



Document public

Interreg 
Sudoe
AQUIFER
European Regional Development Fund

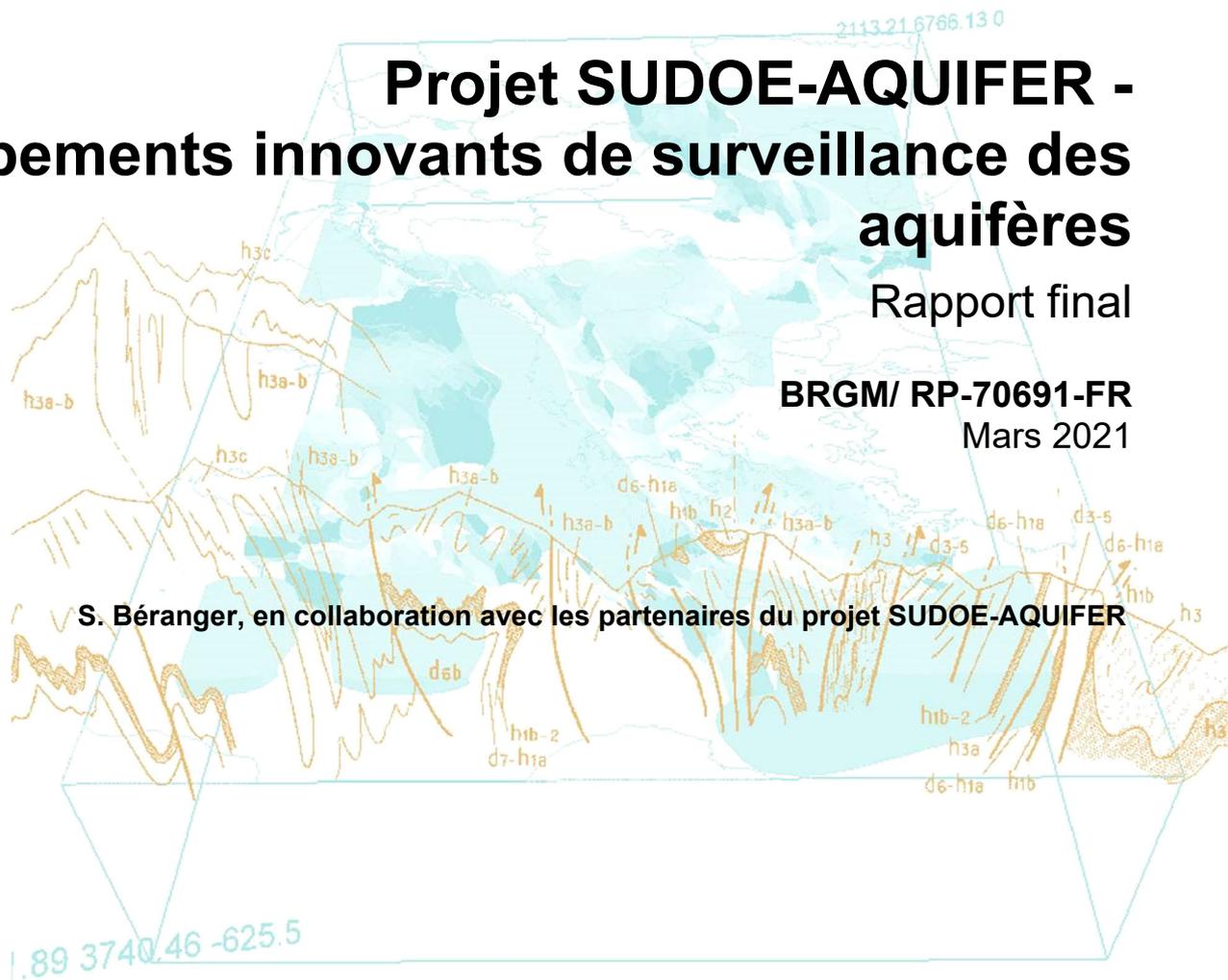


Projet SUDOE-AQUIFER - Equipements innovants de surveillance des aquifères

Rapport final

BRGM/ RP-70691-FR
Mars 2021

S. Béranger, en collaboration avec les partenaires du projet SUDOE-AQUIFER



Étude réalisée dans le cadre du projet de recherche SUDOE AQUIFER dans lequel le BRGM est partenaire avec l'IGME (Instituto Geológico y Minero de España), ISA-LEAF (Instituto Superior de Agronomia), 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), CRCC (Comunidad de regantes del campo de cartagena) et AR (Águas do Ribatejo).

Ce document a été vérifié par : Marc Laurencelle, Chercheur en hydrogéologie date : 24/03/2021

Approbateur :

Nom : A.V Hau-Barras Fonction : Directrice régionale déléguée Occitanie –site de

Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié
par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.
Contact : qualite@brgm.fr

Mots clés : Surveillance des aquifères, état de l'art, outils de surveillance, télétransmission.

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

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.

© BRGM, 2021, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le projet multi-partenarial SUDOE AQUIFER intitulé « *Des outils innovants pour l'intégration des eaux souterraines dans un contexte de raréfaction croissante des ressources en eau* » est un projet financé par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) dans le cadre de l'Interreg [SUDOE V](#) (2014-2020). Son objectif principal est de **capitaliser, tester, diffuser et transférer des pratiques innovantes pour la préservation, la surveillance et la gestion intégrée des aquifères qui sont utiles lors de la prise de décision sur la gestion des ressources en eau souterraine**. Pour atteindre cet objectif, le projet se découpe en 4 groupes de tâches spécifiques dont la première, intitulée « Applications innovantes dans la surveillance des aquifères », vise à **acquérir les données** nécessaires pour comprendre le fonctionnement des aquifères et améliorer leur gestion **en appliquant différentes techniques innovantes de surveillance de ces eaux souterraines**.

Avant de tester et/ou installer ces dispositifs innovants sur les réseaux de suivi qui seront mis en place dans la seconde activité de ce groupe de tâches, **un état de l'art des outils de surveillance des aquifères permettant l'acquisition et la transmission en temps réel de données sur le niveau piézométrique, la température de l'eau, la conductivité électrique de l'eau et la concentration en nitrate est réalisé**. Le présent rapport constitue le livrable associé à cette première activité de ce groupe de tâches, intitulée « *Analyse d'outils innovants de surveillance des eaux souterraines* ».

Après avoir exposé la **méthodologie utilisée** pour dresser cet état de l'art, les **instruments disponibles sur le marché** pour le suivi et la télétransmission des données relatives au **niveau piézométrique, à la température, à la conductivité et au nitrate** sont répertoriés par **nom de fabricant et nom de produit**. Les **spécifications techniques** relatives à chaque instrument sont détaillées dans un tableau de synthèse consultable en annexe. Ce travail a permis d'identifier les principaux fabricants de tels matériels à l'échelle internationale, les différences entre instruments notamment en termes de taille de boîtier, de principe et de plage de mesure, d'alimentation, de précision des mesures, de matériau de construction et de capacité de mémoire.

Les fabricants recensés dans cette étude disposent, pour la plupart, d'implantations ou de revendeurs dans plusieurs pays d'Europe. Aussi, le choix des équipements des réseaux de suivi mis en place dans le cadre du projet SUDOE AQUIFER sera réalisé en prenant en considération les spécificités techniques des instruments de suivi du niveau piézométrique, de la température, de la conductivité électrique et/ou du nitrate synthétisées dans le cadre de cet état de l'art, mais aussi la disponibilité du produit dans le pays d'installation et le coût des instruments, ceci tout en respectant les recommandations du programme SUDOE en termes d'achat de matériel.



Sommaire

1. Contexte et objectifs.....	6
2. Méthode de travail.....	7
3. Instruments pour la surveillance du niveau piézométrique.....	8
4. Instruments pour la surveillance de la température de l'eau	10
5. Instruments pour la surveillance de la conductivité de l'eau	12
6. Instruments pour la surveillance du nitrate	13
7. Conclusion	14

Liste des figures et/ou tableaux

Tableau 1 – Instruments de surveillance et télétransmission du niveau piézométrique.....	9
Tableau 2 – Instruments de surveillance et télétransmission de la température.....	11
Tableau 3 – Instruments de surveillance et télétransmission de la conductivité	12
Tableau 4 – Instruments de surveillance et télétransmission du nitrate	13

Liste des annexes

Annexe 1 Base de données des instruments de surveillance et de télétransmission du niveau piézométrique, de la température, de la conductivité et du nitrate	15
Annexe 2 Manuels de présentation, d'utilisation, et/ou de spécifications des instruments recensés dans la base de données (cf. Annexe 1)	16

1. Contexte et objectifs

Le projet SUDOE AQUIFER intitulé « *Des outils innovants pour l'intégration des eaux souterraines dans un contexte de raréfaction croissante des ressources en eau* » est un projet multi-partenarial financé par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) dans le cadre de l'Interreg [SUDOE V](#) (2014-2020). L'objectif de ce programme est de promouvoir la coopération pour résoudre des problématiques communes aux régions du territoire couvert, ici le Sud-Ouest de la France, l'Espagne et le Portugal.

Le projet SUDOE AQUIFER associe neuf partenaires issus :

- Du monde de la recherche : BRGM, IGME (Instituto Geológico y Minero de España), ISA-LEAF (Instituto Superior de Agronomia),
- Des pôles de compétitivité dans le domaine de l'eau, représentant les industries, PME et institutions : Aqua-Valley, CWP (Asociación Catalana para la Innovación y la internacionalización del sector del agua), PPA (Associação Parceria Portuguesa para a Água),
- Des utilisateurs de l'eau : CUADLL (Comunitat d'usuaris d'aigua de la vall baixa i delta del Llobregat), CRCC (Comunidad de regantes del campo de cartagena), AR (Águas do Ribatejo).

L'objectif principal du projet SUDOE AQUIFER est de **capitaliser, tester, diffuser et transférer des pratiques innovantes pour la préservation, la surveillance et la gestion intégrée des aquifères**. Ce projet va s'attacher notamment à appuyer la prise de décision dans la gestion des ressources en eau souterraine, développer des outils communs dans un contexte de raréfaction de la ressource et de menaces environnementales, améliorer la coopération et le transfert de technologie entre les universités, centres de recherche et entreprises et créer de nouvelles synergies.

Cet objectif principal se décline en **3 objectifs spécifiques** :

- Etablir des relations entre les ressources en eau souterraine, eau de surface et/ou eau salée d'origine marine dans un contexte de changement global,
- Tester et développer des outils innovants de gestion des eaux souterraines pour assurer la durabilité du grand cycle de l'eau,
- Identifier, analyser et diffuser des solutions innovantes.

Le présent rapport a été réalisé dans le cadre du 1^{er} des 4 groupes de tâches du projet intitulé « Applications innovantes dans la surveillance des aquifères », et du sous-groupe de tâche « *Analyse d'outils innovants de surveillance des eaux souterraines* ».

Il **dresse l'état de l'art des outils de surveillance des aquifères permettant l'acquisition et la transmission en temps réel des données de niveau piézométrique, de la température, de la conductivité électrique et du nitrate**.

Il doit permettre in fine de sélectionner des dispositifs innovants de surveillance en temps réel des aquifères qui pourront être testés et/ou installés dans la seconde activité de ce groupe de tâches dédiée à la mise en place de systèmes de surveillance des aquifères

Le chapitre 2 détaille la méthodologie utilisée pour dresser cet état de l'art. Les chapitres 3, 4, 5 et 6 listent les instruments disponibles sur le marché pour le suivi du niveau piézométrique, de la température, de la conductivité et du nitrate, respectivement.

2. Méthode de travail

Afin de dresser l'état de l'art des outils de surveillance et de télétransmission en temps réel des mesures de niveau piézométrique, température, conductivité et nitrate, une **enquête a été réalisée auprès des partenaires du projet**. Ces derniers se sont appuyés sur leurs expériences (BRGM, IGME, CUADLL, CRCC) ou leur réseau de partenaires (Aqua-Valley, CWP, PPA) pour fournir une liste des instruments utilisés régulièrement ou en test / en développement sur leurs sites d'étude ou dans leurs réseaux de surveillance des eaux souterraines. Cette enquête a été complétée par une recherche des fabricants sur le Web.

Les **informations collectées** ont été assemblées sous la forme **d'une base de données** contenant, pour chaque instrument :

- La marque,
- Le nom,
- Le type de surveillance (niveau d'eau, température, conductivité et/ou nitrate),
- Les paramètres suivis (ex. pression relative, NO₃-N, ...),
- La taille du boîtier,
- Le principe de fonctionnement et la plage de mesure pour les paramètres suivis,
- La précision des mesures pour les paramètres suivis,
- Le type d'alimentation,
- La robustesse de l'appareil (matériau du boîtier principalement, autres informations relatives aux matériaux composant l'appareil, si disponible),
- Le moyen de télécommunication,
- La capacité de mémoire,
- L'intervalle de temps permis entre les mesures (résolution temporelle),
- D'éventuelles limites / observations relatives à l'appareil,
- Le lien vers la page web ayant été consultée (lien actif au 22 mars 2021).

La base de données liste les instruments **par ordre alphabétique de marque**. Les informations listées dans cette base ont été obtenues en consultant les pages web référencées dans la base de données et les manuels de présentation, d'utilisation et/ou de spécifications de l'instrument. Ces manuels, disponibles dans l'annexe numérique 2

du présent rapport, sont organisés par fabricant (marque). Ils sont enregistrés en anglais, français et espagnol dans la mesure où ils existent dans ces langues.

La base de données contient 72 instruments de surveillance des aquifères permettant une acquisition et une télétransmission des données. Parmi ces instruments, certains ne permettent qu'une surveillance du niveau piézométrique, et/ou de la température, de la conductivité et/ou du nitrate. Certains outils de surveillance de la qualité de l'eau ont été ajoutés en sus, à titre informatif, mais ne rentrent pas dans le spectre du présent rapport. Ils sont à ce titre référencés dans un onglet séparé, intitulé « Autres instruments ».

Cette **base de données n'est pas exhaustive**. Elle recense les fabricants les plus connus et les instruments les plus utilisés par les hydrogéologues consultés du Sud-Ouest de l'Europe.

A noter : ce recensement des outils existants ne liste que les **fabricants**, dans la mesure où ils étaient connus, et ne contient pas les revendeurs éventuels de ces instruments, pouvant varier selon les pays ou être plusieurs par pays. Ce recensement ne se limite pas non plus aux fabricants présents dans le territoire SUDOE (Sud-Ouest de la France, Espagne, Portugal), mais comprend aussi des fabricants présents à l'échelle internationale. Le lecteur est invité à consulter le site internet de chaque fabricant pour éventuellement connaître les revendeurs associés.

3. Instruments pour la surveillance du niveau piézométrique

Le Tableau 1 liste les instruments (marque et nom) de surveillance et de télétransmission du niveau piézométrique (et éventuellement d'autres paramètres). Les informations complémentaires listées dans le chapitre 2 et relatives à ces instruments, ainsi que l'ensemble des paramètres suivis par les instruments listés ci-dessous, sont disponibles dans la base de données fournie en Annexe 1.

Tableau 1 – Instruments de surveillance et télétransmission du niveau piézométrique

Marque	Nom de l'instrument
APLISENS	SGE-16 SGE-25.Modbus
Eijkelkamp	TD-Diver CTD-Diver
Endress+Hausser	Micropilot FMR20 HART
Global Water	WL16
GreenCITYZEN	HummBox
HERON Instruments Inc.	Dipper Log
HITEC	CP 5218
IN-SITU	Aqua Troll 200 Aqua Troll 600
KELLER	DCX-22 CTD Série 36 XW Série 36XiW-CTD Série 36 XS
LACROIX-SOFREL	CNPA CNPi
NIVELCO	Nivopress N
Nivotech	Nivobox GW
OMNI-Instruments	DL-OCS
OTT	EcoLog 800 EcoLog1000 OTT HL4 Hydrolab DS5 Hydrolab DS5X
PESA Well Engineering	Data Logger 570-II Data logger 575-II Data Logger 575-LTC Data Logger 575-MP1
PRIGNITZ	CPS-12
SEBA	Dipper-PT Dipper-PTEC Dipper-APT Sonde multiparamétrique MPS-D8/Qualilog8 Sonde multiparamétrique MPS-K16/Qualilog16 DS(T) 22
Seametrics	CT2X smart sensor PT12
SISTEMAS AVANZADOS TELECOM LEVANTE, S.L. - RPM ELECTRONICA	MA-403
SOFREL	CNPi
SOLINST	Levellogger 5 Levellogger 5 Junior Levellogger 5 LTC
STS	DL.WMS DL.WMS.mini DL.OCS
Umweltleistungen	Sensodive CTD-GPRS
VanWalt	LevelScout 2x PT12
WIKA	LH-10

De nombreux instruments permettent le suivi et la télétransmission du niveau piézométrique. Les principales différences entre ces instruments résident dans la taille

du boîtier, les principes et la plage de mesure proposée, la compensation automatique ou non de la pression atmosphérique, l'alimentation, les matériaux de construction et la capacité de mémoire. Certains de ces instruments incluent, par ailleurs, la télétransmission des données tandis que d'autres nécessitent la combinaison avec un appareil dédié à la télétransmission des données.

Avant de choisir l'instrument de suivi pour équiper un puits, un forage ou un piézomètre, l'opérateur devra connaître la profondeur de l'ouvrage, le niveau d'eau moyen et avoir une idée de la variation possible/potentielle du niveau piézométrique en fonction des saisons, si l'ouvrage est soumis à des variations saisonnières, ou d'autres influences environnantes (ex. prélèvements). Ces informations lui permettront de choisir la plage de mesure et la longueur de câble appropriée à l'ouvrage, permettant ainsi d'assurer la continuité du suivi et une meilleure précision des paramètres suivis.

L'opérateur devra de plus s'assurer que le diamètre et la profondeur d'eau dans le puits permettent d'héberger la sonde. Si l'ouvrage suivi est un puits d'alimentation en eau potable, l'opérateur devra enfin s'assurer que les matériaux composant la sonde sont compatibles avec un tel usage et que la sonde peut cohabiter malgré les autres équipements déjà en place (le cas échéant).

4. Instruments pour la surveillance de la température de l'eau

Le Tableau 2 liste les instruments (marque et nom) de surveillance et de télétransmission de la température de l'eau. Les informations complémentaires relatives à ces instruments et listées dans le chapitre 2 sont disponibles dans la base de données fournie en Annexe 1.

A noter : La recherche des instruments de surveillance de la température de l'eau comme seul paramètre de suivi n'a pas été effectuée, l'auteur ayant considéré que la surveillance de température doit être couplée à d'autres paramètres pour assurer une meilleure connaissance / compréhension du fonctionnement des eaux souterraines. Les instruments listés ci-dessous permettent donc un suivi de la température, mais aussi d'un ou plusieurs autres paramètres.

Tableau 2 – Instruments de surveillance et télétransmission de la température

Marque	Nom de l'instrument
Eijkelkamp	TD-Diver CTD-Diver
Endress+Hauser	Indumax CLS50D
HACH	SC1000 (Multi-parameter Universal Controller)
imaGeau	SMD
IN-SITU	Aqua Troll 100 Aqua Troll 200
KELLER	DCX-22 CTD Série 36XiW-CTD
NIVELCO	Nivopress N
OMNI-Instruments	DL-OCS
OTT	EcoLog 800 EcoLog1000 Hydrolab DS5 Hydrolab DS5X OTT HL4
PESA Well Engineering	Data Logger 570-II Data logger 575-II Data Logger 575-LTC Data Logger 575-MP1
S-CAN	Condu-lyser ammo-lyser pro ammo-lyser eco
Seametrics	CT2X smart sensor PT12
SEBA	Dipper-PT Dipper-PTEC Dipper-APT Sonde multiparamétrique MPS-D8/Qualilog8 Sonde multiparamétrique MPS-K16/Qualilog16 DS(T) 22
SOLINST	Levellogger 5 Levellogger 5 Junior Levellogger 5 LTC
STS	DL.WMS DL.WMS.mini DL.OCS
Umweltleistungen	Sensodive CTD-GPRS
VanWalt	LevelScout 2x PT12

Les instruments permettant le suivi et la télétransmission de la température de l'eau sont couplés à la mesure du niveau piézométrique et/ou de la conductivité de l'eau. Si la taille des boîtiers est variable, les plages de mesure de la température sont

relativement similaires et permettent, dans tous les cas, l'équipement des ouvrages localisés sur les terrain d'étude du projet SUDOE AQUIFER.

5. Instruments pour la surveillance de la conductivité de l'eau

Le Tableau 3 liste les instruments (marque et nom) de surveillance et de télétransmission de la conductivité de l'eau. Les informations complémentaires relatives à ces instruments et listées dans le chapitre 2 sont disponibles dans la base de données disponible en Annexe 1.

Tableau 3 – Instruments de surveillance et télétransmission de la conductivité

Marque	Nom de l'instrument
Eijkelkamp	CTD-Diver
Endress+Hausser	Indumax CLS50D
GF Signet	2850
imaGeau	SMD
IN-SITU	Aqua Troll 100 Aqua Troll 200 Aqua Troll 600
KELLER	DCX-22 CTD Série 36XiW-CTD
OMNI-Instruments	DL-OCS
OTT	EcoLog 800 Hydrolab DS5 Hydrolab DS5X OTT HL4
PESA Well Engineering	Data Logger 570-II Data Logger 575-LTC Data Logger 575-MP1
S-CAN	Condu-lyser
Seametrics	CT2X smart sensor
SEBA	Dipper-PTEC Sonde multiparamétrique MPS-D8/Qualilog8 Sonde multiparamétrique MPS-K16/Qualilog16
SOLINST	Levellogger 5 LTC
STS	DL.OCS
Umweltleistungen	Sensodive CTD-GPRS

Les instruments permettant le suivi et la télétransmission de la conductivité de l'eau sont couplés à la mesure du niveau piézométrique, de la température et/ou d'autres paramètres associés à la qualité de l'eau. Les plages de mesure de la conductivité peuvent être relativement différentes d'une sonde à une autre, de 0...20 mS/cm à 0...300 mS/cm. Selon le milieu aquifère qu'il souhaite suivre, l'opérateur devra

s'assurer que l'intervalle de variations potentielles de la conductivité des eaux des ouvrages à équiper est compatible avec la plage de mesure de la sonde. Il devra également vérifier que le diamètre et la profondeur d'eau dans le puits, le forage ou le piézomètre permettent d'héberger la sonde. Après installation, des tournées de maintenance préventive devront être organisées afin de s'assurer que les mesures enregistrées par la sonde sont celles mesurées avec le conductimètre ou une analyse des eaux au laboratoire.

6. Instruments pour la surveillance du nitrate

Le Tableau 4 liste les instruments (marque et nom) de surveillance et de télétransmission du nitrate. Les informations complémentaires relatives à ces instruments et listées dans le chapitre 2 sont disponibles dans la base de données disponible en Annexe 1.

Tableau 4 – Instruments de surveillance et télétransmission du nitrate

Marque	Nom de l'instrument
HACH-LANGE	NITRATAX plus sc
IN-SITU	Aqua Troll 600
OTT	EcoN Hydrolab DS5 Hydrolab DS5X OTT HL4
SEBA	Sonde Nitrates SPS-NO3
Umweltleistungen	SensoNitrate
Xylem	NitraLED

Les instruments de suivi du nitrate sont beaucoup moins nombreux sur le marché que ceux permettant le suivi du niveau piézométrique, de la température ou de la conductivité de l'eau. Certains de ces instruments sont dédiés au suivi du nitrate seulement tandis que d'autres couplent des sondes de suivi de plusieurs paramètres de la qualité de l'eau.

Les plages de mesure des concentrations en nitrate sont très variables d'une sonde à une autre. Aussi, en plus du diamètre et de la profondeur d'eau dans le puits qui doivent permettre l'hébergement de la sonde, l'opérateur devra connaître la plage de variation possible / potentielle de la concentration en nitrate des eaux des ouvrages à équiper de façon à sélectionner la plage de mesure appropriée pour chaque ouvrage.

Une fois l'installation réalisée, des tournées de maintenance préventive devront être régulièrement organisées de façon à réaliser des prélèvements en eau souterraine et vérifier que les résultats obtenus au laboratoire sont comparables aux mesures enregistrées par la sonde. En cas de différence, les analyses en laboratoire font foi.

7. Conclusion

Les spécifications des outils de surveillance des aquifères permettant l'acquisition et la transmission en temps réel des données de niveau piézométrique, de la température, de la conductivité électrique et du nitrate ont été synthétisées dans le cadre de cette activité. Ce travail a permis d'identifier les principaux fabricants de tels matériels à l'échelle internationale, les différences entre instruments, en termes de taille de boîtier, de principe et de plage de mesure, d'alimentation, de précision des mesures, de matériaux de construction, de capacité de mémoire et d'intervalle de mesure.

Les instruments recensés pour le suivi du niveau piézométrique, de la température et de la conductivité couvrent les plages de mesure et les fréquences d'émission attendues sur les sites d'étude associés au projet AQUIFER-SUDOE, à savoir la vallée du Taje au Portugal, le Campo de Cartagena – Mar Minor et le delta du Llobregat en Espagne et le bassin Adour-Garonne en France. Les plages de mesure proposées sur les sondes nitrate peuvent en revanche s'avérer plus limitantes pour certains de ces sites. Le nombre de produits recensés sur le marché étant également largement plus restreint que pour les autres paramètres, le choix de la sonde nitrate peut s'avérer assez limité sur certains sites d'étude.

Les contraintes associées à la capacité de mémoire, l'autonomie ou la durée de vie de la batterie / des piles devront être prises en considération pour planifier la maintenance de ces instruments sur le terrain. Certains appareils permettent le suivi à distance de la charge de la batterie / des piles, ce qui peut aider l'opérateur à optimiser la planification de ses interventions.

Les fabricants recensés dans cette étude disposent, pour la plupart, d'implantations ou de revendeurs dans plusieurs pays d'Europe. Aussi, dans le cadre du projet SUDOE AQUIFER, les partenaires du projet utiliseront cet état de l'art de façon à sélectionner les instruments de suivi du niveau piézométrique, de la température, de la conductivité électrique et du nitrate qu'ils implémenteront dans leurs réseaux de suivi, en prenant en considération les spécificités techniques, les implantations des fabricants ou revendeurs et le coût des instruments, tout en respectant les recommandations du programme SUDOE en termes d'achat de matériel.

Annexe 1

Base de données des instruments de surveillance et de télétransmission du niveau piézométrique, de la température, de la conductivité et du nitrate

(annexe numérique : fichier joint au rapport)

Annexe 2

Manuels de présentation, d'utilisation, et/ou de spécifications des instruments recensés dans la base de données (cf. Annexe 1)

(annexe numérique : Dossier joint au rapport)



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

Direction régionale Occitanie – Site de Toulouse
3, rue Marie Curie
BP 49
31527 – Ramonville-Saint-Agne - France
Tél. : 05-62-24-14-50