



Syndicat Mixte de
l'Argens



Rapport

Proposition d'un réseau de suivi piézométrique des eaux souterraines du bassin versant de la Nartuby

Rapport de phase 4



Rapport n°121258/version B – 10 mars 2023

Projet suivi par Thibault PELLEGRINI – 06.29.35.32.44 – thibault.pellegrini@anteagroup.fr



www.anteagroup.fr/fr

Fiche signalétique

Proposition d'un réseau de suivi piézométrique des eaux souterraines
du bassin versant de la Nartuby

Rapport de phase 4

CLIENT	SITE
Syndicat Mixte de l'Argens	Bassin versant de la Nartuby
Adresse postale	2 avenue de Lazare Carnot 83300 Draguignan
Nom	Rémi GUERISSE
Fonction	Chargé de projet contrat de rivière Nartuby
Tél	09.72.45.24.93
Mail	r.guerisse@syndicatargens.fr

RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet	Thibault PELLEGRINI
Implantation chargée du suivi du projet	Implantation d'Aubagne
Rapport n°	121 258
Version n°	version B
Projet n°	PACP190431

	Nom	Fonction	Date
Rédaction	T. Pellegrini	Hydrogéologue	Décembre 2022
Approbation	V. DURAND	Responsable d'équipe	Janvier 2023
Relecture qualité	M-L. ANTONUCCI	Secrétariat	Janvier 2023

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	03/01/2023	31	0	Version initiale
B	10/03/2023	26	0	Complément suite au COTECH du 01/02/2023

Sommaire

1. Présentation du projet et des objectifs	5
2. Rappel du Contexte géologique et hydrogéologique	6
2.1. Hydrogéologie générale	6
2.2. Aquifère Jurassique	8
2.3. Aquifère Muschelkalk.....	9
3. Piézométrie.....	11
3.1. Ouvrages existants suite à la phase 5	11
3.2. Interprétation des résultats issus de la Phase 5.....	14
4. Proposition de scénarios de suivis piézométriques.....	15
4.1. Définition et objectif du suivi piézométrique.....	15
4.2. Définition des scénarios	16
4.3. Scénario mineur : Valorisation des données existantes	17
4.4. Scénario modéré : Equipement de l'existant et réalisation de piézomètres complémentaires. 20	
4.4.1. Equipement de l'existant	20
4.4.2. Réalisation de piézomètres complémentaires	20
4.5. Scénario majeur : Suivi des sources	26
4.6. Conclusion	29

Table des figures

Figure 1 : Hydrogéologie générale de la région	6
Figure 2 : Coupe générale hydrogéologique	7
Figure 3 : Ouvrages suivis en phase 5	12
Figure 4 : Chronique piézométrique des ouvrages jusqu'au 17/02/2022 – Phase 5	13
Figure 5 : Carte du suivi piézométrique mineur	18
Figure 6 : Exemple d'un capteur de niveau pour un piézomètre	19
Figure 7 : Installation d'une station hydrologique sur la Foux	19
Figure 8 : Localisation d'un piézomètre complémentaire secteur Rebouillon	21
Figure 8 : Localisation de 2 piézomètres complémentaires (doublet) secteur Incapis	22
Figure 9 : Schéma de principe pour éviter la mise en communication de deux nappes	23
Figure 10 : Carte du suivi piézométrique modéré	24
Figure 11 : Carte du suivi piézométrique majeur	27
Figure 12 : Exemple d'équipement de source	28

Table des tableaux

Tableau 1 : Points du suivi piézométrique mineur	17
Tableau 2 : Caractéristiques techniques des piézomètres	22
Tableau 3 : Points du suivi piézométrique modéré	23
Tableau 4 : Points du suivi piézométrique majeur	26

1. Présentation du projet et des objectifs

Dans le cadre de l'action B1.1 du second contrat de rivière de la Nartuby et en réponse à l'action 5E-01 « protéger les ressources stratégiques pour l'alimentation en eau potable » du SDAGE 2010-2015, la présente étude lancée par le SMA a pour objectifs principaux :

- D'améliorer la connaissance et de caractériser le fonctionnement hydrogéologique des eaux souterraines ;
- D'identifier les secteurs stratégiques pour l'alimentation en eau potable et de déterminer des objectifs de gestion de nappe ;
- De définir et caractériser des zones de sauvegarde pour le futur (ZSF) pour l'alimentation en eau potable et de mettre en œuvre des actions concrètes pour assurer la protection des ressources en eau au niveau des différents documents d'urbanisme ;
- De mieux comprendre les relations entre eaux souterraines et superficielles et de définir un réseau de suivi piézométrique permettant d'aboutir à une gestion durable de la ressource.

Il est important de noter que les deux principales masses d'eau souterraines du secteur d'étude, à savoir « l'Aquifère des Plateaux calcaires des Plans de Canjuers » (masse d'eau FRDG139) et les « Calcaires et dolomies du Muschelkalk de l'avant-pays provençal » (masse d'eau FRDG169), sont identifiées dans le SDAGE comme ressources patrimoniales pour l'AEP et/ou comme aquifères stratégiques (karst) pour l'alimentation en eau potable.

A ce titre, l'approche de type « ressource stratégique » qui sera menée vise à identifier des secteurs à forts enjeux (déjà exploités ou non), appelés zones de sauvegarde pour le futur (ZSF), qu'il conviendra de préserver pour les besoins futurs en eau potable et de prendre les dispositions nécessaires à leur protection.

En ce sens, la mission est organisée selon le phasage suivant :

- Phase 1 : Caractérisation des eaux souterraines sur le territoire ;
- Phase 2 : Détermination des objectifs de gestion de nappe ;
- Phase 3 : Détermination des ZSRE et des ZSRNE (Zones de Sauvegarde des Ressources Exploitées et des Ressources Non Exploitées) ;
- Phase 4 : Proposition d'un réseau de suivi piézométrique ;
- Phase 5 (au cours de l'étude) : Réalisation de reconnaissances complémentaires.

Le présent rapport présente les différents scénarios de suivi piézométrique envisagés sur le bassin versant de la Nartuby dans le cadre de la phase 4.

2. Rappel du Contexte géologique et hydrogéologique

2.1. Hydrogéologie générale

Située dans le sud-est de la France, le bassin versant de la Nartuby enregistre une histoire géologique polyphasée de plus de 250 Ma. Il s'étend sur la transition entre la Provence cristalline au sud-est (massif de l'Estérel) et la Provence calcaire au nord-ouest (Massif de Canjuers), et dans les zones d'influence des déformations Pyrénéo-Provençale et Alpine (cf. figure 1).

La géologie du secteur dracénois est influencée par la succession d'épisodes d'extension, de compression, d'enfouissement, d'érosion et d'aplanissement qui ont affecté cette zone depuis le Paléozoïque.

Le bassin versant est dominé par quatre formations :

- Calcaires du Jurassique (Canjuers, Malmont) ;
- Marno-calcaires et marnes du Trias ;
- Calcaires et dolomies du Muschelkalk (Draguignan et Trans) ;
- Grès et Pélites du Permien.

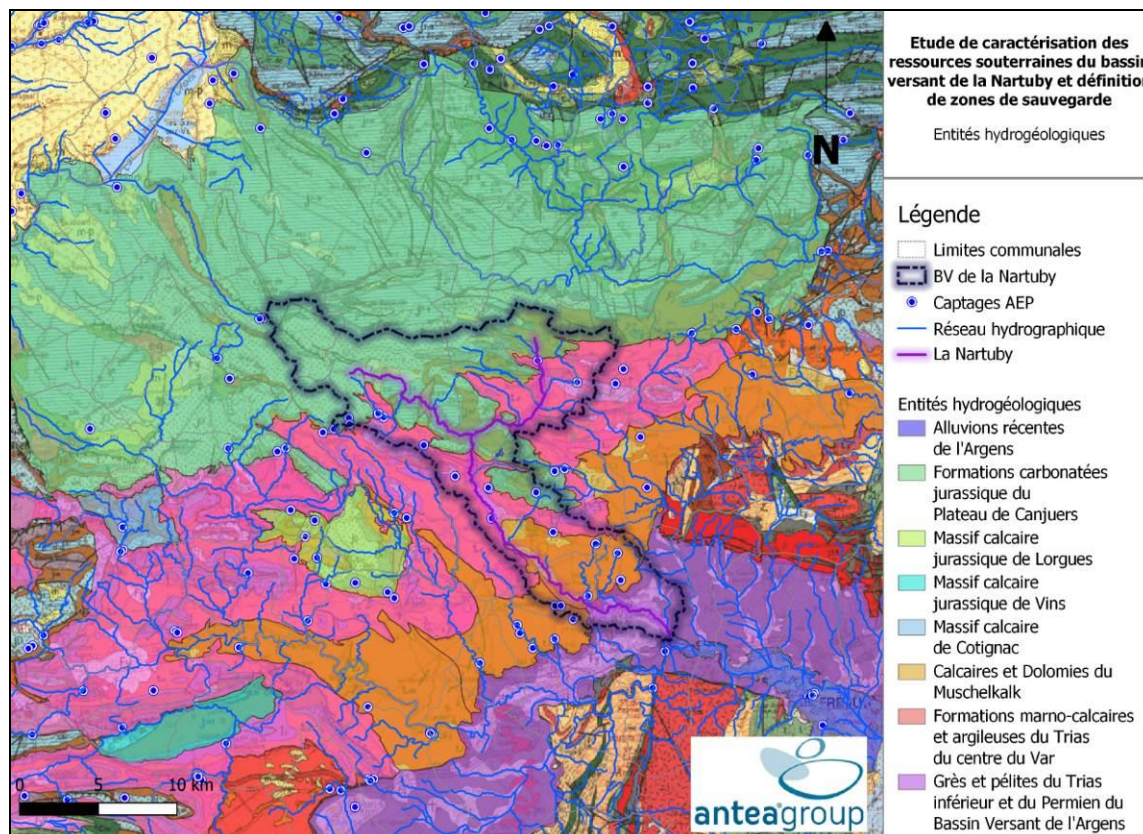


Figure 1 : Hydrogéologie générale de la région

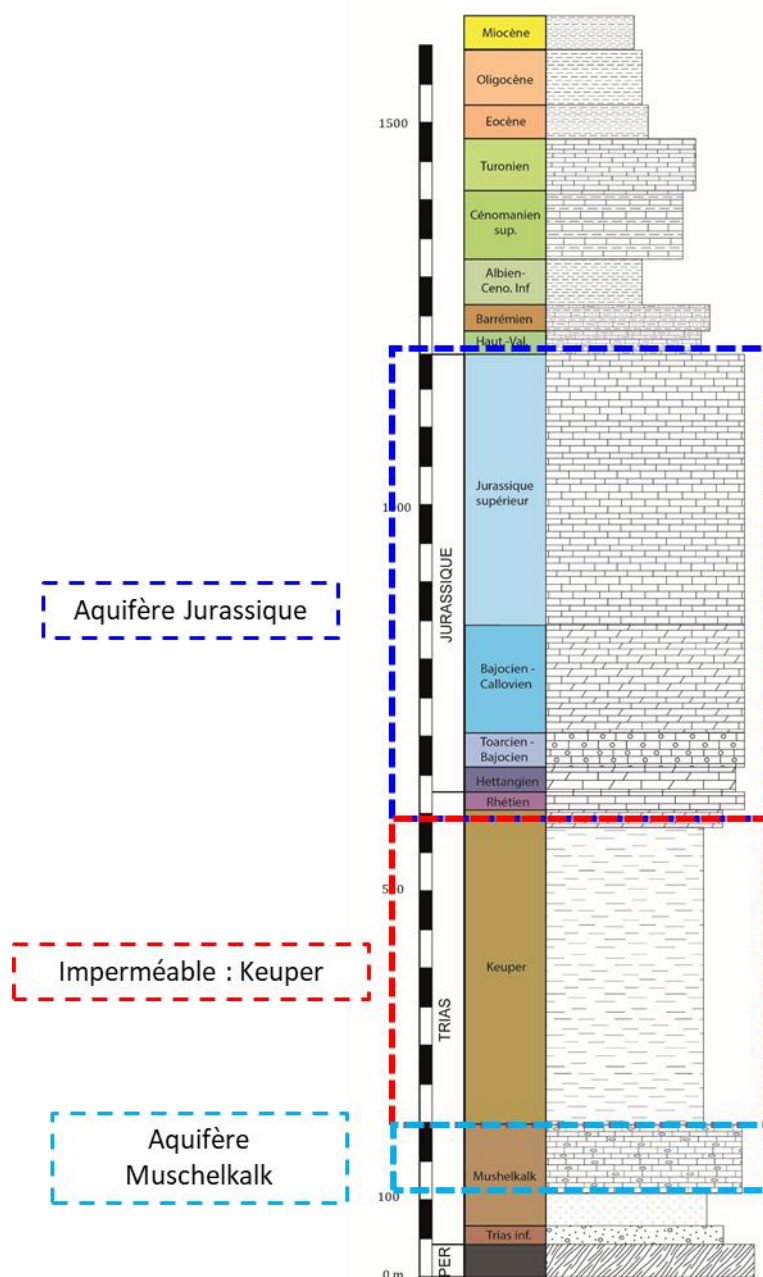


Figure 2 : Coupe générale hydrogéologique

À l'échelle du bassin versant de la Nartuby les ressources en eau souterraines sont localisées dans les deux aquifères carbonatés karstiques du Jurassique et du Muschelkalk. Ces deux réservoirs sont séparés par un niveau considéré comme aquiclude, le Keuper marno-gypseux.

2.2. Aquifère Jurassique

L'aquifère karstique du Jurassique repose sur le substratum du Trias supérieur formé par les marnes du Keuper pouvant dépasser 250 m d'épaisseur. La série Jurassique composée principalement de calcaires et dolomies peut disposer de niveaux argileux pouvant localement jouer le rôle d'écran imperméable (présence locale d'une nappe perchée à l'origine de sources temporaires).

Les exutoires sont principalement représentés par les sources en pourtour ou en point bas des massifs. On peut citer par exemple la source des Frayères (principal exutoire du secteur du bois de Prannes : $Q_{moy}=170$ l/s), la source de La Doux à Bargemon, la source du Dragon et de Fontvieille en pourtour du massif du Malmont.

Dans sa partie supérieure, l'aquiclude du Keuper présente des faciès carbonatés qui se rattachent à l'aquifère Jurassique. En-dessous, cet étage fortement affecté par la tectonique est considéré comme imperméable dans son ensemble avec plus de 300 m de marnes gypseuse. Sur tout le territoire d'étude, cet étage conditionne la présence de sources en agissant comme mur de l'aquifère jurassique sus-jacent, ce qui marque un argument indirect du rôle étanche de ce niveau. Des phénomènes de drainance pourraient néanmoins se produire dans cet étage par le relais de lentilles gypseuses partiellement connectées à la faveur de discontinuités préexistantes.

L'alimentation de l'aquifère calcaire Jurassique supérieur se fait principalement par infiltration des eaux de pluie mais aussi grâce à trois zones de perte principales :

- à l'amont d'Ampus quand deux cours d'eau traversent les calcaires du Jurassique supérieur dans le massif de la Rouvière ;
- dans les gorges d'Ampus, à l'aval du village et à l'amont de la source des Frayères ;
- Dans les gorges de Châteaudouble entre la chapelle Saint-Jean et l'amont des Frayères. L'expérience de traçage a permis de montrer que les eaux qui transitent par cette zone de perte retrouvent la Nartuby au droit des sources des Ferrières et non par la source des Frayères ;

Trois zones de restitution ont été identifiées lors de la Phase 5 :

- Source des Frayères (de 500 à 600 l/s suite à des événements pluvieux à 20-30 l/s à l'étiage en régime influencé par les prélèvements) ;
- Les Gorges entre Frayère et Ferrières : les débits de restitution sont moins variables mais du même ordre de grandeur (de 150 l/s en fin d'étiage à 250 l/s suite à des événements pluvieux) ;
- A l'aval des Ferrières, les restitutions sont faibles (de 10 à 30 l/s) et se font sous forme de venues sous-alluviales ;

Au final, on peut insister sur le soutien d'étiage important de ces karsts du Jurassique supérieur qui permettent de donner à la rivière lors des étiages forts, un débit compris entre 100 et 150 l/s (vidange lente des réserves) en plus des 50 l/s apports en tête de bassin versant par les aquifères liasiques.

2.3. Aquifère Muschelkalk

On distinguera l'aquifère des calcaires du Muschelkalk qui constitue une ressource majeure sur le territoire. Les calcaires et dolomies du Muschelkalk inférieur à supérieur peuvent atteindre une épaisseur d'une centaine de mètres et présentent une altération à l'origine d'un réseau karstique. La base du Muschelkalk peut présenter une nature gypseuse ou inclure la présence de lentilles de sel gemme (halite) à l'origine de résurgences fortement minéralisées.

Cet aquifère est composé de deux sous-aquifères séparés par un niveau marnogypseux-dolomitique. Lors de la Phase 5, un doublet de piézomètre a été réalisé à Draguignan afin de comparer les niveaux des deux aquifères Muschelkalk. En effet, le PZ1 profond de 102 m capte l'aquifère Muschelkalk inférieur alors que le PZ2 est profond de 51 m et capte l'aquifère supérieur et les alluvions. L'aquifère est donc séparé avec :

- Un compartiment supérieur drainé par la source de la Foux ;
- Un compartiment inférieur drainé par la zone de résurgence à Trans-en-Provence et par les sources de débordement à l'est.

Alors que l'aquifère du Muschelkalk inférieur est relativement homogène et continu en dehors des zones d'écaillage, l'aquifère du Muschelkalk supérieur apparaît plus compartimenté et étagé dans les flancs des plis et écaillures.

L'aquifère est rechargé par :

- les apports pluviométriques sur les zones d'affleurement
- les pertes de la Nartuby indirectement
- les apports en provenance des unités hydrogéologiques du Jurassique en amont du bassin versant.

L'aquifère Muschelkalk amont s'étend de la fenêtre de Rebouillon aux Incapis et se trouve plus ou moins sous la plaine alluviale de Draguignan. Son alimentation se fait principalement :

- au droit de la fenêtre de Rebouillon où des zones de pertes importantes semblent s'activer seulement en période de hautes eaux ;
- entre la Clappe et St Hermentaire. Il s'agit de la zone de pertes bien identifiée de la Nartuby au profit de l'aquifère karstique (pertes comprises entre 100 et 400 l/s) ;

Cet aquifère amont se vidange de deux manières :

- Par des retours à la Nartuby avec une zone de restitution qui s'étend du Pont de Lorgues à la confluence avec la Foux (quartier St Hermentaire).
- Par une alimentation de la source de la Foux : module de cette source est estimé à environ 900 l/s (soit environ 28 Mm³/an).

L'aquifère Muschelkalk aval s'étend sur un vaste territoire sur les deux rives de la Nartuby (depuis les Arcs jusqu'à Claviers). Il est alimenté de plusieurs façons :

- Par infiltration des eaux de pluie (environ 65 km²) : volume infiltré estimé à 18 Mm³/an ;
- Par les pertes du riu de Claviers (de 100 l/s au printemps à 0 en été) ;
- Par des pertes de la Nartuby entre la Foux et les gorges de Trans-en-Provence ; elles varient de 400 l/s en moyennes eaux à 100 l/s à l'étiage ;
- Par des pertes activées de façon temporaire durant les épisodes de pluie sur les cours d'eau qui prennent leurs sources dans les aquifère du Jurassique amont ou dans les horizons peu perméables du Keuper (Real, Catalane, cluse de Figanières,..).

Les gorges de Trans-en-Provence sont le principal exutoire de cet aquifère Muschelkalk : de 399 à 879 l/s sur la période de mesure. Entre l'aval des gorges et la station « Retru », une nouvelle zone d'apport est constatée : entre 470 et 960 l/s.

3. Piézométrie

3.1. Ouvrages existants suite à la phase 5

La phase 5 a permis en particulier de préciser la compartimentation de la nappe Muschelkalk (dynamique des nappes supérieure et inférieure du Muschelkalk) et les relations nappe/rivière. Pour cela :

- Un doublet de forages à Draguignan (aquifères supérieur PZ2 et inférieur du Muschelkalk PZ1) a été réalisé et instrumenté afin de préciser les dynamiques entre les deux compartiments ;
- Un forage implanté dans le Muschelkalk inférieur a été implanté à Trans-en-Provence afin de confirmer l'alimentation de la source de la Foux par la nappe supérieure du Muschelkalk et l'origine des eaux des résurgences de Trans-en-Provence et La Motte par la nappe inférieure ;
- Deux puits existants situés dans le quartier des Incapis à Draguignan ont été équipés.

Le suivi continu piézométrique lors de la Phase 5 a été complété par les ouvrages existants :

- Mesure du niveau de la nappe au droit des forages en exploitation de Pont d'Aups et Sainte Anne à Draguignan (VEOLIA) ;
- Mesure du niveau de la nappe au droit des piézomètres ADES existants (Sainte Anne à Draguignan et Vallongue à La Motte).
- Un ouvrage réalisé dans le cadre de l'action 35 du PAPI fait l'objet d'un suivi mensuel par le SMA : secteur « bonhomme » en aval de Draguignan captant le Muschelkalk supérieur et les alluvions.
- Des sondages pressiométriques captant les alluvions de la Nartuby.

De façon synthétique, le suivi piézométrique existant concerne les aquifères suivants :

- PZ1 : Muschelkalk inférieur ;
- PZ2 : Muschelkalk supérieur / alluvions ;
- Incapis : alluvions de la Nartuby ;
- Piézomètre ADES Sainte Anne : origine des eaux probablement mixte (Muschelkalk supérieur / apports du massif Jurassique Malmont) ;
- PZ3 : Muschelkalk inférieur ;
- Pz DRA Bonhomme : alluvions Nartuby ;
- Piézomètre ADES Vallongue : Muschelkalk inférieur ;
- Pz TRA Retru SP1 à SP4 : alluvions.

Ces ouvrages sont présentés en Figure 3 ci-dessous.

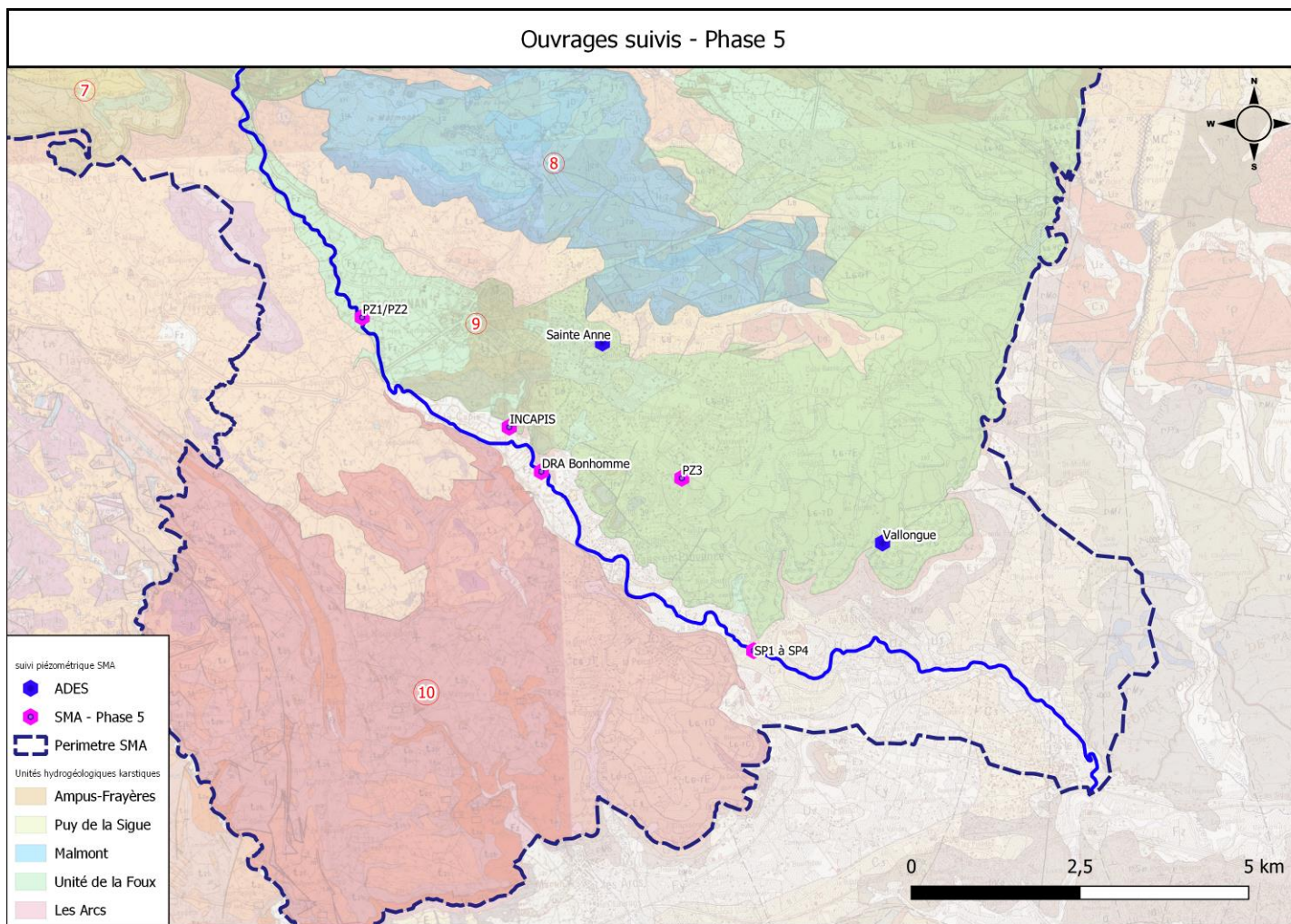


Figure 3 : Ouvrages suivis en phase 5

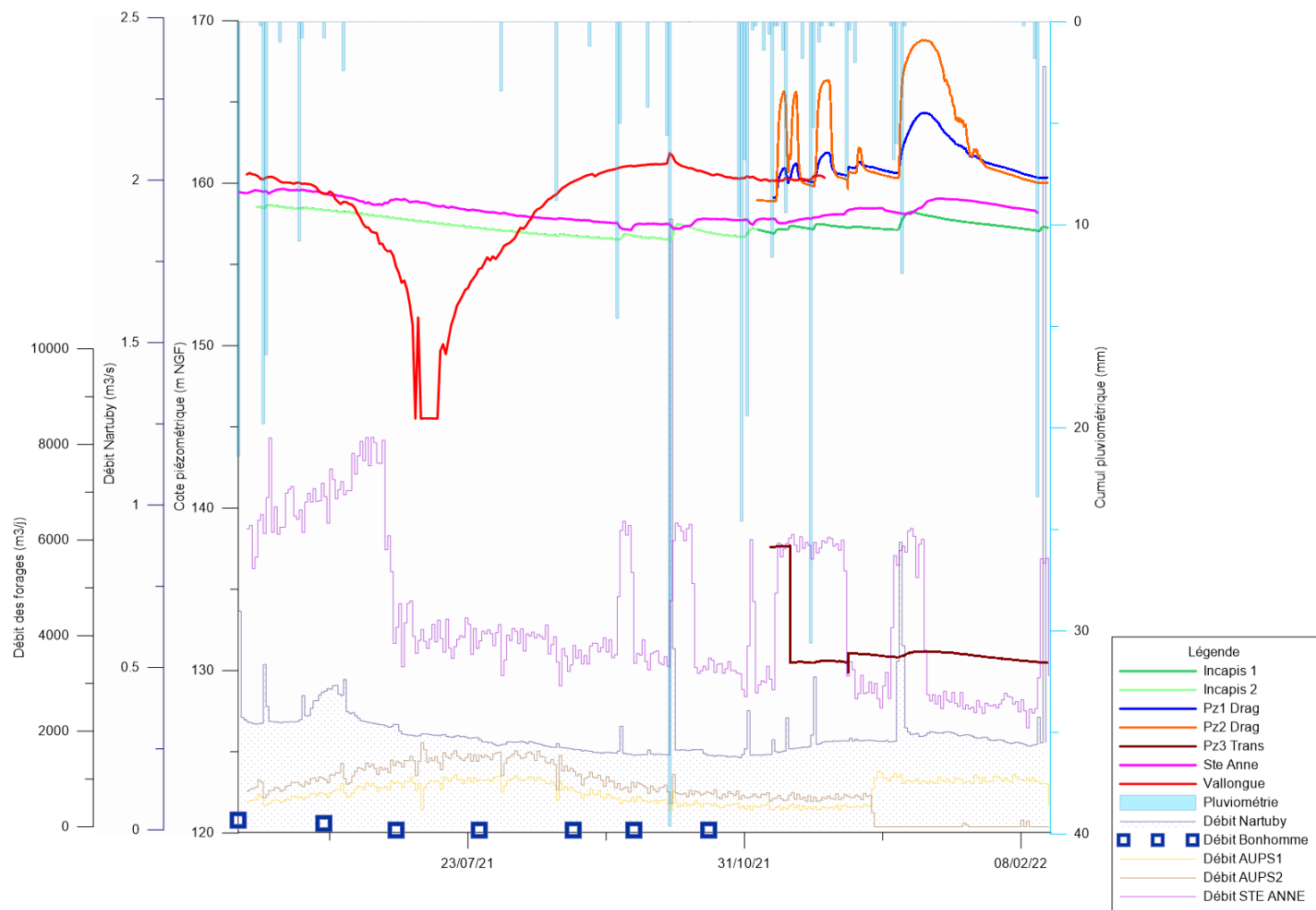


Figure 4 : Chronique piézométrique des ouvrages jusqu'au 17/02/2022 – Phase 5

3.2. Interprétation des résultats issus de la Phase 5

Les principaux résultats du suivi piézométrique mis en place lors de la phase 5 sont résumés ci-dessous :

La cote piézométrique mesurée au droit de l'ouvrage de Trans-en-Provence est comprise entre 129,87 et 137,7 m NGF. Ce dernier est représentatif de l'aquifère Muschelkalk inférieur. La cote altimétrique de la source de la Foux est estimée à 158 m NGF, tandis que la cote altimétrique du fond de la Nartuby en aval des gorges de Trans-en-Provence est estimée à environ 115 m NGF. En ce sens, **l'aquifère Muschelkalk inférieur ne peut pas alimenter la source de la Foux mais serait à l'origine des résurgences en aval des gorges de Trans.**

Les mesures piézométriques des Incapis rendent compte d'un niveau indépendant du débit mesuré à la station « Bonhomme », la Nartuby étant sèche à partir du mois de juillet. La cote altimétrique du lit mineur du cours d'eau est estimée à 159,2 m NGF dans ce secteur tandis que la cote piézométrique mesurée aux Incapis est comprise entre 156,5 et 158,7 m NGF.

Dans le secteur de Pont d'Aups, on peut observer des gradients de charge entre les deux nappes qui varient en fonction du temps :

- hors événements pluvieux, la nappe profonde présente une charge plus forte que la nappe superficielle (possibilité de drainance ascendante),
- pendant les événements pluvieux, les gradients de charge s'inversent et c'est la nappe superficielle qui présente une charge plus élevée que la nappe profonde (possibilité de drainance descendante).

Sur toute la durée du suivi, le toit de nappe superficielle reste inférieur de plus de 10 m sous le lit de la rivière ; cela permet de conclure à une **déconnexion permanente entre rivière et nappe dans ce secteur** durant la période suivi.

- Le traçage réalisé dans les gorges de Châteaudouble a permis de démontrer qu'une quantité importante du traceur s'est infiltrée dans les gorges de Châteaudouble (restitution totale < 28 % du volume injecté). Le fait que le traceur ne soit pas ressorti aux Frayères, et que le volume de traceur restitué aux Ferrières est plus important (restitution totale < 71 % du volume injecté d'autant plus que les eaux des Ferrières sont diluées par l'apport des Frayères), permet de confirmer l'hypothèse que :

La source des Frayères n'est pas alimentée par les pertes des gorges de Châteaudouble mais uniquement par le karst Jurassique situé au Nord ;

Celles-ci alimentent plutôt le massif Jurassique situé au Sud, qui alimente lui-même les venues sous-alluviales localisées entre les Frayères et les Ferrières, en rive gauche de la Nartuby.

4. Proposition de scénarios de suivis piézométriques

4.1. Définition et objectif du suivi piézométrique

Le suivi piézométrique se définit comme la mesure du niveau d'eau des nappes d'eaux souterraines. Il permet de connaître l'état quantitatif des aquifères.

L'objectif principal de la phase 4 est de proposer trois scénarios pour le suivi piézométrique. Différents objectifs peuvent lui être attribué :

- Acquérir une meilleure connaissance du fonctionnement des différents aquifères par des enregistrements continus des niveaux (période de recharge et de vidange) ;
- Mettre en relation les niveaux avec les relevés des précipitations (Météo France) ;
- Suivre l'évolution annuelle et interannuelle du niveau général des aquifères ;
- Réalisation de statistique sur les chroniques piézométriques pour définir les hautes eaux et basses eaux ;
- Constituer des chroniques de données continues pour déterminer sur une longue période des « valeurs caractéristiques » des aquifères ;
- Détecter le cas échéant d'éventuels signes de surexploitation ou déterminer les aquifères où les actions prioritaires sont à engager ;
- Mettre à disposition des informations concrètes et fiables aux collectivités et au délégataire d'eau potable, administrations, décideurs publics :
 - o Sur le niveau d'eau des nappes avant l'alerte d'inondation
 - o Sur l'état de la ressource souterraine, notamment en période de sécheresse.

L'objectif à terme pour le SMA est la création d'un réseau piézométrique permettant de suivre en continu l'évolution du niveau de l'eau dans les nappes via une base de données sous SIG (système d'information Géographique). Cet outil permettra de visualiser en temps réel les différents niveaux d'eau.

Cela permettra d'améliorer la connaissance du fonctionnement des eaux souterraines et de contribuer à la gestion à long terme de la ressource en eau du bassin versant de la Nartuby.

A l'échelle nationale un portail national ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines) rassemble sur un site Internet public les données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines. Une relation entre le SMA et le BRGM (en charge de l'animation des données) devra avoir lieu afin de pouvoir valoriser les données au niveau national et européen (DCE).

A noter qu'actuellement, les piézomètres St Anne à Draguignan (présent sur le champ captant) et Combarons à La Motte font partie du réseau ADES (suivi BRGM PACA).

Ces données piézométriques sont rattachées aux unités hydrogéologiques de la BD LISA. Au niveau du secteur d'étude elle se caractérise par :

- les Formations calcaires à dominante jurassique des départements du Var et des Bouches-du-Rhône (567AO) – Jurassique du Malmont et des Frayères
- Formations marno-calcaires et argileuses du Trias au Crétacé du centre du Var - Bassins versants de l'Argens et du Gapeau (573AA)
- Calcaires et dolomies du Muschelkalk de la région de Draguignan (571AE)

4.2. Définition des scénarios

Le suivi piézométrique sera différent suivant le type d'aquifère (alluvial, karstique ou fissuré). En effet les nappes se comporteront de manière variable par rapport à une même recharge (remontée plus ou moins rapide selon l'infiltration) ou une exploitation (plus ou moins réactif aux prélèvements).

Le suivi piézométrique proposé se base donc sur les unités aquifères qui ont chacune un comportement propre. Il s'appuie aussi bien sur le niveau d'eau dans un piézomètre que sur le débit d'une source qui permet de connaître l'état de la ressource en eau du bassin d'alimentation.

4.3. Scénario mineur : Valorisation des données existantes

L'objectif du scénario mineur est de pouvoir valoriser l'ensemble des données existantes sur les eaux souterraines sur le bassin versant de la Nartuby.

Cela concerne les forages d'eau potable exploités (données avec télétransmission existante) et les sources disposant d'un enregistrement du débit (source des Frayères et Dragon).

Concernant les forages, cela permettra de donner une tendance de la ressource en eau. Une réflexion devra être menée pour traiter le signal de la donnée (rabattement lié au prélèvement et non à la nappe (exemple du traitement sur le piézomètre ADES suivi par le BRGM).

A noter que pour les sources ce scénario ne prévoit pas d'aménagement supplémentaire pour mesurer la surverse.

Ce premier état des lieux permettra de pouvoir mettre en relation les données des différentes collectivités pour avoir une vision globale de la ressource en eau sur le bassin versant.

Une convention entre le SMA et les différentes collectivités en charge de la compétence eau potable pourra être signée afin de partager les données et pouvoir les visualiser (cas déjà existant sur d'autres réseaux piézométriques).

Par ailleurs, il nous semble primordial pour la compréhension hydrogéologique du bassin versant d'équiper la source de la Foux par un capteur de niveau (ainsi que température et conductivité). Il sera installé au niveau des jaugeages réalisés actuellement par le SMA ce qui permettra la mise en place d'une courbe de tarage niveau / débit. Ces données permettront d'obtenir des informations précieuses sur la recharge et la vidange naturelle de l'aquifère (source non exploitée).

Les points concernés sont listés dans le tableau suivant (en rouge sur le tableau) :

Unité hydrogéologique	Aquifère	Exutoire principal	Piezomètres ADES	SMA - Phase 5	Forage AEP	Source AEP	Sources non exploitées
Aups-Fontignion	Jurassique inférieur et supérieur	Source du Rosaire			Vallaury Ravel Espiguières Bœufs		
Ampus - Frayeres	Jurassique inférieur à supérieur	Source des Frayères				Les Frayères	
La Magdeleine	Rhétien au jurassique supérieur	Source de la Magdeleine			La Magdeleine		
Favas	Jurassique inférieur	Forage AEP de St-Roch-Le Stade			Saint Roch - Le Stade		
Coste Rousse	Jurassique inférieur et moyen-supérieur	Source de Pierrepont			Favas		
Puits de la Sigue	Jurassique inférieur et moyen-supérieur	Sources de bordure nord			Lentier		
Malmont	Rhétien au jurassique supérieur	Source du Dragon et Fontvieille		Pz1/PZ2	Teolière Raillourets Dragon	Dragon	
La Foux	Muschelkalk	La Foux	Vallongue (La Motte) Saint Anne (Draguignan)	INCAPIS (alluvions) PZ1/PZ2 PZ3 DRA Bonhomme	Les Costes Collebasse Vallaury Pont d'Aups 1 Pont d'Aups 2 Sainte Anne		La Foux
Bivosque	Jurassique inférieur à supérieur	Source du Tuf					
Les Arcs	Muschelkalk	Source Ste Cécile			Collet du Cypre Le Peical Puits de Maurin 1 Puits de Maurin 2		

Tableau 1 : Points du suivi piézométrique mineur

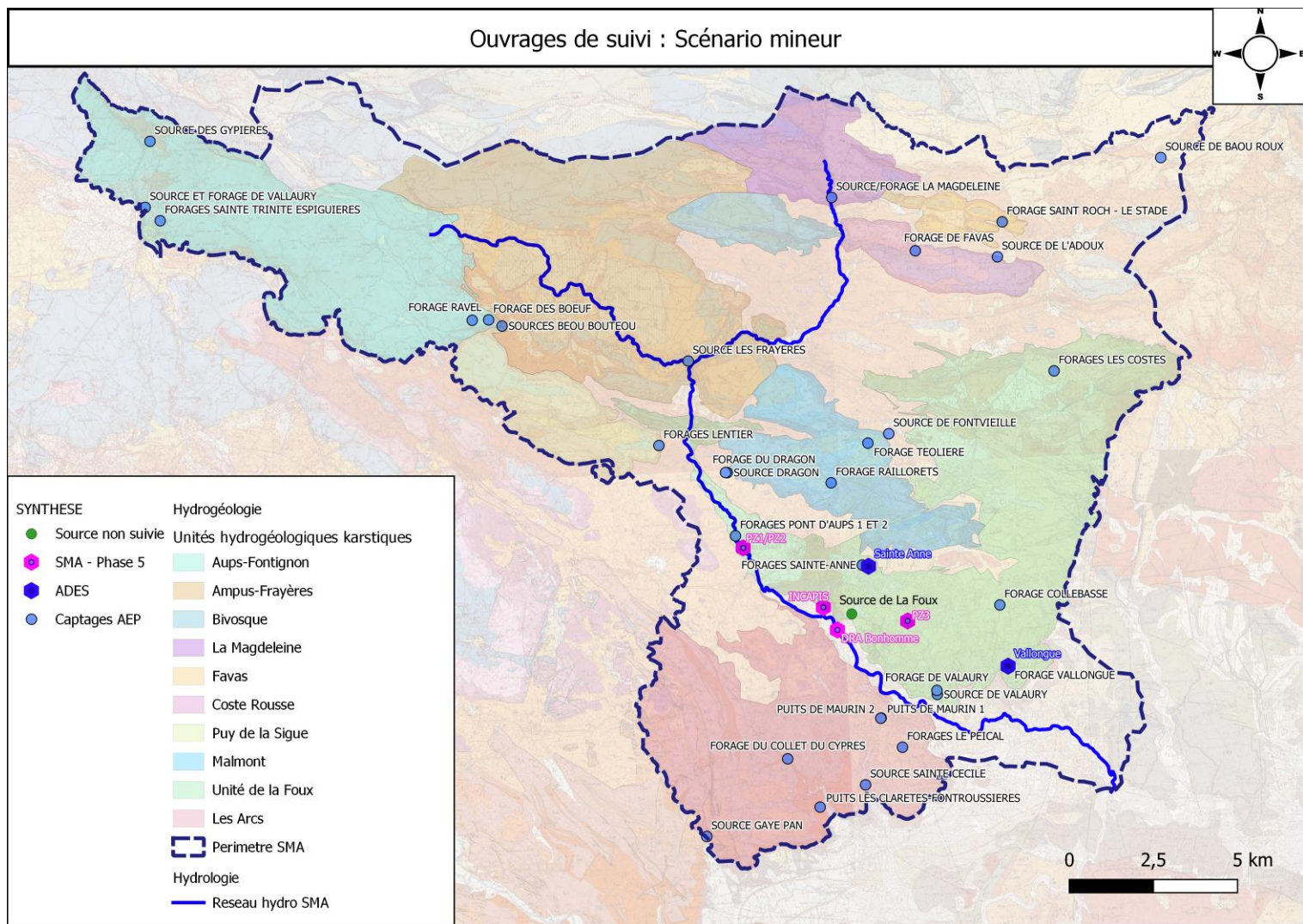
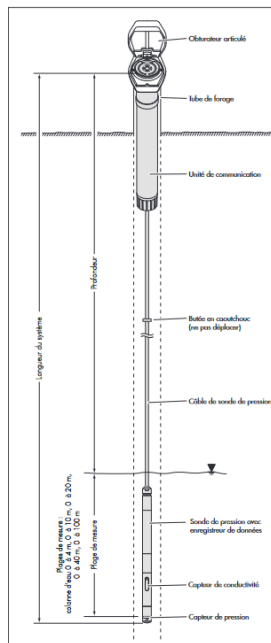


Figure 5 : Carte du suivi piézométrique mineur

Dans le cas de ce scénario, le budget concerne l'installation de 6 capteurs :



- 5 capteurs **eau souterraine** pour un suivi du niveau d'eau / température / conductivité avec télétransmission sur les piézomètres existants réalisés dans le cadre de l'étude. Le cout de ce type de capteur est de 3 à 5 k€ (non pris en charge dans le contrat cadre géotechnique) soit 15 à 25 k€ ;

Figure 6 : Exemple d'un capteur de niveau pour un piézomètre

- L'installation **d'une station hydrologique** avec télétransmission au niveau de la section de jaugeage du SMA. Le budget pour la maçonnerie, échelle limnimétrique, sonde, transmetteur, panneau solaire, est compris entre 6 à 10 k€.

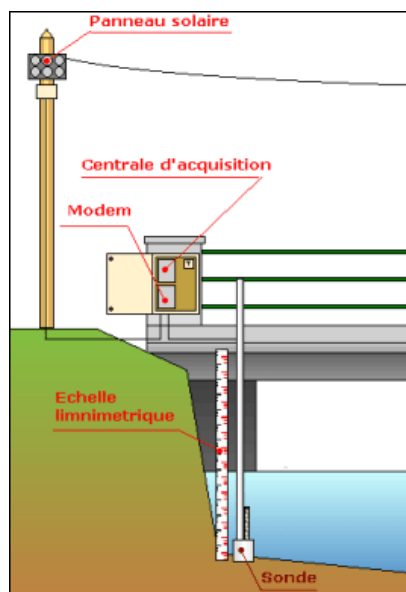


Figure 7 : Installation d'une station hydrologique sur la Foux

Par ailleurs afin de valoriser les données existantes de l'exploitation des forages AEP, il sera nécessaire en phase exploitation de réaliser les éléments suivants :

- La création d'un SIG (propriété du SMA) pour récolter et communiquer les données à l'ensemble des acteurs du territoire (collectivités, délégataire, ...) – budget de 20 à 40 k€
- L'entretien du SIG qui pourra également être valorisées pour différentes thématiques et le traitement (automatique avec avis critique des rabattement liés au prélèvement) ;
- L'entretien des capteurs (remplacement des sondes), la vérification des sondes (changer batterie et éviter les dérives) et le matériel à remplacer. Ce travail représente environ 2 jours / mois pour un technicien et un budget de 5k€/an pour le matériel

A noter que le BRGM en charge du réseau du suivi des eaux souterraines en PACA cherche à replacer le piézomètre de la Motte (peu représentatif). Si les données piézométriques sont transmises au BRGM, un financement peut être envisagé.

4.4. Scénario modéré : Equipement de l'existant et réalisation de piézomètres complémentaires

4.4.1. Equipement de l'existant

L'objectif du scénario modéré est de pouvoir équiper de capteur les ouvrages réalisés lors de la phase 5 et de réaliser deux nouveaux piézomètres au niveau de la fenêtre de Rebouillon et des Incapis afin d'améliorer la compréhension des pertes de la Nartuby dans ces secteurs.

En effet le suivi piézométrique réalisé lors de la phase 5 a permis de comprendre en partie les interactions entre les compartiments de l'aquifère du Muschelkalk et les cours d'eau. Toutefois, étant donné la faible période de suivi et le contexte hydrologique (sécheresse prolongée), le suivi n'a pas pu observer une période de hautes eaux. Le suivi sur une longue période permettant de mieux cerner les échanges nappe/rivière sur les hautes eaux.

4.4.2. Réalisation de piézomètres complémentaires

En complément, il est préconisé de réaliser des piézomètres sur deux secteurs : Rebouillon et Incapis.

4.4.2.1. Piézomètre Rebouillon

Au droit de la fenêtre de Rebouillon : enjeu de compréhension des dynamiques d'infiltration/alimentation. Les jaugeages ont montré que ce secteur correspond à la zone d'alimentation principale de l'aquifère Muschelkalk supérieur (pertes totales de la Nartuby). Au regard des résultats d'investigations de la phase 5, un piézomètre d'une quarantaine de mètres pourrait être réalisé (piézomètre ancré dans les marnes).

Le secteur est donné ci-dessous :

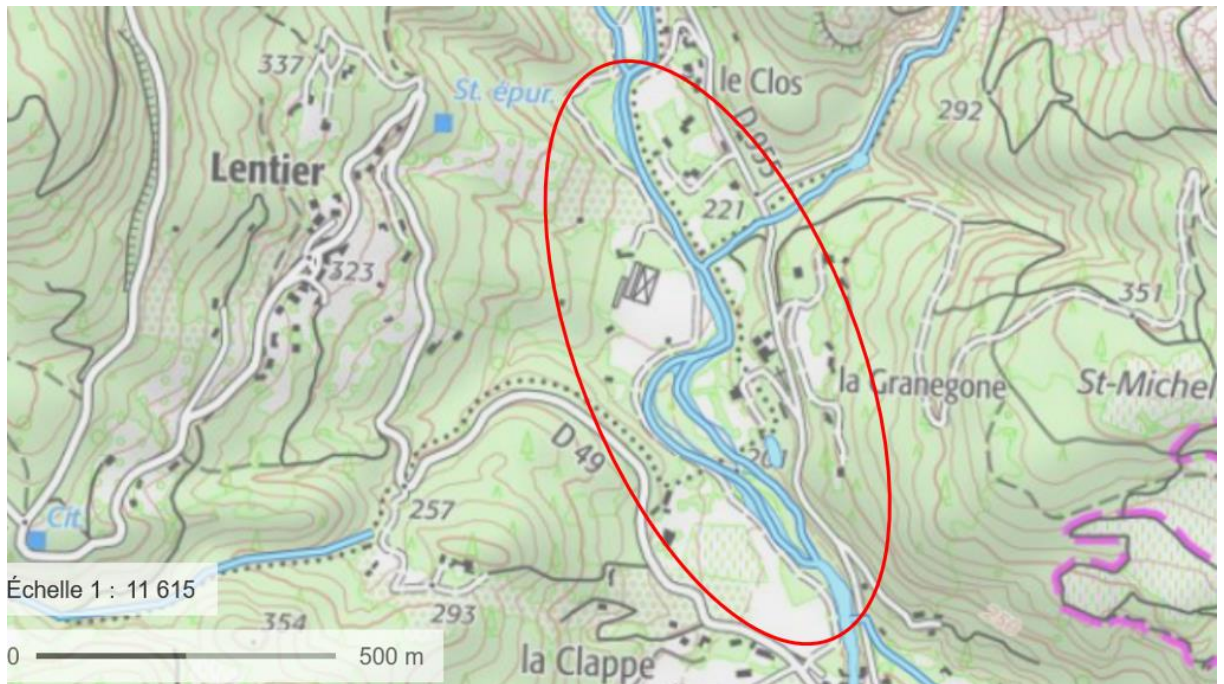


Figure 8 : Localisation d'un piézomètre complémentaire secteur Rebouillon

4.4.2.2. Piézomètre Incapis

Au droit des Incapis : compréhension des dynamiques de pertes de la Nartuby dans ce secteur à côté du piézomètre réalisé dans les alluvions (profondeur de 15 m en 52/60 mm).

Ce secteur est intéressant car il fait la transition entre la zone d'assec et la remise en eau de la Nartuby avant la confluence avec la Foux. La nappe a un fort rôle à jouer car elle est à l'origine de la remise en eau de la rivière.

Actuellement l'apport est difficile à quantifier et notamment de savoir quand et à quelle cote, est-ce que l'aquifère profond pourrait jouer aussi un rôle avec une drainance ascendante.

Un doublet superficiel/profond dans le secteur Incapis, pourrait être pertinent pour comprendre la relation nappe alluviale/rivière et nappe alluviale/calcaire du Muschelkalk.

Le secteur est donné ci-dessous (en amont de la Foux) :

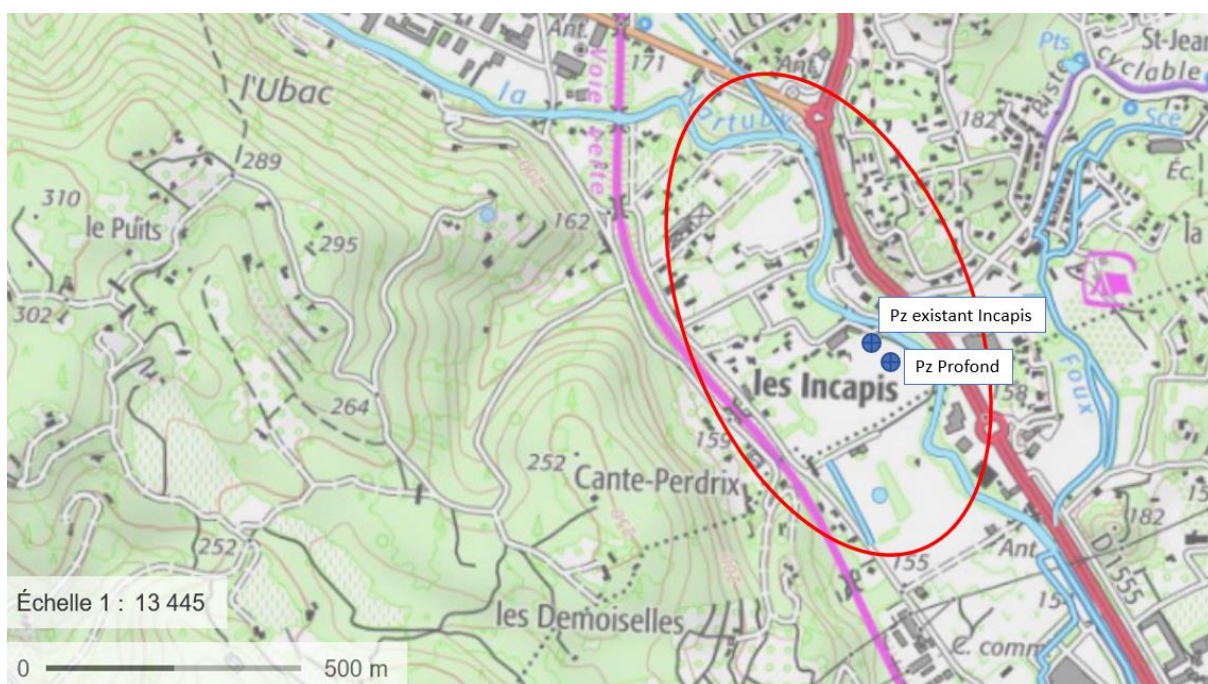


Figure 9 : Localisation de 2 piézomètres complémentaires (doublet) secteur Incapis

4.4.2.3. Caractéristiques techniques des piézomètres

Les caractéristiques techniques des piézomètres sont les suivantes :

	Pz Rebouillon	Pz Incapis
Profondeur m (TN)	Env 50 m	Env 50
Tubage plein PVC 80/90 mm	0-20 m Suivant la profondeur des formations de surface	Démarrage par Pz superficiel Isolation des alluvions.
Cimentation	0-19 m	0-20 m
Bouchon d'argile	19-20 m	20-21 m
Tubage crépiné PVC 80/90 mm	20-50 m	21-50 m
Massif filtrant	19-50 m	21-50 m

Tableau 2 : Caractéristiques techniques des piézomètres

Les piézomètres seront réalisés selon la norme NF-X-10 999 et l'arrêté du 11/09/2003. Le diamètre de foration permettra de laisser un espace annulaire de 50 mm soit un outil de 190 mm minimum. Un dossier loi sur l'eau devra être réalisée (rubrique 1.1.1.0).

Le piézomètre Incapis-Pz profond devra faire l'objet d'un télescopage afin de ne pas mettre en relation les deux nappes. Un suivi géologique du forage devra être réalisée pour adapter la coupe technique avec la lithologie rencontrée.

Pour le piézomètre profond, le guide d'application de l'arrêté donne les prescription pour éviter la mise en communication des nappes selon le schéma ci-après :

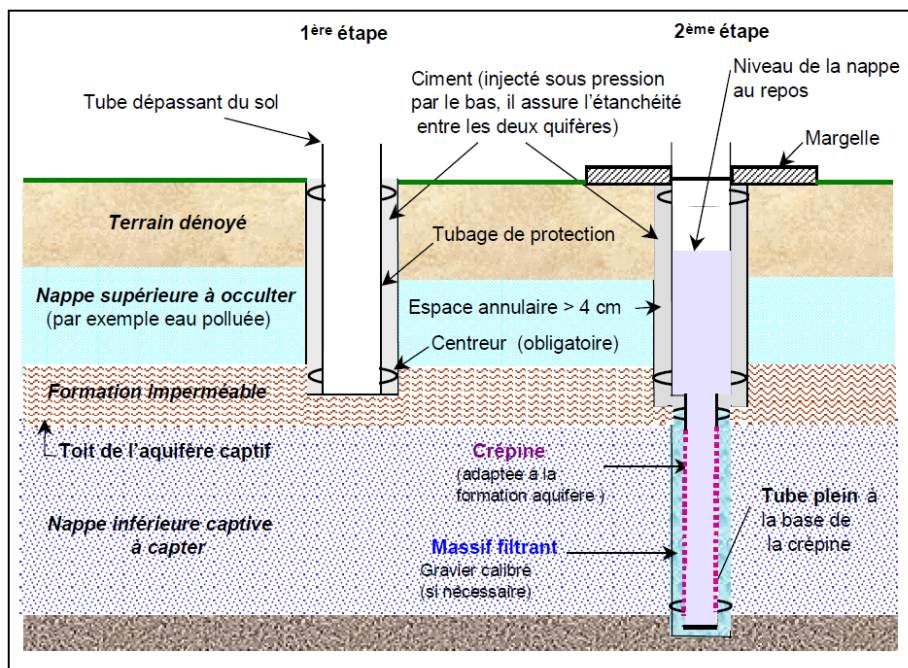


Figure 10 : Schéma de principe pour éviter la mise en communication de deux nappes

Au final, les points de suivi pris en compte sont les suivants (trois nouveaux piézomètres) :

Unité hydrogéologique	Aquifère	Exutoire principal	Piézomètres ADES	SMA - Phase 5	Nouveaux piézomètres	Forage AEP	Source AEP	Sources non exploitées
Aups-Fontignon	Jurassique inférieur et supérieur	Source du Rosaire				Vallaury Ravel Espiguières Bœufs		
Ampus - Frayères	Jurassique inférieur à supérieur	Source des Frayères					Les Frayères	
La Magdeleine	Rhétien au Jurassique supérieur	Source de la Magdeleine				La Magdeleine		
Favas	Jurassique inférieur	Forage AEP de St-Roch-Le Stade				Saint Roch - Le Stade		
Coste Rousse	Jurassique inférieur et moyen-supérieur	Source de Pierrepont				Favas		
Puits de la Sigüe	Jurassique inférieur et moyen-supérieur	Sources de bordure nord				Lentier		
Malmont	Rhétien au jurassique supérieur	Source du Dragon Fontvieille				Teolière Raillourets Dragon	Dragon	
La Foux	Muschelkalk	La Foux	Vallongue (La Motte) Saint Anne (Draguignan)	INCAPIS (alluvions) PZ1 PZ2 PZ3 DRA Bonhomme	INCAPIS (doublet) Rebouillon	Les Costes Collebasse Vallaury Pont d'Aups 1 Pont d'Aups 2 Sainte Anne		La Foux
Bivosque	Jurassique inférieur à supérieur	Source du Tuf						
Les Arcs	Muschelkalk	Source Ste Cécile				Collet du Cypre Le Peical Puits de Maurin 1 Puits de Maurin 2		

Tableau 3 : Points du suivi piézométrique modéré

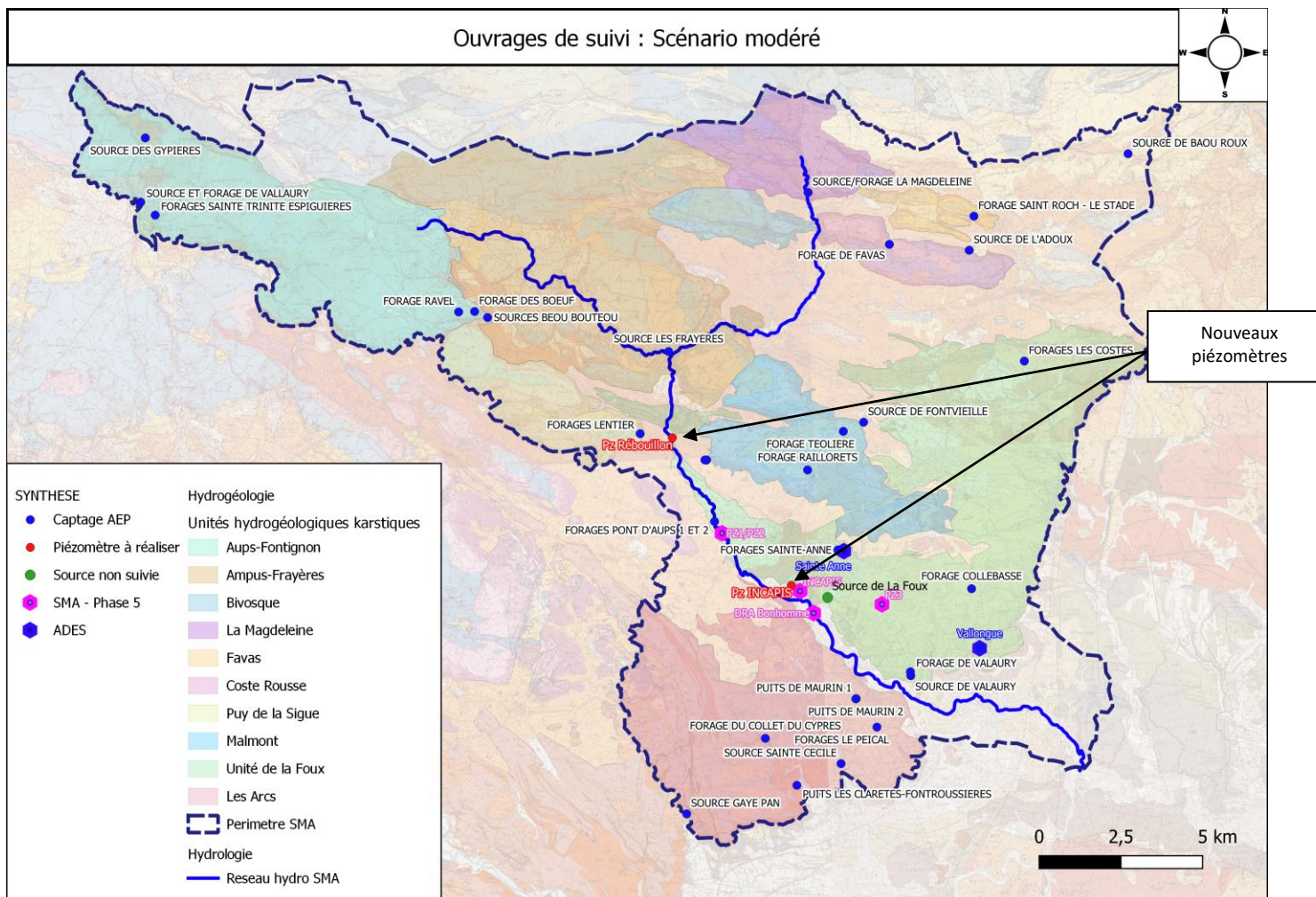


Figure 11 : Carte du suivi piézométrique modéré

Le budget pour le suivi modéré concerne la réalisation de 3 piézomètres et des capteurs associés. Selon le contrat cadre géotechnique le cout serait le suivant :

- Un piézomètre de 40 m de profondeur à Rebouillon : 8 à 10 k€
- Doublet de piézomètre aux Incapis : 30 à 40 k€
- Installations de 3 capteurs eau souterraine pour un suivi du niveau d'eau / température / conductivité avec télétransmission sur les piézomètres existants réalisés dans le cadre de l'étude. Le cout de ce type de capteur est de 3 à 5 k€ ;

Le budget total pour le suivi modéré est de 40 à 55 k€.

4.5. Scénario majeur : Suivi des sources

L'objectif de ce scénario majeur est de pouvoir suivre le débit des sources exploitées pour l'eau potable par l'ensemble des collectivités. Ces valeurs permettront d'avoir une compréhension très fine du fonctionnement hydrogéologique du territoire du bassin versant de la Nartuby.

Chaque source représente l'exutoire d'une unité hydrogéologique précédemment définie. Elles permettent d'informer de l'état quantitatif général de l'unité aquifère. Le suivi en continu permettra de connaître leur réaction aux longues périodes de sécheresse et leur apport aux eaux superficielles. Cela permettra également de connaître leur participation ou non aux inondations.

Ces données seront à terme primordiales pour l'exploitation des ressources en eau des collectivités (détermination du débit d'étiage prolongé au regard des consommations existantes et à venir).

Treize points de suivis sont concernés par ce scénario :

1. Gypières
2. Vallauray
3. Rosaire"
4. Les Frayères
5. Beou Bouteou
6. La Magdeleine
7. L'Adoux
8. Fontvieille
9. Dragon
10. Vallauray
11. Sainte Cécile
12. Gaye Pan
13. Pierrepont

Unité hydrogéologique	Aquifère	Exutoire principal	Piézomètres ADES	SMA - Phase 5	Autre ouvrage	Forage AEP	Source AEP	Sources non exploitées
Aups-Fontignon	Jurassique inférieur et supérieur	Source du Rosaire				Vallauray Ravel Espiguières Bœufs	Gypières Vallauray Rosaire	
Ampus - Frayeres	Jurassique inférieur à supérieur	Source des Frayères			Aven du Mouret		Les Frayères Beou Bouteou	
La Magdeleine	Rhétien au jurassique supérieur	Source de la Magdeleine				La Magdeleine	La Magdeleine	
Favas	Jurassique inférieur	Forage AEP de St-Roch-Le Stade				Saint Roch - Le Stade		
Coste Rousse	Jurassique inférieur et moyen-supérieur	Source de Pierrepont				Favas	L'Adoux	Source de Pierrepont
Puits de la Sigue	Jurassique inférieur et moyen-supérieur	Sources de bordure nord				Lentier		
Malmont	Rhétien au jurassique supérieur	Source du Dragon et Fontvieille				Teolière Raillourets Dragon	Fontvieille Dragon	
La Foux	Muschelkalk	La Foux	Vallongue (La Motte) Saint Anne (Draguignan)	INCAPIS PZ1/PZ2 (Pont d'Aups) PZ3 (Baudin) SP1-SP4 DRA Bonhomme	INCAPIS (Muschelkalk) Rebouillon	Les Costes Collebasse Vallauray Pont d'Aups 1 Pont d'Aups 2 Sainte Anne	Vallauray	La Foux
Bivosque	Jurassique inférieur à supérieur	Source du Tuf						
Les Arcs	Muschelkalk	Source Ste Cécile				Collet du Cypre Le Peical Puits de Maurin 1 Puits de Maurin 2	Sainte Cécile Gaye Pan	

Tableau 4 : Points du suivi piézométrique majeur

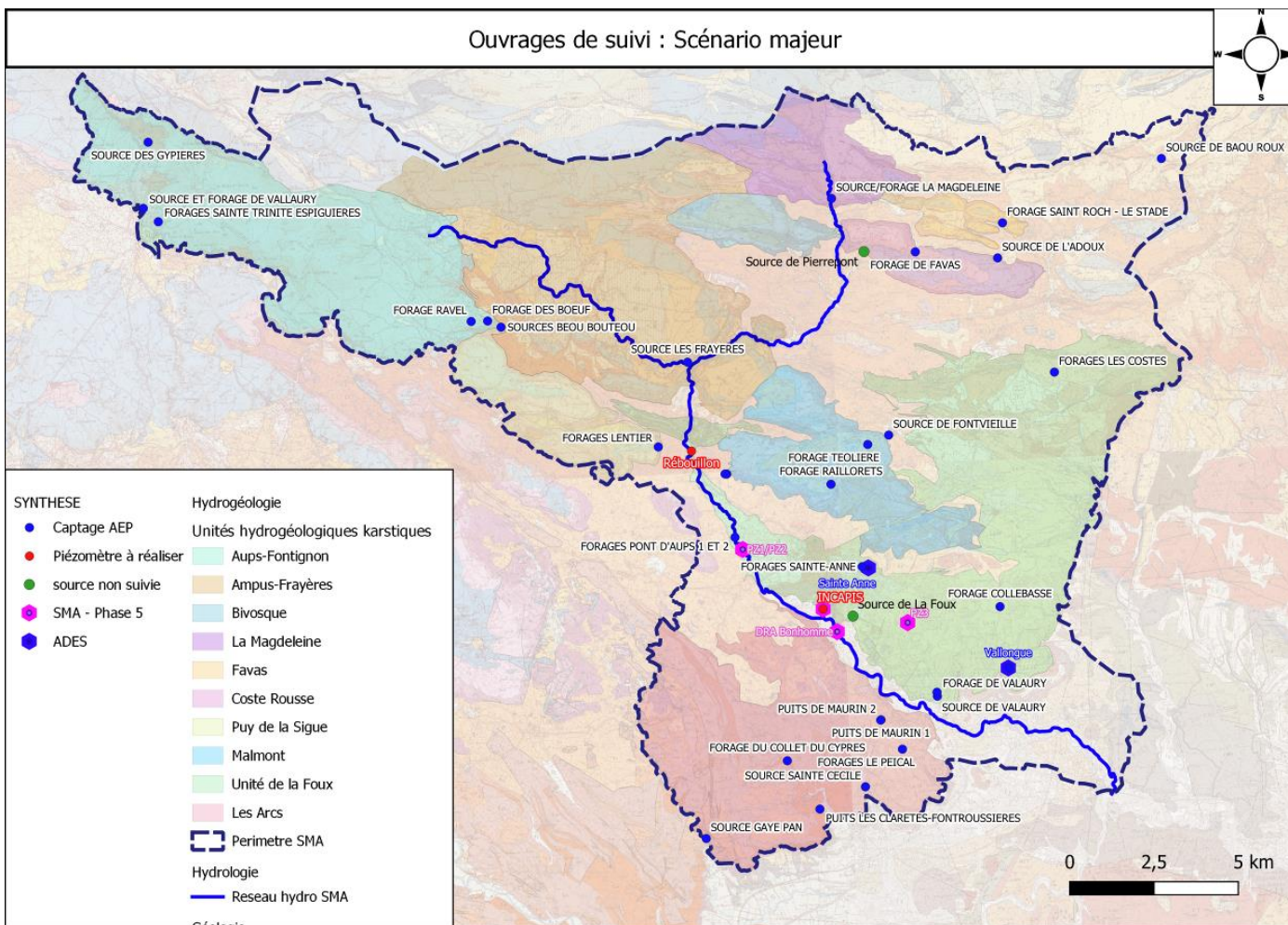


Figure 12 : Carte du suivi piézométrique majeur

Le suivi en continu nécessitera un aménagement spécifique à chaque source selon les conditions d'exploitation :

- Mise en place de déversoir ou d'un canal venturi avec capteur de niveau en amont ;
- Instrumentation de la surverse des sources exploitées, ...

Avant la mise en place de ces équipements, une mission de maîtrise d'œuvre devra être réalisée avec une visite de chaque source afin de déterminer quel type d'aménagement pourra être mis en place.

Une première estimation du budget peut être réalisée sur le cout de la mise en place d'un déversoir (environ 6 à 10 k€). Le budget pour ce scénario majeur est le suivant :

- En amont : Etude de définition des solutions génériques envisageables pour la mesure (débitmètre, seuil triangulaire, canal venturi et suivi de niveau, déversoir...), sa transmission et son traitement/stockage : 50 k€
- Réalisation des équipements par source : 100 à 120 k€
- Capteur de niveau avec télétransmission : 15 à 20 k€

Le budget pour le scénario majeur est estimé à 170 à 200 k€.

Mise en place d'un canal venturi sur une source alpine

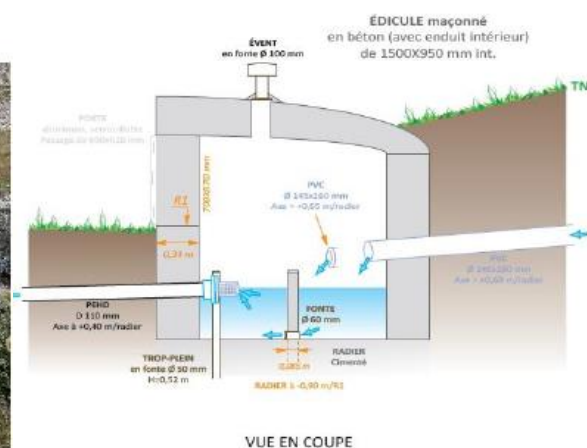


Figure 13 : Exemple d'équipement de source

4.6. Conclusion

Au final, trois scénarios ont été proposés avec des objectifs différents :

- Scénario mineur consistant recueillir, synthétiser et valoriser les données existantes à partir des ouvrages suivis pour l'exploitation AEP, des piézomètres existants réalisés en phase 5 ainsi que la création d'une station hydrologique à la source de la Foux afin de suivre en continu cet exutoire qui est enjeu majeur pour la Nartuby ;
- Scénario modéré consistant à la création de nouveaux piézomètres pour comprendre le comportement de la nappe dans les zones de perte de la Nartuby. Un piézomètre au niveau de la fenêtre de Rebouillon et un doublet de piézomètre aux Incapis ;
- Scénario majeur consistant à équiper les sources AEP exploités mais non suivi. Cela permettra de connaître le fonctionnement des différentes unités hydrogéologiques définies lors des précédentes phases afin d'effectuer des bilans hydrologiques simplifiés et des comparaisons interannuelles. L'objectif à terme sera d'avoir une vision pour l'exploitation des ressources en eau en déterminant le débit d'étiage prolongé au regard des consommations existantes et à venir.

Ce scénario permettra d'avoir une vision globale de l'état des ressources en eau sur l'ensemble du bassin versant de la Nartuby.

Le tableau ci-dessous synthétise les différents scénarios et le budget alloué :

	Avantage	Inconvénient	Budget
Scénario mineur	Amélioration de la compréhension des ressources en eau du territoire Suivi de la source de la Foux (fort enjeu pour la Nartuby et la compréhension hydrogéologique du secteur) Compréhension des échanges nappe/rivière en basses et hautes eaux	Vision localisée au prélèvement d'eau potable Traitement de la donnée (rabattement lié au prélèvement)	Réalisation : 20 à 35 k€ SIG : 20 à 40 k€ Exploitation : Technicien 2 jours /mois 3 k€/an de matériel
Scénario modéré	Observer le comportement de l'aquifère dans les zones de perte de la Nartuby suivant différent régime hydrologique	Limité à deux secteurs Peu d'amélioration de la compréhension des échanges en aval du bassin	Réalisation : 40 à 55 k€ Exploitation : +1 jour / mois +2 k€/an de matériel
Scénario majeur	Vision à long terme de l'exploitation des ressources en eau pour l'eau potable en déterminant le débit d'étiage prolongé au regard des consommations existantes et à venir	Concentré sur les usages eau potable	Réalisation : 170 à 200 k€ Exploitation : +5 jours / mois +5 k€/an de matériel

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise Antea Group à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, Antea Group s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>

Mesure

- Air ambiant
- Air intérieur
- Exposition professionnelle
- Eau
- Pollution atmosphérique

Environnement

- Due diligence et conseil stratégique
- Sites et sols pollués
- Travaux de dépollution
- Dossiers réglementaires

Eau

- Traitement des effluents industriels
- Eau ressource et géothermies
- Eau potable et assainissement
- Aménagement hydraulique



Data

- Systèmes d'information et data management
- Solutions pour le data management environnemental

Aménagement du territoire

- Projet urbain
- L'environnement au cœur des stratégies et projets
- Stratégie territoriale et planification

Infrastructures

- Déconstruction et désamiantage
- Géotechnique
- Fondations et terrassements
- Ouvrages et structures
- Risques naturels
- Déchets et valorisation

Références :



Portées
communiquées
sur demande

