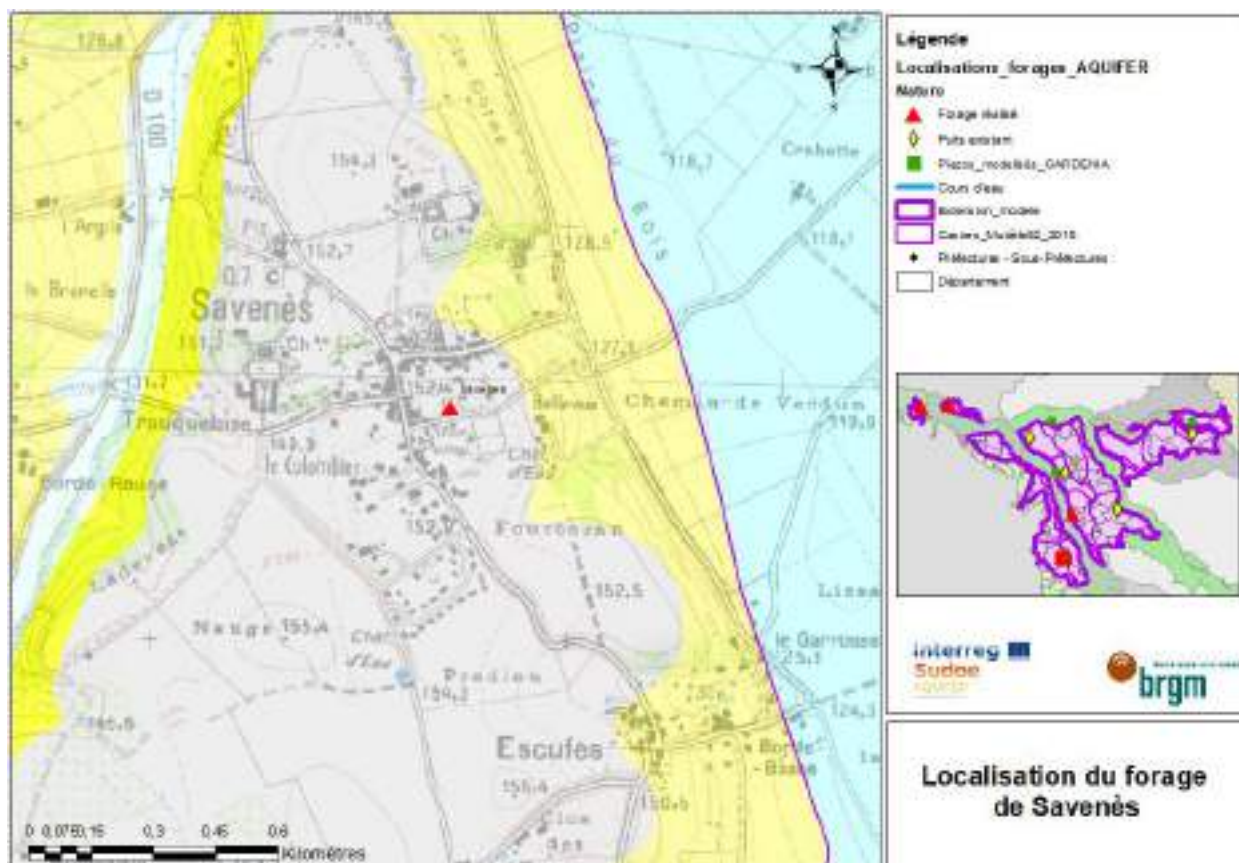


Illustration 11 – Localisation du forage BSS004DFVP - Savenès

Cet ouvrage a été foré dans les alluvions, dont le mur a été rencontré à 11.5 m de profondeur. Le forage a été arrêté à **12.2 m de profondeur**, dans la molasse qui a été forée sur 0.7 m. Il a été rebouché dans la partie molassique puis **crépiné sur la hauteur des alluvions**, de 2.7 m à 11.7 m de profondeur. Les coupes géologique et technique sont disponibles sur l'illustration 13. Les photos de chantier sont disponibles sur l'illustration 12. Ce point d'eau capte l'entité BD-LISA (version 2) 306AA01 - Moyennes terrasses (sables, graviers et galets) quaternaires du bassin Adour Garonne et recoupe la masse d'eau FRFG087 – Moyenne terrasse de la Garonne rive gauche entre le piémont pyrénéen et la confluence du Gers.



Illustration 12 – Réalisation du forage BSS004DFVP - Savenès

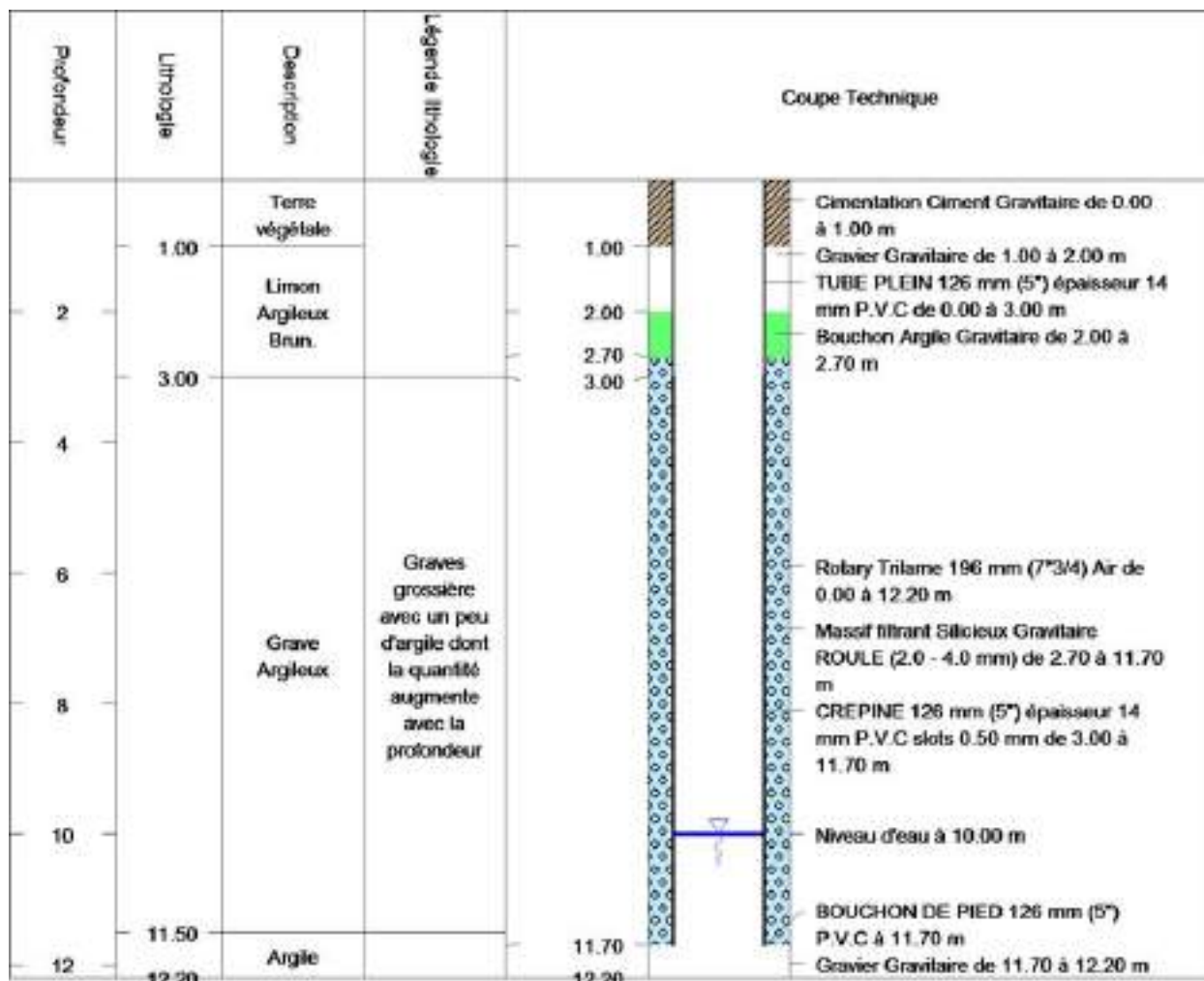


Illustration 13 – Coupes géologique et technique du forage BSS004DFVP - Savenès

3.4. FORAGE DE VALENCE D'AGEN

Le forage de Valence d'Agen est localisé aux abords d'un centre commercial, comme indiqué sur l'illustration 14. Il a été créé dans la banque de données du sous-sol et porte le code **BSS004DFVR** (<http://ficheinfoterre.brgm.fr/InfoterreFiche/ficheBss.action?id=BSS004DFVR>).

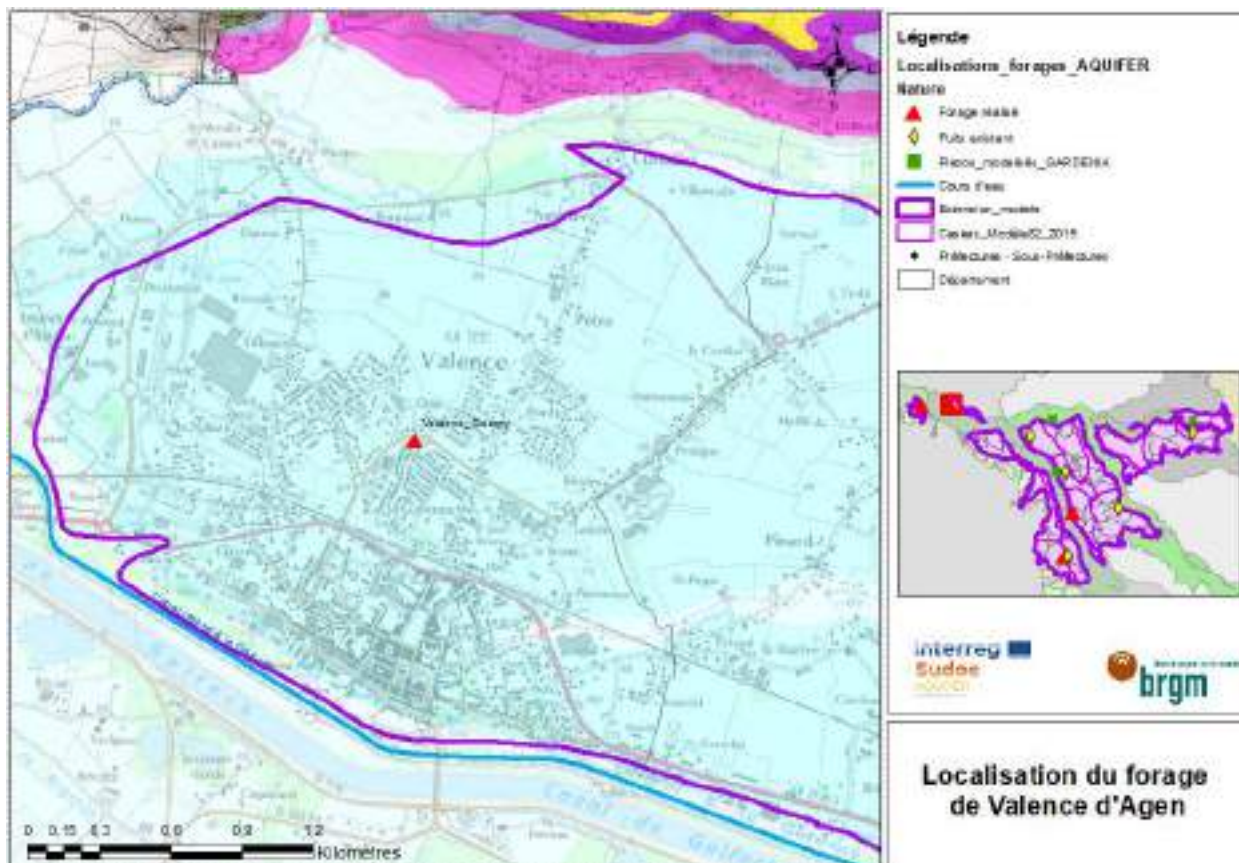


Illustration 14 – Localisation du forage BSS004DFVR – Valence d'Agen

Cet ouvrage a été foré dans les alluvions, dont le mur a été rencontré à 6.5 m de profondeur par rapport au sol. Le forage a été arrêté à **8 m de profondeur**, dans la molasse. Il a été rebouché entre 7 et 8 m de profondeur puis **crépiné sur la hauteur des alluvions**, de 7 m à 2.5 m de profondeur. Les coupes géologique et technique sont disponibles sur l'illustration 16. Les photos de chantier sont disponibles sur l'illustration 15. Ce point d'eau capte l'entité BD-LISA (version 2) 946AA05 - alluvions de la Garonne moyenne, de la confluence du Salat à la confluence du Lot et recoupe la masse d'eau FRFG020C – Alluvions de la Garonne moyenne, entre Toulouse et Golfech.



Illustration 15 – Réalisation du forage BSS004DFVR – Valence d'Agen

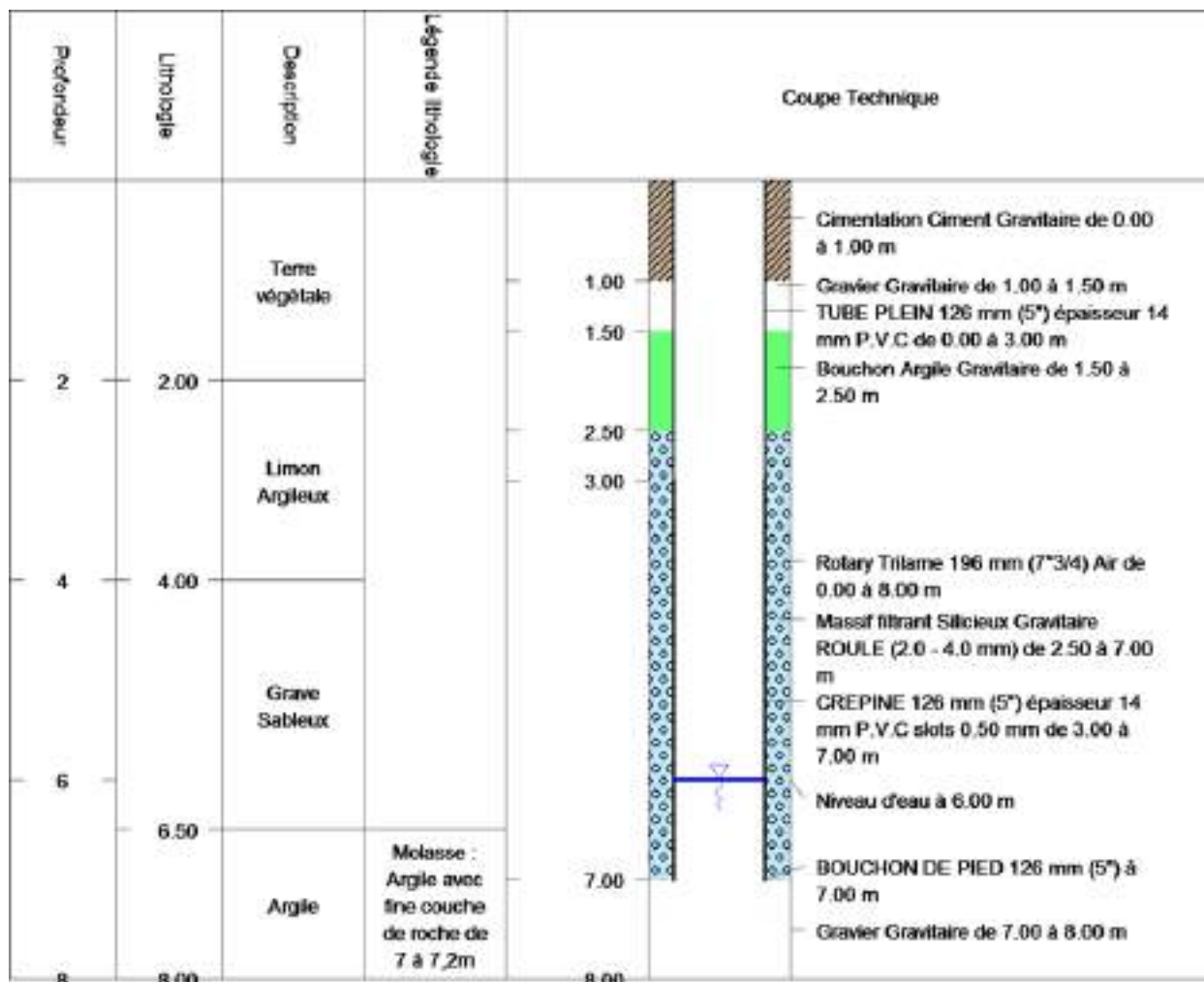


Illustration 16 – Coupes géologique et technique du forage BSS004DFVR – Valence d'Agen

4. Equipement des points de suivi

4.1. CHOIX DU MATERIEL

Les piézomètres et puits ont été sélectionnés (cf. paragraphe 2) en vue d'être équipés de sondes d'enregistrement automatique du **niveau piézométrique, de la température et de la conductivité de la nappe alluviale de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron**. Ces sondes sont équipées d'une **télétransmission en temps réel des données** de façon à contrôler et disposer quotidiennement de ces données sur un site internet dédié.

Plusieurs fournisseurs vendent ce type de matériel. Une revue du matériel disponible à l'échelle européenne a été réalisée dans le cadre du projet SUDOE AQUIFER. Cette revue est disponible dans le rapport [BRGM/RP-70691-FR](#) (Béranger S. et al., 2021). Elle a permis de cibler 3 fournisseurs potentiels : Hydroservices, vendant les sondes SEBA Dipper PTEC, OTT, vendant les sondes Ecolog 800 et SDEC vendant les sondes Aqua TROLL 200. À la suite d'une mise en concurrence, le fournisseur OTT a été sélectionné et les ouvrages ont été **équipés de sondes Ecolog 800 permettant une télétransmission des données en temps réel**.

4.2. INSTALLATION DU MATERIEL

Les sondes ont été installées dans les 9 ouvrages sélectionnés (cf. paragraphe 2) du 4 au 7 avril 2022. Les photos de ces installations sont disponibles sur les Illustration 17 à Illustration 25.

Les sondes ont été paramétrées de façon à enregistrer la profondeur de l'eau par rapport au repère de mesure. Ce repère sert de référence pour toute mesure automatique ou manuelle du niveau d'eau. Il est repris dans les fiches ouvrages (cf. Annexe 1) de façon à ce que tout opérateur en charge du contrôle de l'installation utilise le même repère de mesure.



Illustration 17 – Installation de la sonde sur le point BSS002DACM (Garnouillac, Commune de Castelsarrasin)



Illustration 18 – Installation de la sonde sur le point BSS004DFVR (Valence Quercy, Commune de Valence d’Agen)



Illustration 19 – Installation de la sonde sur le point BSS004DFVG (Donzac, commune de Donzac)



Illustration 20 – Installation de la sonde sur le point BSS002DCXR (Escatalens, Commune de Escatalens)



Illustration 21 – Installation de la sonde sur le point BSS002DDXS (Callory, Commune de Labastide-Saint-Pierre)



Illustration 22 – Installation de la sonde sur le point BSS004DFVQ (Finhan, Commune de Finhan)



Illustration 23 – Installation de la sonde sur le point BSS004DFVP (Savenès, Commune de Savenès)



Illustration 24 – Installation de la sonde sur le point BSS002EGZN (Bezette, Commune de Savenès)



Illustration 25 – Installation de la sonde sur le point BSS004DFVD (Nègrepelisse, Commune de Nègrepelisse)

4.3. ENREGISTREMENT DES CHRONIQUES

Depuis leur installation en avril 2022, les sondes enregistrent le niveau, la température et la conductivité des eaux de la nappe alluviale au pas de temps horaire et transmettent ces données au pas journalier sur un serveur FTP. Notre logiciel interne de traitement des chroniques charge ces fichiers et permet de visualiser ces chroniques. Les données collectées sont validées deux fois par mois. Cette première validation permet de s'assurer que les données sont bien reçues et que l'appareil enregistre des données correctes *a priori*. Une seconde validation, après contrôle de l'installation sur site et validation des données enregistrées avec les mêmes données mesurées manuellement, est faite après la tournée de maintenance préventive (cf. paragraphe 4.4).

Les chroniques enregistrées depuis l'installation des sondes sur chacun des points suivis sont reprises sur les Illustration 26 à Illustration 34. À l'issue de la première année de suivi, ces données seront disponibles sur le portail ADES, soit le 1er mai 2023 (<https://ades.eaufrance.fr/>).

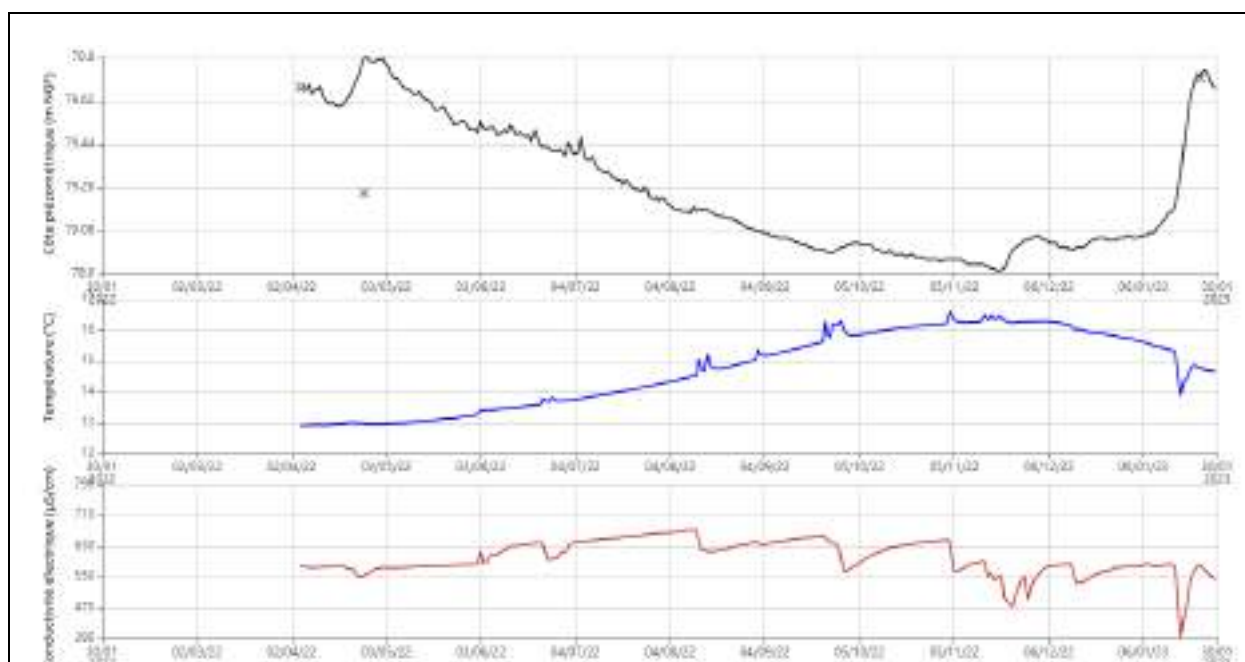


Illustration 26 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS002DACM (Garnouillac, commune de Castelsarrasin)

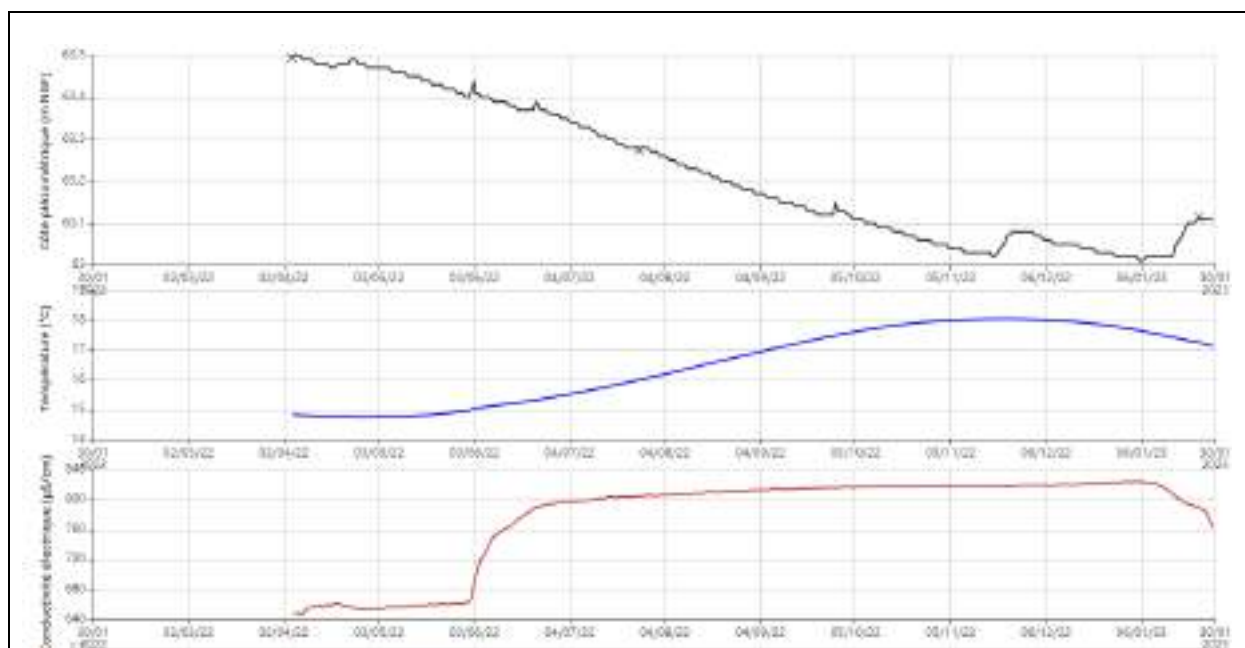


Illustration 27 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS004DFVR – Valence Quercy, commune de Valence d’Agen

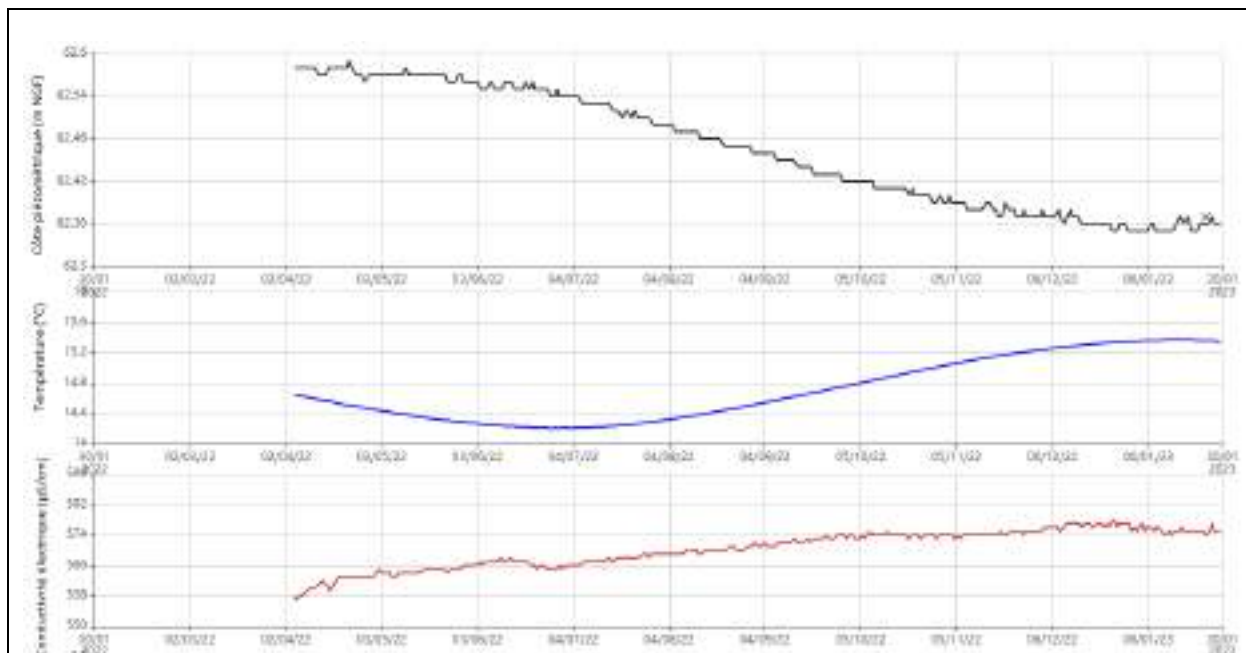


Illustration 28 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS004DFVG - Donzac, commune de Donzac

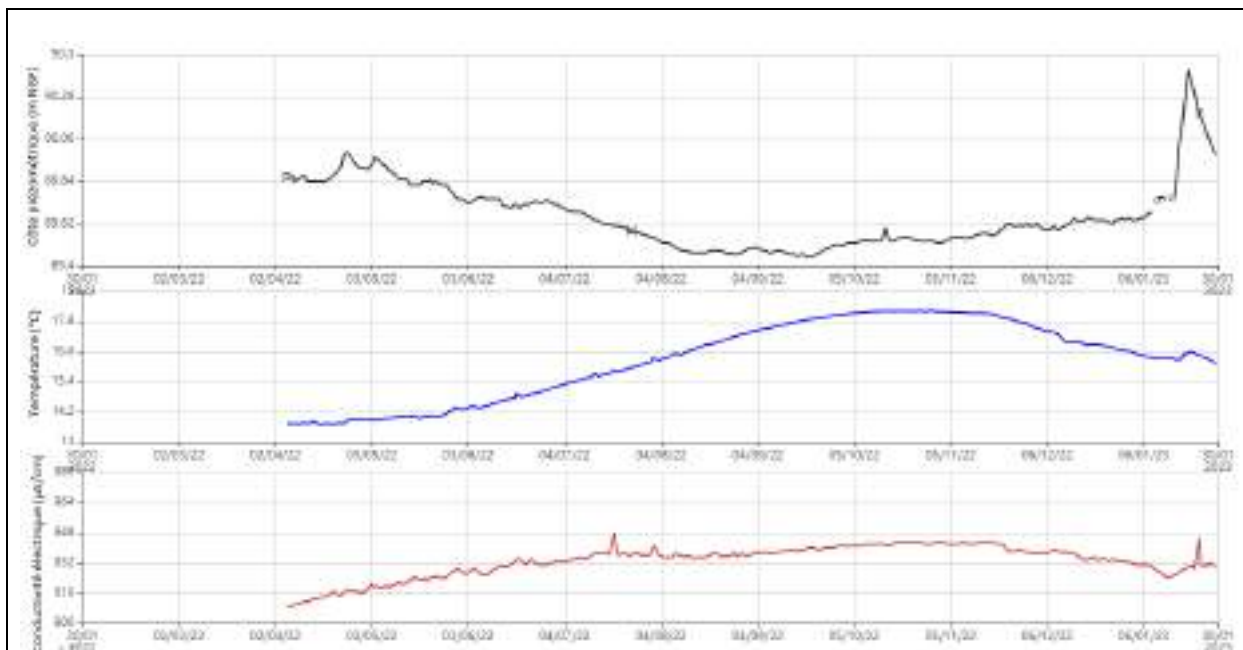


Illustration 29 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS002DCXR - Escatalens, Commune de Escatalens

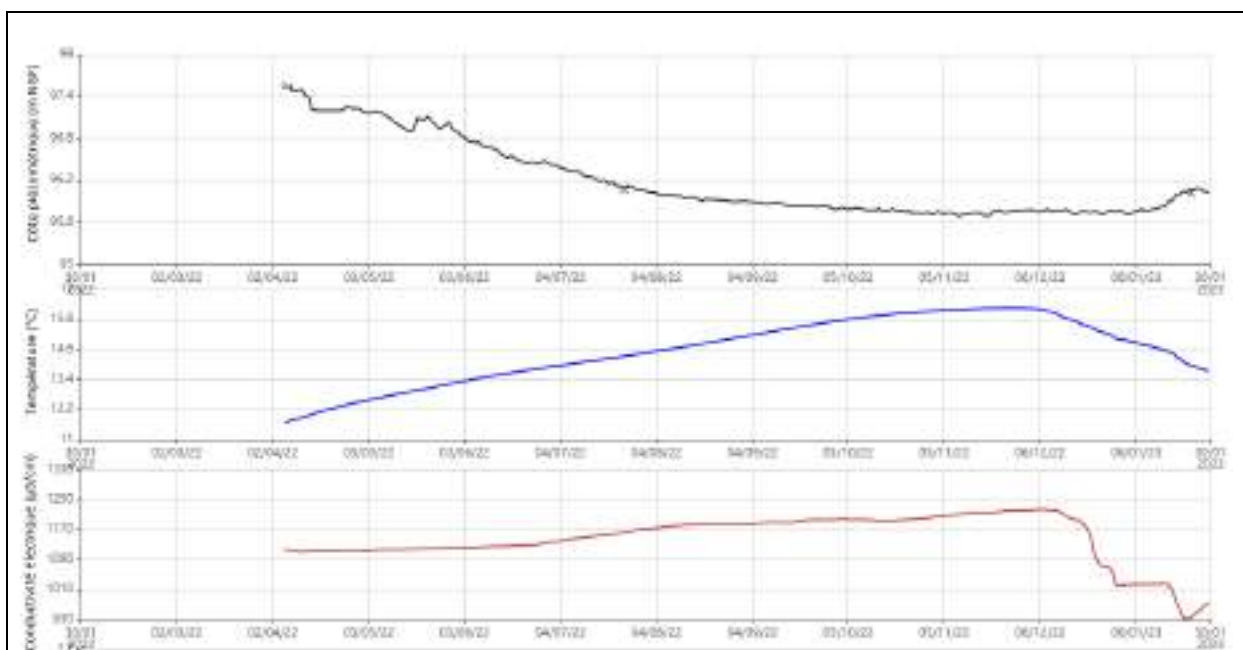


Illustration 30 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS002DDXS - Callory, Commune de Labastide-Saint-Pierre

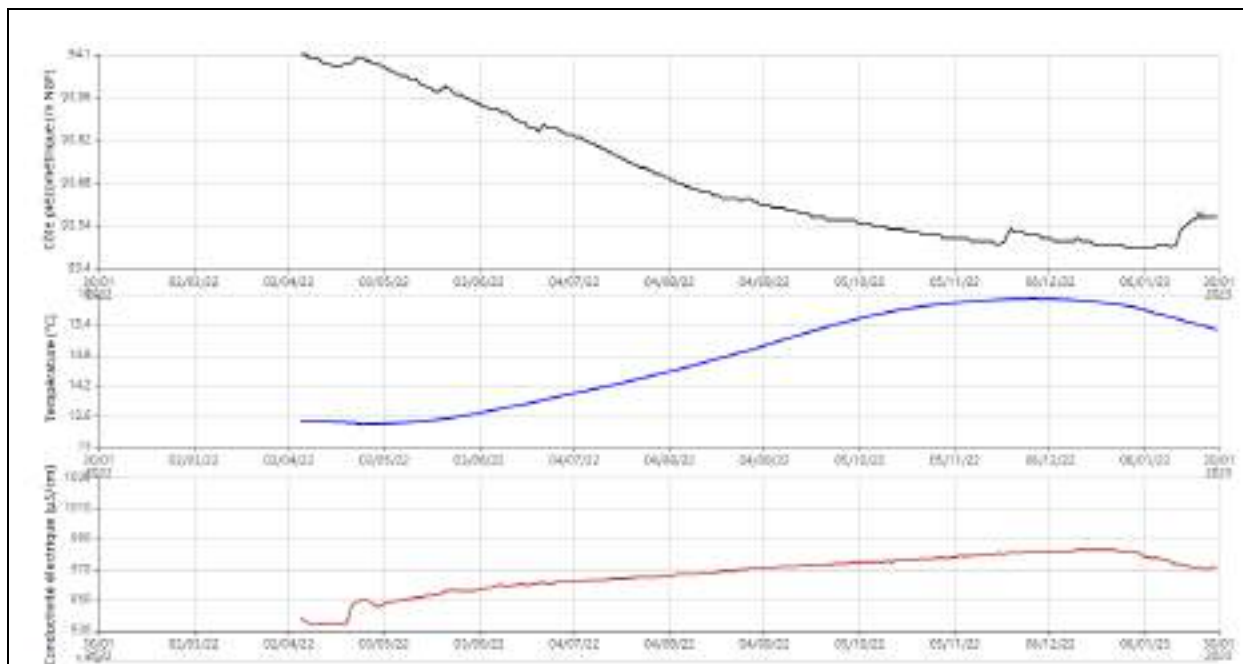


Illustration 31 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS004DFVQ - Finhan, Commune de Finhan

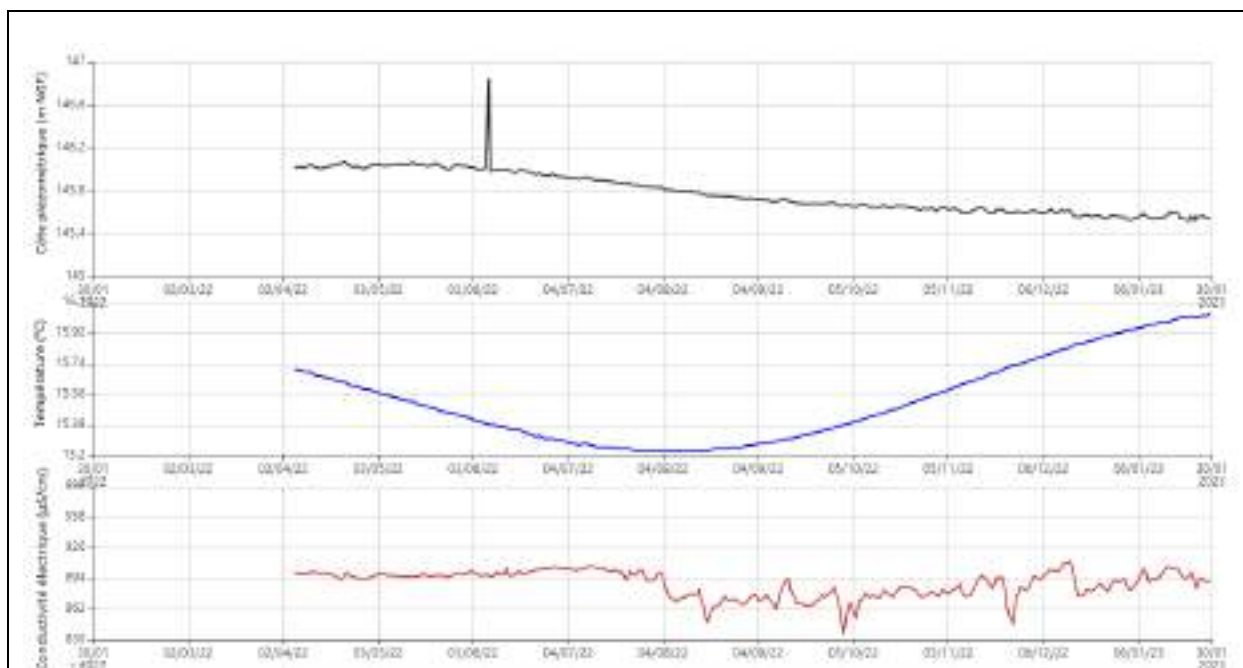


Illustration 32 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS004DFVP - Savenès, Commune de Savenès

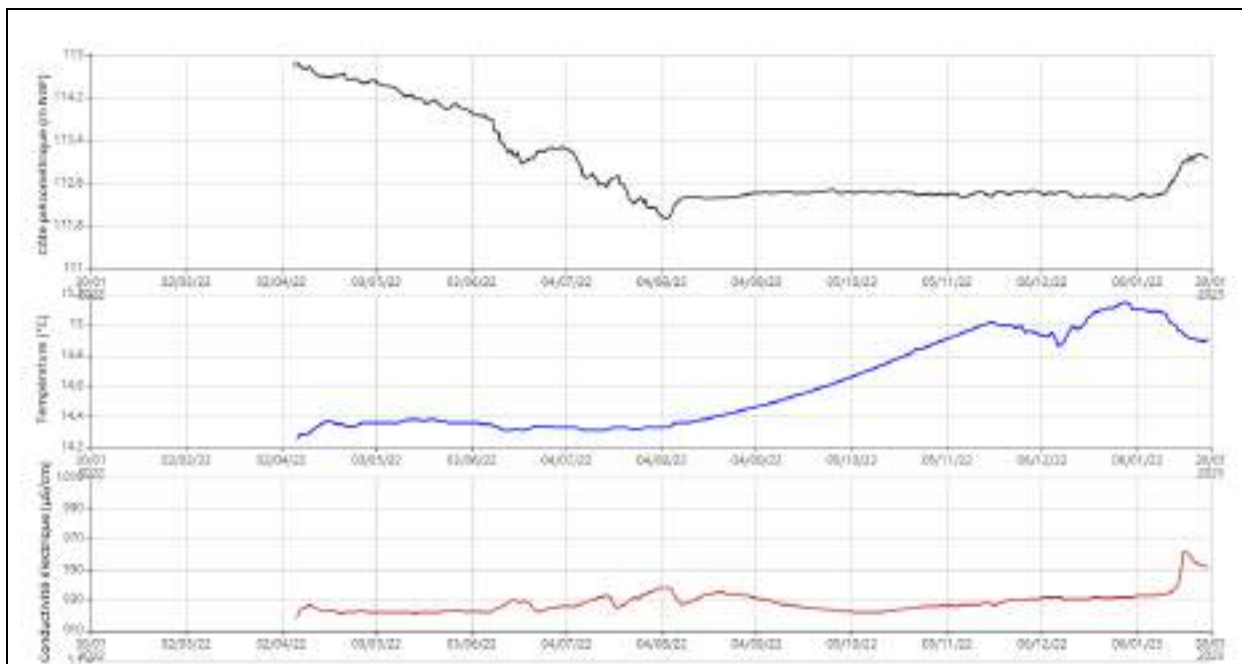


Illustration 33 - Côte piézométrique, température et conductivité électrique enregistrées sur le point BSS002EGZN - Bezette, Commune de Savenès

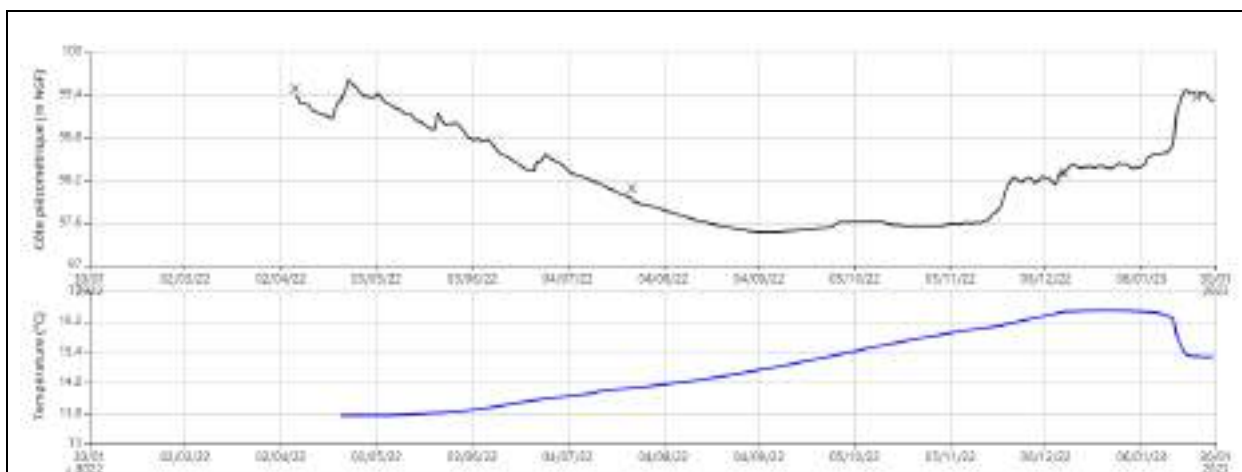


Illustration 34 - Côte piézométrique et température enregistrées sur le point BSS004DFVD, Nègrepelisse, commune de Nègrepelisse

4.4. MAINTENANCE

Une tournée de maintenance préventive est organisée généralement deux fois par an pour s'assurer que l'installation est en bon état, que les données enregistrées ne présentent pas de dérive, et pour procéder à un nettoyage des abords de chaque ouvrage. À cette occasion, les données enregistrées automatiquement sont comparées à celles mesurées manuellement. Si une dérive est constatée, elle est corrigée.

À cette tournée de maintenance préventive s'ajoutent d'éventuelles tournées de maintenance curatives si un défaut de réception des données est constaté ou si les chroniques reçues présentent des anomalies, jugées à dire d'expert.

Les sondes installées dans le cadre du projet SUDOE AQUIFER étant neuves, seule une visite supplémentaire associée à la non prise en compte du paramétrage initial a été nécessaire sur certains points de suivis. Le nivellement des ouvrages a également été réalisé sur l'ensemble des points nouvellement équipés. Les relevés réalisés sont repris dans les fiches ouvrages disponibles en Annexe 1.

5. Conclusion

Initialement doté de 5 points de suivi, les casiers de gestion de la plaine alluviale du département de Tarn-et-Garonne dispose maintenant de 14 points de suivi enregistrant en temps réel, au pas de temps horaire, la profondeur de la nappe alluviale sur tous les ouvrages, sa température et sa conductivité sur 8 ouvrages. Ce réseau permet de couvrir le suivi de 14 des 15 casiers hydrogéologiques les plus prélevés en eau souterraine (volume prélevable autorisé supérieur ou proche de 100 000 m³ par an en moyenne sur la période 2013-2020).

La mise en place de ce réseau permettra de mieux suivre l'évolution du niveau de la nappe alluviale et l'impact des prélèvements. Il permettra également d'affiner la calibration du modèle hydrodynamique maillé, de développer des modèles permettant de prévoir le niveau de la nappe alluviale à 6 mois en fonction de différents scénarios climatiques et de mieux estimer les volumes prélevables par casier hydrogéologique en fonction de l'état de la ressource en cours ou en fin de période de recharge. Ces travaux innovants sont développés dans le cadre du projet SUDOE AQUIFER : en France, six chroniques piézométriques du bassin Adour-Garonne sont modélisées et mises à disposition sur la plateforme MétéEAU'Nappes (<https://meteeanappes.brgm.fr>) afin de prévoir le niveau de la nappe à 6 mois. Il s'agit des points de suivi de :

- BSS002LPFG – Verniolle, Commune de Verniolle (09),
- BSS002KGEL – St-Elix, Commune de St-Elix-le-Château (31),
- BSS002FMPK – Tarsac, Commune de Tarsac (32),
- BSS002DDAH – Saint-Porquier, Commune de Saint-Porquier (82),
- BSS002CZWH – Les Barthes, Commune des Barthes (82),
- BSS002DEZW – Bioule, Commune de Bioule (82).

A ces modélisations s'ajoutent la modélisation de 4 points supplémentaires localisés dans la plaine alluviale de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron dans le département de Tarn-et-Garonne et suivis historiquement :

- BSS002DAWQ – Pédeloup, Commune de La Ville-Dieu-du-Temple (82),
- BSS002DDZV – Saint-Pierre, Commune de Lacourt-Saint-Pierre (82),
- BSS002DETB, Pradas, Commune de Saint-Etienne-de-Tulmont (82),
- BSS002CZMA, Pomiès, Commune de Saint-Nicolas-de-la-Grave (82)

et la mise à jour de la calibration du modèle hydrodynamique en 3 dimensions de la plaine alluviale de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron dans le département de Tarn-et-Garonne. Ces travaux permettent de créer une plateforme innovante de prévision des volumes prélevables en eau souterraine.

L'ensemble de ces travaux feront l'objet de livrables dans le cadre du projet SUDOE AQUIFER.

6. Bibliographie

Béranger S., les partenaires du projet SUDOE-AQUIFER (2021) – Projet SUDOE-AQUIFER - Equipements innovants de surveillance des aquifères. Rapport BRGM/RP-70691-FR, 16 p., 4 tab., 2 ann.

Bardeau M., Le Cointe P. (2016) – Gestion des systèmes aquifères alluviaux dans le bassin Adour-Garonne – Résultats de la modélisation et outil de gestion des prélèvements dans le Tarn-et-Garonne. Rapport BRGM/RP-65583-FR, 358 p., 138 ill., 35 tabl., 26 ann., CD.

Annexe 1 - Fiches ouvrages



Centre scientifique et technique

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

Direction régionale Occitanie – Site de Toulouse

3, rue Marie Curie. B.P. 49
31527 RAMONVILLE-SAINT-AGNE
Tél. : 05-62-24-14-50

www.brgm.fr