

SOMMAIRE

1. Introduction	2
2. Mise en œuvre en France.....	4
3. Mise en œuvre en Espagne	11
4. Mise en œuvre au Portugal.....	12
5. CONCLUSIONS	14

1. Introduction

Le projet Interreg Sudoe AQUIFER intitulé "Outils innovants pour l'intégration des eaux souterraines dans un contexte de raréfaction des ressources en eau" est financé par le Fonds européen de développement régional (FEDER) dans le cadre du programme 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, utiles lors de la prise de décision en matière de gestion des ressources en eau souterraine. Pour atteindre cet objectif, le projet est divisé en 4 groupes de tâches spécifiques regroupant 15 tâches concrètes avec 25 livrables et 10 résultats. De plus, le projet comprend trois groupes de tâches transversales regroupant 17 tâches concrètes.

Le projet AQUIFER a identifié les 3 principaux résultats suivants (partie D7 du formulaire de candidature) qui sont pris en compte dans les indicateurs de performance du programme Sudoe.

- **Produit 1.1. Réseau pilote transnational pour la surveillance en temps réel des aquifères.**
 - **Indicateur de productivité du programme** : CO42 : Nombre de centres de recherche participant à des projets de recherche transfrontaliers, transnationaux ou interrégionaux
 - **Quantification de l'indicateur** : 5

- **Produit 2.2. Outil pilote transnational pour la prévision du niveau des eaux souterraines.**
 - **Indicateur de productivité du programme** : CO42 : Nombre de centres de recherche participant à des projets de recherche transfrontaliers, transnationaux ou interrégionaux
 - **Quantification de l'indicateur** : 9

- **Produit 4.2. Stratégie transnationale pour des solutions innovantes en matière de gestion des eaux souterraines.**
 - **Indicateur de productivité du programme** : CO42 : Nombre de centres de recherche participant à des projets de recherche transfrontaliers, transnationaux ou interrégionaux
 - **Quantification de l'indicateur** : 9

Ce document fait référence au **produit 2.2 "Outil pilote transnational de prévision du niveau des eaux souterraines"**.

Après avoir reproduit une chronique piézométrique passée à l'aide d'un modèle pluie-niveau développé par le BRGM (GARDENIA¹), les prévisions des niveaux piézométriques des six mois suivants sont émises en fonction de différents scénarios climatiques. Les résultats de ces modélisations sont mis à disposition et actualisées mensuellement sur la plateforme internet MétéEAU Nappes (<https://meteeanappes.brgm.fr/fr>).

Le formulaire de candidature prévoyait la modélisation de 6 piézomètres en France, 3 en Espagne et 2 au Portugal.

La suite de ce rapport détaille les résultats des modélisations des cotes piézométriques et des prévisions en France, en Espagne et au Portugal.

Ce document a été écrit par Sandra Beranger (BRGM), responsable du développement de ce produit pour le projet AQUIFER.

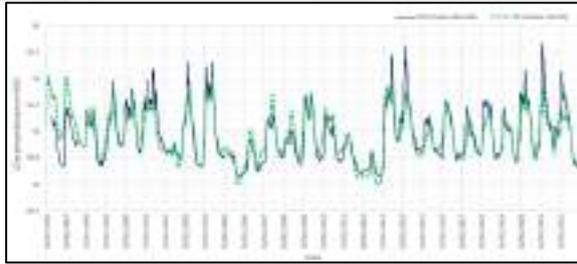
¹ Modèle Global À Réservoirs pour la simulation de DÉbits et de Niveaux Aquifères :
<https://www.brgm.fr/fr/logiciel/gardenia-logiciel-modelisation-hydrologique-globale-bassin-versant>

2. Mise en œuvre en France

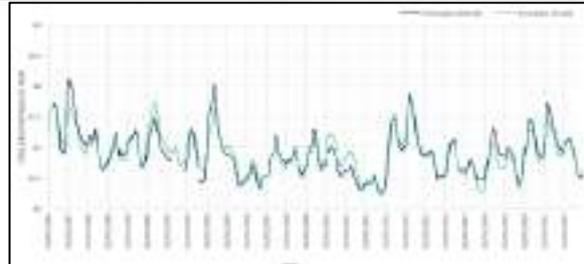
Six piézomètres devaient être modélisés, mais ce sont finalement 10 piézomètres qui ont été modélisés en France et les simulations ont été intégrées dans le site MétéEAU Nappes (<https://meteeanappes.brgm.fr>) développé par le BRGM.

Les données d'entrée utilisées sont les précipitations, l'évapotranspiration potentielle et, dans certains cas, les prélèvements. La calibration est effectuée à l'aide des chroniques de suivi des eaux souterraines, collectées au pas de temps journalier. Le logiciel GARDENIA, développé par le BRGM, a été utilisé.

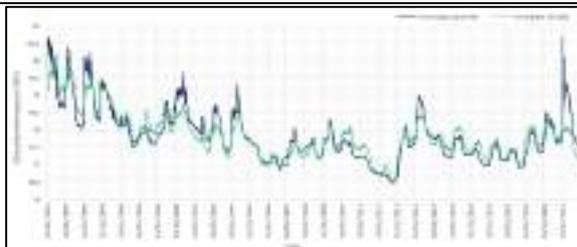
Les travaux de calibration sur les 10 piézomètres ont permis de reproduire de façon satisfaisante les chroniques piézométriques enregistrées sur ces points de suivi. Ils sont présentés sur l'illustration 1 et détaillés dans le livrable de l'activité 2.2 du projet AQUIFER. Sur chaque graphique, la cote piézométrique observée sur le point de suivi est reprise en bleu tandis que la cote piézométrique modélisée est représentée en pointillés de couleur verte.



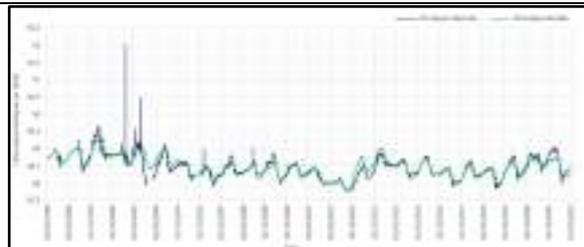
CALAGE PLUIE-NIVEAU A BIOULE (BSS002DEZW) SUR LA PERIODE 1996-2022



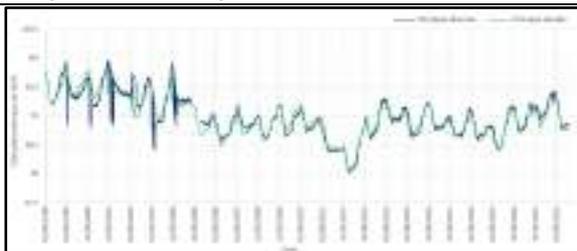
CALAGE PLUIE-NIVEAU AUX BARTHES (BSS002CZWH) SUR LA PERIODE 1996-2022



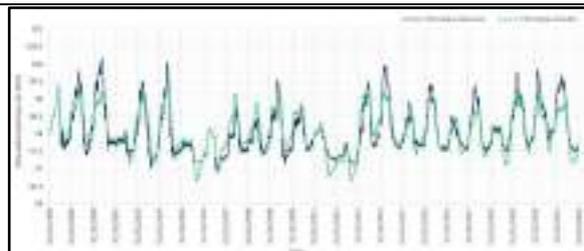
CALAGE PLUIE-NIVEAU A SAINT-PORQUIER (BSS002DDAH) SUR LA PERIODE 1996-2022



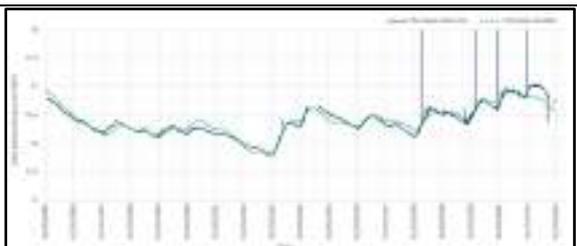
CALAGE PLUIE-NIVEAU A PEDELOUP (BSS002DAWQ) SUR LA PERIODE 1999-2022



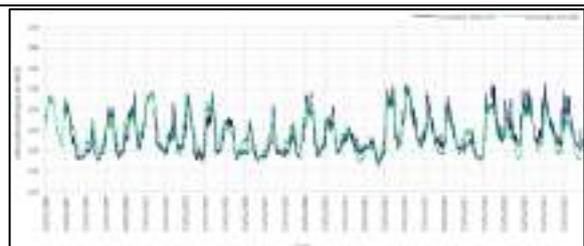
CALAGE PLUIE-NIVEAU A SAINT-PIERRE (BSS002DDZV) SUR LA PERIODE 1999-2022



CALAGE PLUIE-NIVEAU A PRADAS (BSS002DETB) SUR LA PERIODE 1999-2022



CALAGE PLUIE-NIVEAU A POMIES (BSS002CZMA) SUR LA PERIODE 2005-2022



CALAGE PLUIE-NIVEAU A SAINT-ELIX (BSS002KGEL) SUR LA PERIODE 1996-2022

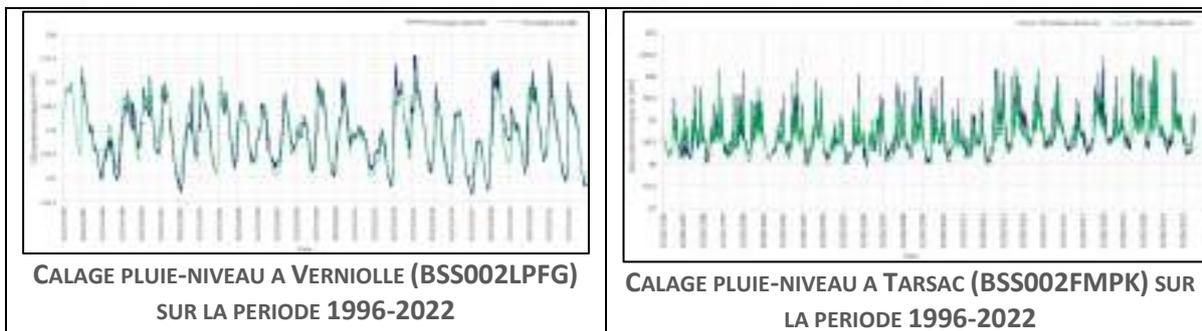
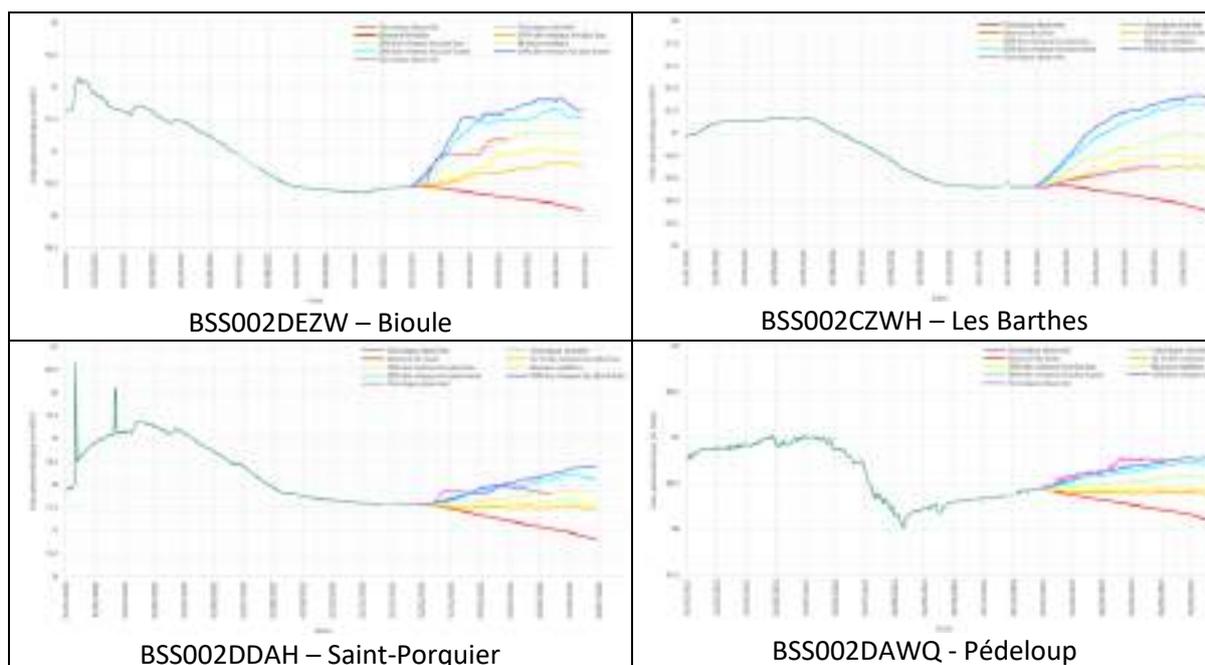


ILLUSTRATION 1 – CALAGES PLUIE-NIVEAU OBTENUS SUR LES 10 PIEZOMETRES MODELISES EN FRANCE

Ce travail de calibration a permis ensuite de réaliser des prévisions de cotes piézométriques observables sur les 6 prochains mois, à l'aide de données climatiques potentiellement observables (basées sur l'historique des données climatiques) au voisinage du point de suivi. Les prévisions réalisées sur ces 10 points de suivi sont reprises sur l'illustration 2.



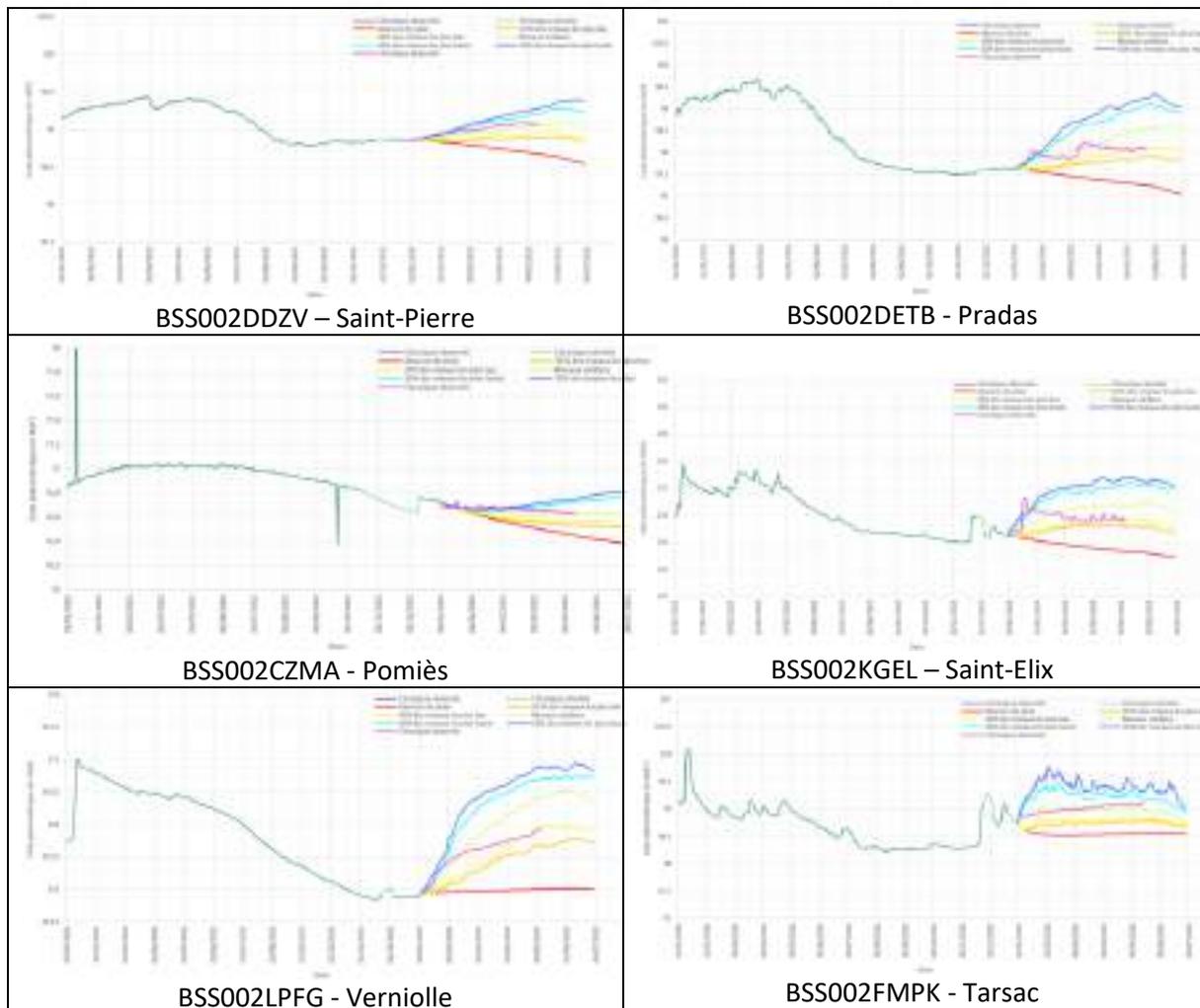


ILLUSTRATION 2 – PREVISIONS DE LA COTE PIEZOMETRIQUE SUR LES 10 PIEZOMETRES MODELISES EN FRANCE

Ces travaux ont été intégrés à la plateforme web MétéEAU Nappes (<https://meteeaunappes.brgm.fr>) développée par le BRGM. Les points modélisés dans le cadre du projet AQUIFER sont localisés dans le bassin Adour-Garonne, dans le Sud-Ouest de la France (Illustration 3). Un zoom du secteur est présenté sur l'illustration 4.

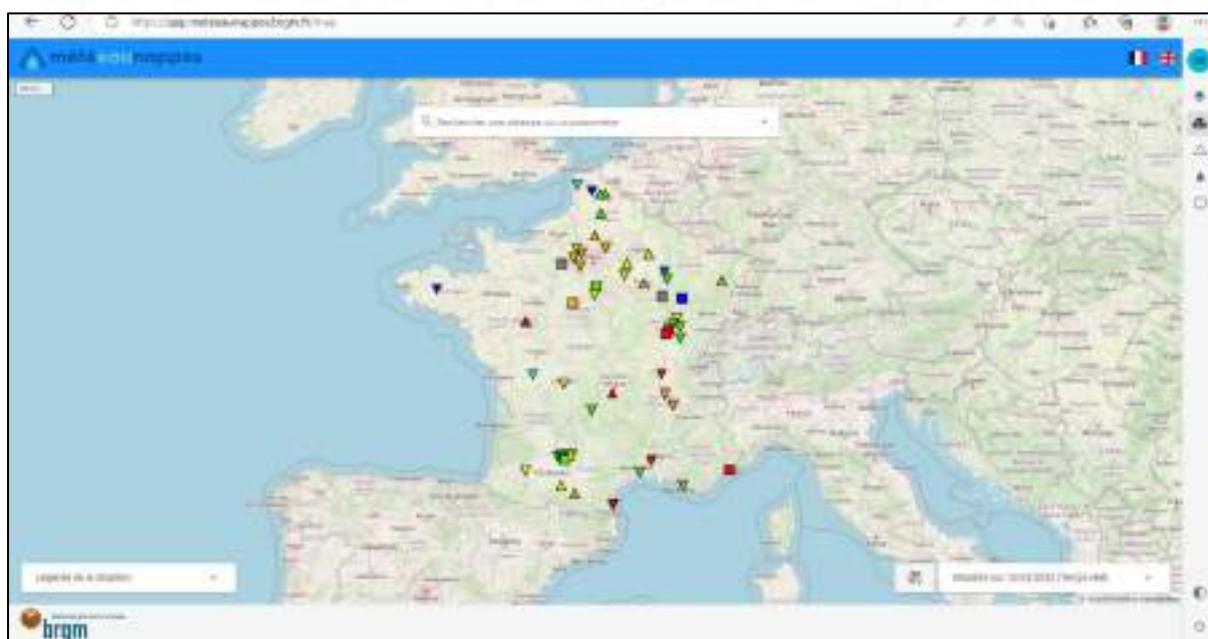


ILLUSTRATION 3 – PAGE D'ACCUEIL DE LA PLATEFORME WEB METEAU NAPPES

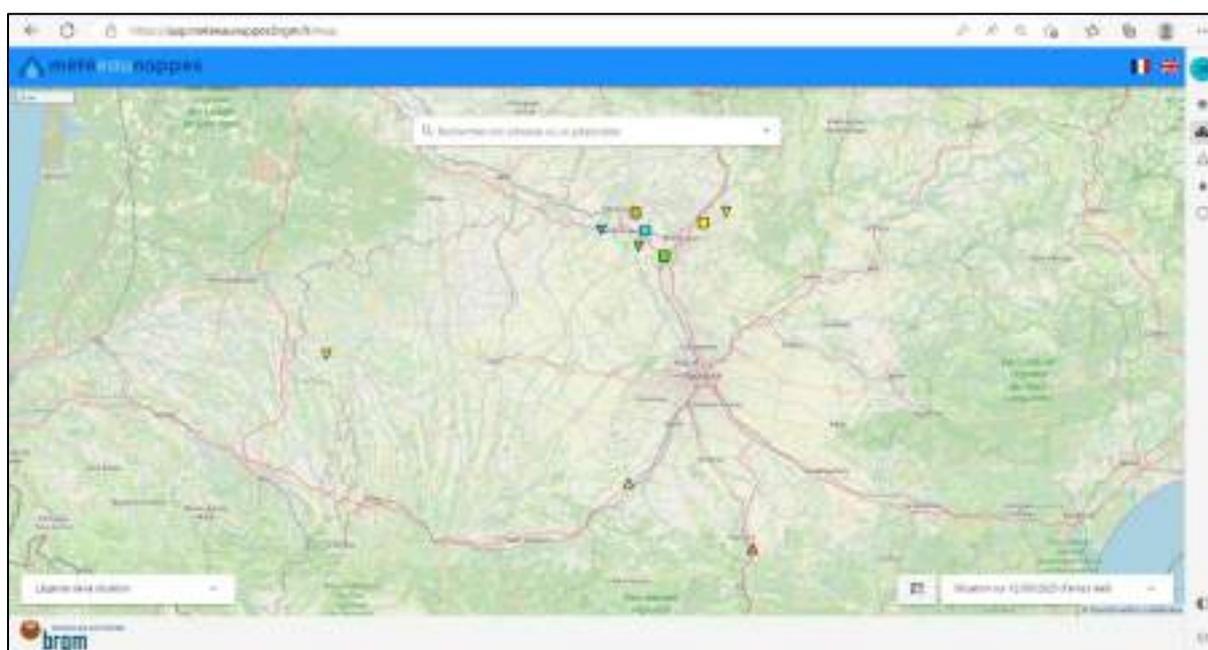


ILLUSTRATION 4 – ZOOM SUR LES 10 PIEZOMETRES MODELISES DANS LE CADRE DU PROJET AQUIFER

En cliquant sur chaque point de suivi, une fiche dédiée s'ouvre et permet de visualiser la cote piézométrique collectée en temps réel, les pluies enregistrées à la station SYNOP² la plus proche, le débit enregistré à la station hydrométrique la plus proche, et les prévisions de la cote piézométrique sur les prochains mois. Ces informations sont reprises sur l'illustration 5 pour un des points modélisés (Bioule, BSS002DEZW). Les prévisions de cotes piézométriques apparaissent dans la seconde partie de la fiche, avec une visualisation des cotes en déplaçant la souris sur les courbes. **Ces prévisions sont mises à jour mensuellement**, à réception des données météorologiques du mois passé sur la station associée au point de suivi.

² Données d'observations issues des messages en code synoptique international d'observation en surface (SYNOP) circulant sur le système mondial de télécommunication (SMT) de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM)

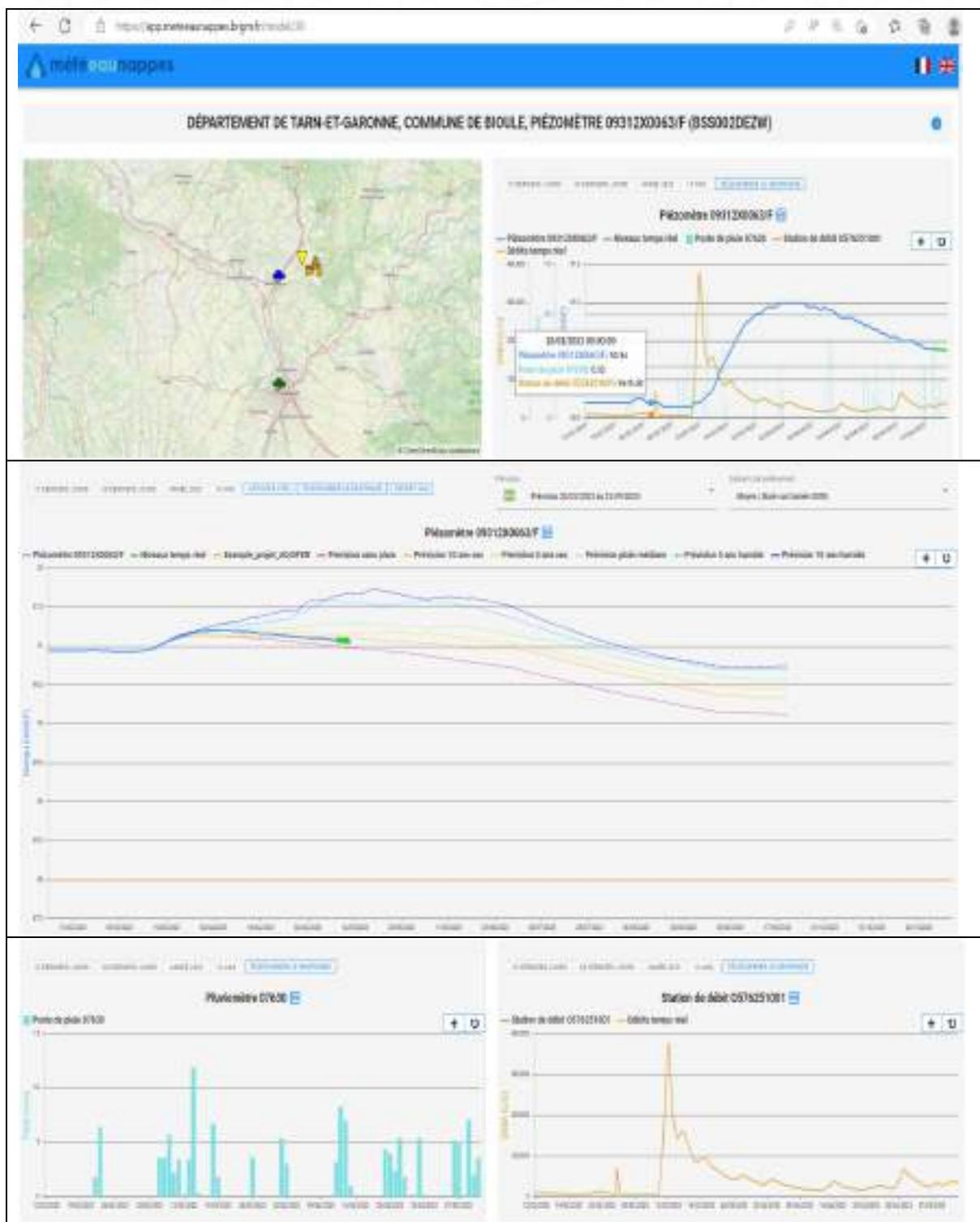


ILLUSTRATION 5 – FICHE D'UN POINT DE SUIVI DE LA PLATEFORME WEB METEEAU NAPPES

3. Mise en œuvre en Espagne

Trois piézomètres localisés en Espagne ont été modélisés. Les données d'entrée utilisées, à savoir les profondeurs d'eau, les précipitations, l'évapotranspiration potentielle et, dans certains cas, les prélèvements, ont été fournies par les partenaires du projet, à savoir CUADLL pour les points localisés dans la vallée du Llobregat et l'IGME pour les points localisés dans le Campo de Carthagená.

La calibration est effectuée à l'aide des chroniques de suivi des eaux souterraines, collectées à des pas de temps variable au fil du temps. Le logiciel GARDENIA, développé par le BRGM, a été utilisé.

Les travaux de calibration sur les 3 piézomètres ont permis de reproduire de façon relativement satisfaisante les chroniques piézométriques enregistrées sur ces points de suivi. Les résultats obtenus sont présentés sur l'illustration 6 et détaillés dans le livrable de l'activité 2.2 du projet AQUIFER. Sur chaque graphique, la cote piézométrique observée sur le point de suivi est reprise en bleu tandis que la cote piézométrique modélisée est représentée en pointillés de couleur verte. Une meilleure prise en compte des prélèvements influençant les chroniques piézométriques permettrait d'améliorer les résultats. Ces données n'étaient cependant pas disponibles auprès des partenaires sollicités.

La mise en ligne de ces résultats sur la plateforme MétéEAU Nappes nécessite la mise à jour régulière et automatique des données piézométriques, des données météorologiques et des données de prélèvements. Ces données n'étant pas disponibles en ligne, via des API³, sur les points modélisés, la mise en ligne de ces modélisations pour obtenir la mise à jour régulière des prévisions de cotes piézométriques n'a pas pu être réalisée. Les équipements réalisés dans le cadre du projet SUDOE Aquifer, Activité 1.2, permettent d'acquérir des données en temps réel, facilitant leur mise en ligne via des plateformes de diffusion de données.

³ "Application Programming Interface", soit interface de programmation d'application en Français

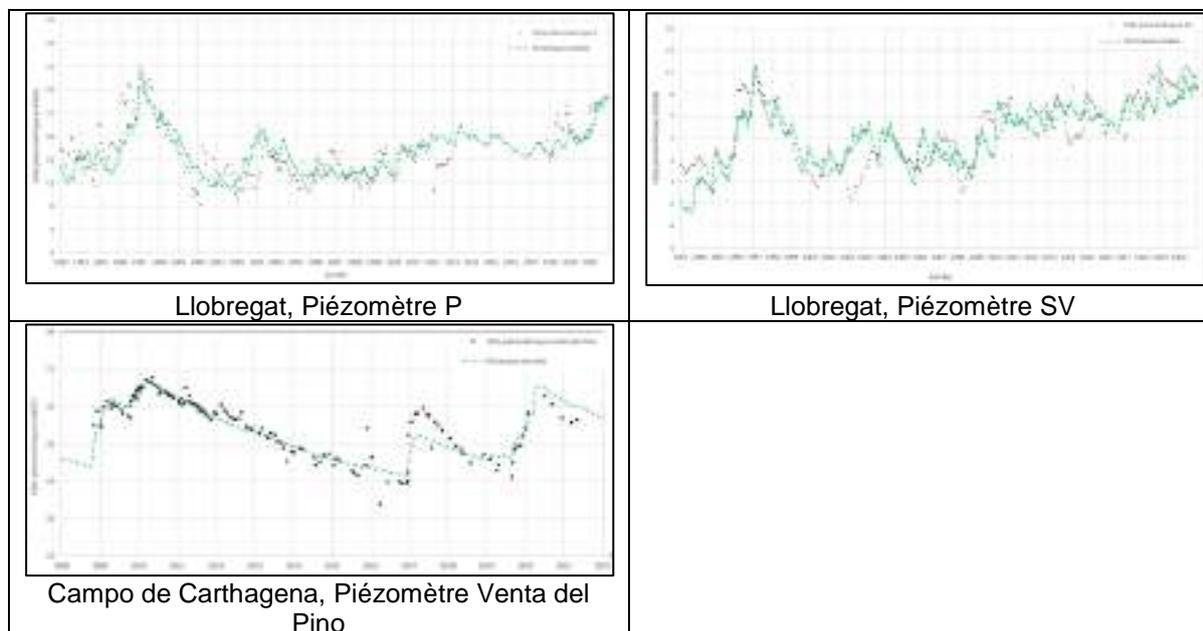


ILLUSTRATION 6 – CALAGES PLUIE-NIVEAU OBTENUS SUR LES 3 PIEZOMETRES MODELISES EN ESPAGNE

4. Mise en œuvre au Portugal

Deux piézomètres localisés au Portugal ont été modélisés. Les données d'entrée utilisées, à savoir les profondeurs d'eau, les précipitations, et l'évapotranspiration potentielle, ont été fournies par les partenaires du projet, à savoir Agua de Ribatejo.

La calibration est effectuée à l'aide des chroniques de suivi des eaux souterraines, collectées à des pas de temps variables au fil du temps. Le logiciel GARDENIA, développé par le BRGM, a été utilisé.

Les résultats associés à la phase de calibration de ces 2 piézomètres sont disparates : la chronique d'un point de suivi a été reproduite de façon satisfaisante sur une moitié de période d'observation (Escouparim), tandis que les résultats sur le point de suivi de Salvaterra sont

moins bons. Les résultats obtenus sont présentés sur l'illustration 7 et détaillés dans le livrable de l'activité 2.2 du projet AQUIFER. Sur chaque graphique, la cote piézométrique observée sur le point de suivi est reprise en bleu tandis que la cote piézométrique modélisée est représentée en pointillés de couleur verte. Les données météorologiques qui ont été fournies sont lacunaires, certaines pendant plusieurs années, ce qui explique une chronique piézométrique modélisée ne reproduisant pas les niveaux enregistrés. De meilleures données d'entrée, associée à une bonne connaissance du contexte de pression prélèvements sur ces deux secteurs d'étude, permettraient de significativement améliorer les résultats sur la seconde partie de la chronique d'Escouparim et sur l'ensemble de la chronique de Salvaterra. Ces données n'étaient cependant pas disponibles auprès des partenaires sollicités.

La mise en ligne de ces résultats sur la plateforme MétéEAU Nappes nécessite la mise à jour régulière et automatique des données piézométriques, des données météorologiques et des données de prélèvements. Ces données n'étant pas disponibles en ligne, via des API, sur les points modélisés, la mise en ligne de ces modélisations pour obtenir la mise à jour régulière des prévisions de cotes piézométriques n'a pas pu être réalisée. Les équipements réalisés dans le cadre du projet SUDOE Aquifer, Activité 1.2, permettent d'acquérir des données en temps réel, facilitant leur mise en ligne via des plateformes de diffusion de données.

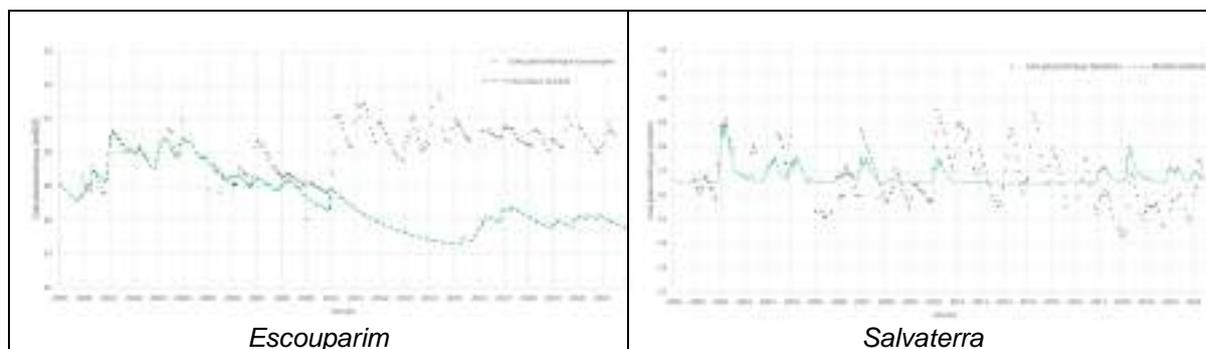


ILLUSTRATION 7 – CALAGES PLUIE-NIVEAU OBTENUS SUR LES 2 PIEZOMETRES MODELISES AU PORTUGAL

5. Conclusions

Un modèle hydrogéologique simplifié pluie-niveau permet de reproduire la chronique piézométrique historique grâce aux données météorologiques, à l'ajustement de paramètres et, dans certains cas, aux données de prélèvements. Lorsque les résultats de cette phase de calibration sont satisfaisants, la prévision des niveaux piézométriques des mois suivants peut être émise en fonction de différents scénarios climatiques, basés sur les données météorologiques historiques.

Les prévisions de cotes piézométriques sont mises à disposition sur le site internet MétéEAU Nappes, hébergé par le BRGM (<https://meteeanappes.brgm.fr/fr>). Ce produit innovant est actuellement testé à l'échelle nationale en France. Dix nouveaux points ont pu être ajoutés à la plateforme dans le cadre du projet SUDOE AQUIFER. Les points modélisés en Espagne (3) et au Portugal (2) n'ont cependant pas pu être ajoutés, les données collectées n'étant pas disponibles pour chargement automatique sur la plateforme via des API. Si ce verrou vient à être levé dans le cadre de futurs travaux, les modélisations réalisées pourront être mises à jour et chargées de façon à obtenir les mêmes résultats que sur les points de suivi localisés en France.

Cet outil représente une étape importante dans l'intégration des aquifères dans la gestion des ressources en eau et dans l'anticipation des conditions estivales dans un contexte de raréfaction de la ressource.