



SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS

DIAGNOSTIC

VOLET HYDROGEOLOGIE – ETUDE DE NAPPE

RAPPORT

OCTOBRE 2005
N°860070 R4

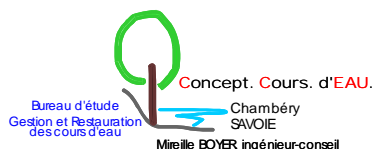


TABLE DES MATIERES

PREAMBULE	4
INTRODUCTION	5
1. ETAT DES LIEUX DES DONNEES EXISTANTES SUR LE FONCTIONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA BLEONE	6
1.1. SITUATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA BLEONE	6
1.1.1. SITUATION GEOLOGIQUE	6
1.1.2. SITUATION HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	9
1.2. DIFFERENTS USAGES DE LA NAPPE ALLUVIALE SUR LE BASSIN VERSANT DE LA BLEONE	10
1.2.1. ALIMENTATION EN EAU POTABLE	10
1.2.2. USAGES AGRICOLES	12
1.2.3. USAGES INDUSTRIELS ET DE LOISIRS	13
1.2.4. AUTRES USAGES	13
1.2.5. ACTIVITES AVEC INFLUENCE SUR LES EAUX SOUTERRAINES (HORS EXPLOITATION DE LA RESSOURCE)	13
1.3. DONNEES EXISTANTES SUR LA NAPPE DE LA BLEONE ET SES AFFLUENTS	14
1.3.1. BASE DE DONNEES PIEZOMETRIQUE	15
1.3.2. DONNEES GENERALES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA BLEONE	16
1.3.3. DESCRIPTION DU RESERVOIR ALLUVIAL	21
1.3.4. QUALITE DE LA NAPPE	25
1.4. BILAN GENERAL DE L'ETAT DES LIEUX	26
2. INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES	28
2.1. CAMPAGNE GEOPHYSIQUE	28
2.1.1. OBJECTIFS ET DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE	28
2.1.2. DONNEES OBTENUES	28
2.2. IMPLANTATION DE PIEZOMETRES	33
2.2.1. OBJECTIFS	33
2.2.2. IMPLANTATION ET RESULTATS	33
2.3. SUIVI PIEZOMETRIQUE	35
2.3.1. OBJECTIFS	35
2.3.2. METHODOLOGIE	35
2.3.3. RESULTATS	36
2.4. POMPAGES D'ESSAIS	38
2.4.1. BUT DES ESSAIS DE POMPAGE	38
2.4.2. METHODE, DEROULEMENT ET PROBLEMES RENCONTRES	38
2.4.3. ANALYSES DES RESULTATS	40
2.5. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES	41
2.5.1. MESURES <i>IN SITU</i> DANS LE CADRE DU SUIVI PIEZOMETRIQUE	42

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
TABLE DES MATIERES

2.5.2.	ANALYSES DANS LE CADRE DES ESSAIS DE POMPAGE.....	42
2.5.3.	RESULTATS	43
2.6.	SIMULATION DE TRANSFERTS DE POLLUANTS	48
2.6.1.	PRESENTATION DU MODELE	48
2.6.2.	IMPACT SUR LES CAPTAGES DES ENVIRONS DE MALLEMOISSON.....	48
2.7.	IMPACT SUR LE CAPTAGE DE MALIJAI.....	50
2.8.	IMPACT SUR LES CAPTAGES DE DIGNE ET MARCOUX	53
2.9.	COMPARAISON DE L'EVOLUTION DU PROFIL EN LONG DU LIT MINEUR DE LA BLEONE ET DES VARIATIONS PIEZOMETRIQUES DE LA NAPPE	57
2.9.1.	OBJECTIFS.....	57
2.9.2.	METHODE.....	57
2.9.3.	RESULTATS	57
3.	DIAGNOSTIC DE NAPPE	62
3.1.	CARACTERISTIQUES DE L'AQUIFERE	62
3.2.	FONCTIONNEMENT DE L'AQUIFERE	62
3.2.1.	TRONÇON D'ALIMENTATION DE LA RIVIERE PAR LA NAPPE	63
3.2.2.	TRONÇON D'ALIMENTATION DE LA NAPPE PAR LA RIVIERE	63
3.2.3.	LES APPORTS LATERAUX.....	64
3.2.4.	LES POMPAGES	65
3.2.5.	SEUILS ET BARRAGE	66
3.2.6.	PHENOMENES DE VERROUS	68
3.3.	VULNERABILITE DE LA RESSOURCE	69
	LEXIQUE.....	71
	BIBLIOGRAPHIE.....	73

ANNEXES

- Annexe 1 – Fiches signalétiques des captages AEP
- Annexe 2 – Base de données piézométriques
- Annexe 3 – Détails des données existantes sur le réservoir alluvial
- Annexe 4 – coupes lithologiques des piézomètres réalisés durant la campagne d'investigations complémentaires (Géotec) cf. tableau 6 pour la correspondance des numeros identifiants
- Annexe 5 – Résultats des mesures physico-chimiques *in situ* réalisées dans le cadre de la campagne piézométrique de mai 2003
- Annexe 6 – Plan de localisation des sondages électriques et coupes d'interprétations des trois secteurs étudiés (GéoGéo φ)
- Annexe 7 – Données et résultats des essais de pompage
- Annexe 8 – Suivi piézométrique de mai 2002 a mai 2003
- Annexe 9 - Présentation du logiciel Flowpath

ATLAS CARTOGRAPHIQUE

- I. I – Localisation des données existantes sur le bassin versant de la Bléone (1/15 000^e)
- II. II – Carte piézométrique d'étiage de la nappe alluviale (basses eaux) sur le bassin versant de la Bléone (1/15 000^e)
- III. III – Carte piézométrique des hautes eaux de la nappe alluviales sur le bassin versant de la Bléone (1/15 000^e)
- IV. IV – Echanges nappe – Rivière
- V. V – Coupes de l'aquifère



PREAMBULE

L'étude de la nappe alluviale de la Bléone ainsi que ses affluents s'inscrit dans le cadre plus général du « *Schéma de restauration et de gestion du bassin versant de la Bléone* », confiée à SOGREAH Consultants par le Syndicat Mixte d'Aménagement de la Bléone (SMAB), avec l'assistance de la Direction Départementale de l'Agriculture et des Forêts des Alpes-de-Haute-Provence (DDAF04), et la Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) de la région PACA.

NOTA

Dans un but de simplification, lorsque les notions d'*aquifère*¹, de *nappe alluviale*, et de *nappe phréatique* sont employées dans le texte, elles regroupent l'ensemble des entités du bassin versant.

Dans le cas où il s'agirait d'une notion désignant une entité spécifique, une précision du lieu sera apportée (ex. la nappe d'accompagnement du Bès).

¹ Les termes en italiques sont explicités dans le lexique

INTRODUCTION

Dans le cadre du « *Schéma de restauration et de gestion du bassin versant de la Bléone* », le SMAB a décidé d'orienter une partie de l'étude vers la compréhension du fonctionnement des aquifères présents sur le bassin versant de la Bléone.

Le but de ce diagnostic de nappe est de synthétiser et de compléter, les connaissances actuelles sur le réservoir alluvial du bassin versant de la Bléone, à savoir ses caractéristiques hydrodynamiques et physicochimiques, ainsi que son fonctionnement (caractéristiques hydrodynamiques, principes d'écoulement, relations nappe/rivière, vulnérabilité, etc.).

Ces connaissances doivent permettre d'établir une meilleure gestion des eaux souterraines sur le bassin versant, principalement vis-à-vis de la ressource en eau et de son exploitation, mais aussi de sa protection.

Cette étude s'est déroulée en trois phases successives, avec une première phase correspondant à la synthèse des données existantes sur la nappe alluviale de la Bléone et ses principaux affluents (le Bès, les Duyes, le Mardaric), un programme d'investigations complémentaires, mené en phase 2, venant compléter ces connaissances.

La troisième et dernière phase constitue une analyse de l'ensemble des données collectées au cours des phases précédentes, dont le but est :

- ↳ de comprendre le fonctionnement des aquifères présents sur le bassin versant de la Bléone, avec notamment les relations nappe/rivière, et les modes de recharges et de pertes de la nappe alluviale (apport de versant, etc.),
- ↳ de déterminer le régime piézométrique général de la nappe, et d'établir un atlas cartographique de la piézométrie en période de hautes et de basses eaux (étiage de nappe),
- ↳ d'appréhender la vulnérabilité de l'aquifère.

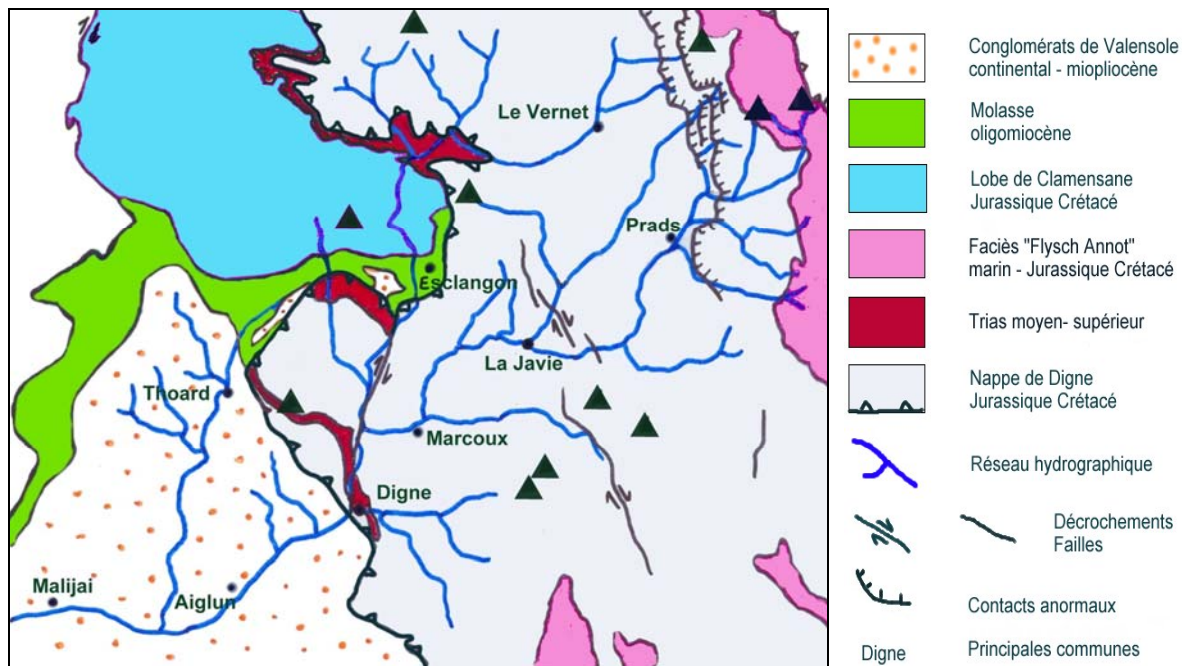


1.
**ÉTAT DES LIEUX DES DONNEES EXISTANTES
SUR LE FONCTIONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN
VERSANT DE LA BLEONE**

1.1. SITUATION GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA BLEONE

1.1.1. SITUATION GEOLOGIQUE

Le bassin versant de la Bléone se situe au niveau d'un nœud structural dans les chaînes alpines méridionales, où se rencontrent des séries dites provençales, dauphinoises et vocontiennes (Préalpes de Digne, Jurassique - Crétacé) connues dans ce secteur comme formant l'arc de Digne, et des séries néogènes (Miocène - Pliocène) largement représentées dans la partie Sud-Ouest par les conglomérats de Valensole (Figure 1).



Les chaînes subalpines méridionales résultent du plissement du bassin sédimentaire sud alpin qui a fonctionné du Trias au Crétacé supérieur (245 à 65 Ma). Durant cette période, par le biais de déformations plus ou moins importantes, une différenciation de faciès des séries sédimentaires s'est effectuée avec les séries dauphinoises ou vocontiennes formant des successions puissantes de calcaires et de marnes, et les séries provençales plus réduites et plus carbonatées. Le domaine delphino-vocontien vient chevaucher la formation des conglomérats de Valensole dans sa partie Nord.

➤ **DESCRIPTION SOMMAIRE DES PRINCIPALES SERIES GEOLOGIQUES**

Il existe de nombreux faciès observables sur la zone d'étude, seuls les grands ensembles ainsi que les grandes lignes géologiques, sont exposés ici. Un extrait de carte géologique (Figure 2) vient illustrer cette description.

Trias moyen et supérieur (241.1 à 208 Ma) : La quasi totalité de la succession triasique est visible dans la région, bien que discontinue, entre Verdaches et Barles, ce qui est assez exceptionnel dans la région. Les faciès composant cet étage géologique sont :

- **Quartzite, grès et conglomérats du Scytien**, d'une puissance d'une centaine de mètres. Ce faciès reste localisé dans la région de Verdaches.
- **Dolomies et calcaires dolomitiques, Anisien - Ladinien**, dont l'épaisseur est pluridécamétrique.
- **Gypses, dolomies et argilites versicolores, datés du Carnien - Norien**. La définition de l'épaisseur et de la succession lithologique est ici impossible en raison de l'implication tectonique de cet ensemble.
- **Dolomies et argilites jaunes, grès calcaires du Rhétien**, mesuré entre 60-80 mètres

Nappe de Digne : La nappe de Digne est composée de terrains datant du Jurassique au Crétacé, avec une sédimentation répartie en trois séquences :

- **Hettangien – Bajocien (205 à 166.1 Ma)**, dont l'épaisseur varie entre 900 et 1200 mètres d'épaisseur.
- **Bathonien – Barrémien (166.1 à 124.5 Ma)**, avec une puissance comprise entre 600 et 1900 mètres.
- **Aptien – Santonien (124.5 à 83 Ma)**, estimée entre 700 et 2200 mètres.

Les différents terrains formant la nappe de Digne présentent des crêtes calcaires entrecoupées de combes marneuses, avec une succession de faciès **calcaires** (en gros et petits bancs, à silex, ...), et **marneux** (Marnes noires, Terres noires, ...), ainsi que quelques faciès **conglomératiques**.

Lobe de Clamensane : Les faciès composant cette structure sont sensiblement les mêmes que ceux de la nappe de Digne.

Faciès "Flysch Annot" : Ce faciès est aussi appelé Nummulitique marin, et constitue le sommet de la série stratigraphique de la nappe de Digne. Ce faciès datant du **Priabonien (Eocène supérieur, 38.6 à 35.4 Ma)**, est composé de **calcaires**, de **grès** et de **brèches à nummulites**.

Les molasses oligo-miocènes : Elles se composent de deux ensembles, la molasse rouge s.l. et la molasse marine.

- ⇒ La Molasse rouge (s.l.) est d'origine continentale et formée par trois faciès distincts :

- **La Molasse rouge bréchique (Eocène supérieur à Oligocène basal, 38.6 à 35 Ma).** L'épaisseur varie de 0 à 120 mètres en fonction de la *paléogéomorphologie* existante.
 - **La Molasse rouge gréseuse** qui repose soit sur la molasse bréchique, soit directement sur des dépôts secondaires. D'une épaisseur maximale de 350 mètres, cette formation date du **Stampien (35.4 à 29.3)**.
 - **La Molasse grise** datée elle aussi du **Stampien**, atteint 100 mètres d'épaisseur.
- ⇒ La molasse marine est une formation essentiellement **marno-gréseuse**, d'une puissance maximale de 1 600 mètres, et datée du **Miocène (23.3 à 5.2 Ma)**. Son épaisseur est variable et dépend des déformations tectoniques survenues durant la sédimentation.

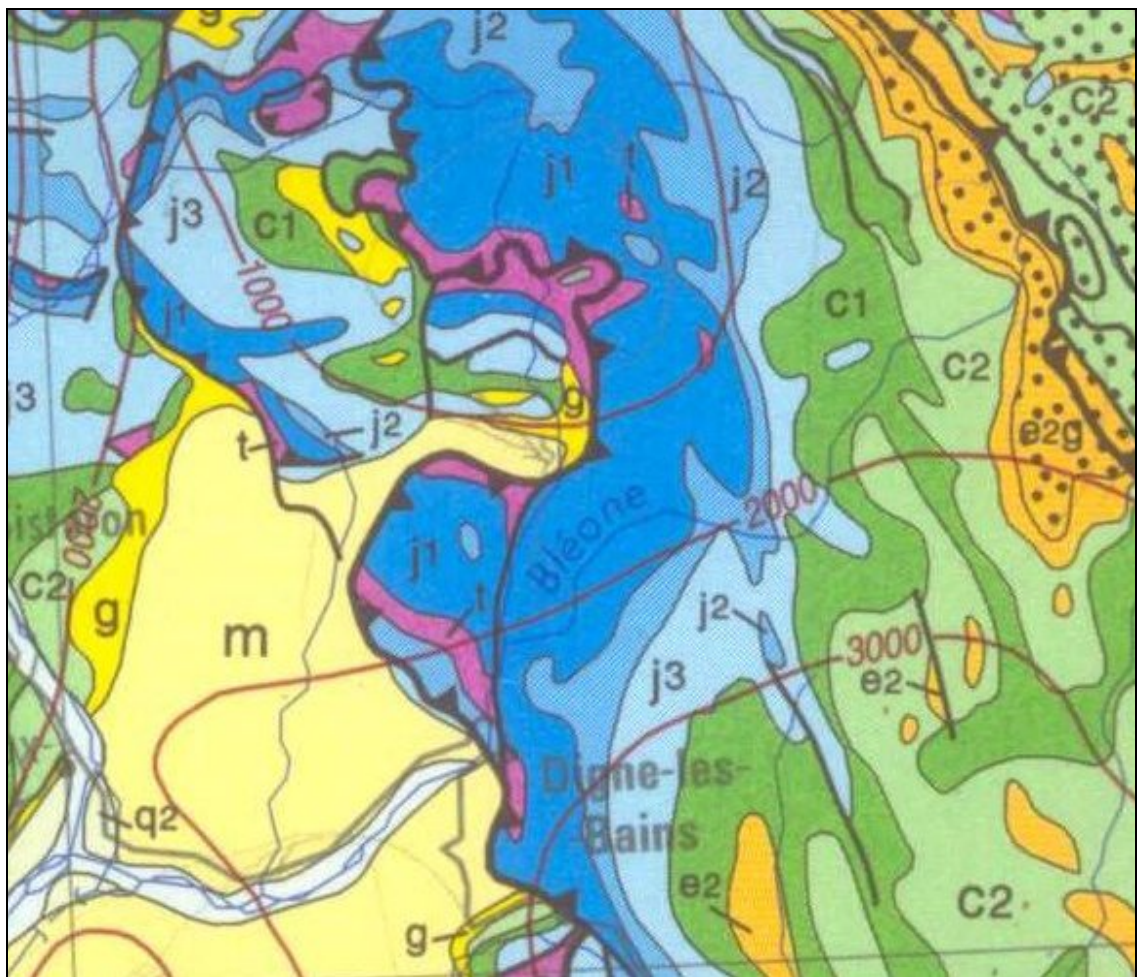


Figure 2 – Carte géologique du bassin versant de la Bléone (sans échelle, extrait de la carte géologique de la France au 1 000 000^e, BRGM, 1996)

Les conglomérats de Valensole : Cet ensemble se compose de faciès de molasses marines surmontées par des formations continentales, dont l'épaisseur et les faciès varient en fonction des déformations synchrones à la sédimentation, et de la diversité des sources d'alimentation du bassin.

Cette formation se compose de :

- **Marnes et grès continentaux du Langhien - Tortonien (16.3 à 6.7 Ma)**, d'une puissance de 500 mètres environ.
- **Conglomérats continentaux d'origine subalpine, Miocène supérieur à Pliocène terminal (10.4 à 1.64 Ma)**, pouvant atteindre plus de 600 m d'épaisseur.
- **Conglomérats fluviatiles duranciens, Miocène supérieur à Pliocène terminal**, dont l'épaisseur totale peut-être estimée à plus de 1 000 mètres.
- **Marnes fluviatiles, Miocène supérieur à Pliocène terminal.**

1.1.2. SITUATION HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

La Bléone est un affluent rive gauche de la Durance. Elle prend sa source dans le massif des Trois Evêchés (culminant à 2 960 mètres d'altitude). Son affluent principal est le Bès, dont la confluence est située en amont de Digne-les-Bains. La Bléone possède un régime torrentiel, avec un débit moyen à Malijai (exutoire du bassin versant) de l'ordre de 18 m³/s, pouvant aller jusqu'à 900 m³/s en crue centennale.

Les calcaires Bajocien à Bathonien sont bien développés au sud de la Javie, et forment un massif de crêtes continues. Un accident tectonique orienté NO-SE affecte l'ensemble de la série, et explique la présence d'émergences situées dans les marnes noires en dessous du contact avec les calcaires. Cependant, l'exutoire de cette série calcaire est considéré comme étant au niveau de la source captée par la commune du Brusquet. Au Nord de la Javie, ces calcaires affleurent faiblement.

Au niveau de la vallée du Bès, on notera que les eaux provenant des pentes du Blayeul transitent par un *karst* constitué par un réseau de failles Mio-pliocène.

Les crêtes calcaires liasiques forment un magasin aquifère non négligeable qui permet la présence de nombreuses sources le long du front de chevauchement de Digne/Barles. Ces sources alimentent aujourd'hui les captages des communes de Champtercier, Thoard et Mellan.

Cette série liasique se retrouve au niveau de la cuvette synclinale de la Robine-sur-Galabre, où des émergences sont présentes notamment à la faveur de failles. L'exutoire principal est la source du Saumon à Saint Benoît, où une formation de tufs sert de soubassement aux bâtiments de la Réserve Géologique. Ces tufs se développent encore actuellement.

Le massif calcaire situé au Nord-Est des Eaux Chaudes est drainé par la Bléone et ses affluents.

La source thermale de Digne-les-Bains est issue de la rencontre d'eaux ascendantes chaudes remontant verticalement à la faveur d'une zone de dislocation de la série liasique, avec des eaux froides issues des reliefs calcaires ceinturant la vallée. Il existe d'autres émergences du même type dont la température varie entre 25 et 45°C.

Les terrains d'âge Tertiaire, peu étendus, sont à dominante marneuse et par conséquent n'offrent qu'un faible potentiel aquifère.

Les conglomérats de Valensole sont des formations relativement perméables. Elles permettent l'apparition d'émergences à la base des assises de cailloutis et poudingues au contact des niveaux marno-argileux intercalés. Ces sources sont de faibles débits

(inférieurs à 5 l/s) pouvant être localement importants. En raison d'un pendage général vers l'Est, elles sont assez nombreuses en rive droite des Duyes.

Le rôle des éboulis de pentes est important, car ils permettent l'alimentation de nombreuses sources souvent captées pour alimenter certaines communes (Archail, Draix, Le Vernet).

La nappe de la Bléone assure l'alimentation en eau de nombreuses communes par l'intermédiaire de forages dans les alluvions (Marcoux, Digne-les-Bains, Aiglun, Le Chaffaut, Mallemoisson ou encore Malijai).

1.2. DIFFERENTS USAGES DE LA NAPPE ALLUVIALE SUR LE BASSIN VERSANT DE LA BLEONE

Une analyse des différents usages de la nappe phréatique est nécessaire, d'une part pour connaître les besoins en eau sur l'ensemble du bassin versant, et ainsi mettre en place une gestion adaptée et raisonnée de la ressource, et d'autre part, la prise en compte de l'exploitation de la nappe et de son influence dans la compréhension du fonctionnement de l'aquifère est importante, *a fortiori* dans la caractérisation de ses paramètres.

Les principaux usages de la ressource en eau souterraine sont :

- ⇒ **l'alimentation en eau potable** (AEP), soit par captage gravitaire, soit par pompage dans la nappe,
- ⇒ **les prélèvements agricoles**, principalement pour l'irrigation des cultures,
- ⇒ **les prélèvements industriels et de loisirs**, pour les *eaux de process*, de lavage, le fonctionnement des espaces de loisirs (piscines, thermes), etc.,
- ⇒ les autres usages existant sont liés aux activités humaines telles que l'arrosage des espaces verts communaux ou des jardins de particuliers, etc.

1.2.1. ALIMENTATION EN EAU POTABLE

➤ **NAPPE ALLUVIALE DE LA BLEONE**

La nappe alluviale de la Bléone représente l'entité hydrogéologique la plus développée du bassin versant. C'est aussi la plus exploitée pour les usages en eau potable, agricoles et industriels, mais aussi pour des usages privés (jardins, piscines) dont le nombre de puits et de forages n'est pas négligeable (§1.3).

On dénombre sept zones de captages AEP réparties sur l'ensemble de la vallée de la Bléone. Ces champs captant sont localisés sur la commune de La Javie (1 puits pour l'alimentation conjointe de la Javie et de Prads-Haute-Bléone), Marcoux (4 puits, dont 3 pour l'alimentation de Digne-les-Bains), Le Chaffaut (1 puits), Aiglun (1 puits), Mallemoisson (1 puits) et Malijai (1 puits).

Ils peuvent être complétés par des captages secondaires exploitant des nappes de versant peu développées (exemples du forage de Courbons pour la ville de Digne-les-Bains, ou de celui du ravin de Saint Martin pour Champtercier).

Chaque captage a fait l'objet d'une fiche signalétique reprenant ses principales caractéristiques (Annexe 1).

Cette distribution des stations de captages permet une bonne répartition des réseaux de distribution d'eau potable dans la vallée de la Bléone, ce qui explique l'absence de forages AEP privés, à l'exception de deux forages en amont du village de Prads, aux lieux-dits "la Grange du Moulin" et "Puget".

➤ **NAPPE D'ACCOMPAGNEMENT DU BÈS**

La nappe du Bès se présente en trois parties :

- Une zone amont, entre le Vernet et Verdaches, où l'aquifère est peu développé,
- Une zone médiane comprenant la succession de gorges et de *clues* (clues de Verdaches, de Barles et du Pérouré),
- Une zone aval, entre le village d'Esclangon et la confluence avec la Bléone, où l'aquifère se développe progressivement vers l'aval.

Deux captages AEP sont présents dans la vallée, sur les communes du Vernet et de la Robine-sur-Galabre.

Concernant la Robine-sur-Galabre, le captage a été réalisé en deux étapes : dans un premier temps, un forage fut réalisé dans les alluvions du Bès, mais se révéla improductif. Le forage fut prolongé à 12 mètres de profondeur, dans une nappe profonde déconnectée des alluvions du Bès, permettant une alimentation en eau satisfaisant aux besoins de la commune, même si la ressource présente des problèmes de teneurs en sulfates (dus à la présence de gypse triasique).

Il n'existe pas d'autres captages AEP communaux sur le Bès, les autres ressources en eau provenant de captages de sources de versants.

Les forages particuliers AEP sont peu nombreux, nous n'en avons dénombré qu'un seul, au niveau d'Esclangon (lieu-dit le Moulin).

Notons que certains hameaux isolés captent directement des sources pour leur alimentation en eau. Cette pratique fait intervenir des problèmes de qualité de l'eau en cas de tarissement de la ressource, voir même d'absence d'eau durant la saison sèche, comme se fut le cas durant l'été 2002 (lieu-dit "Sivan", chapelle Ste Thérèse).

➤ **NAPPE D'ACCOMPAGNEMENT DES DUYES**

Il n'existe aucun captage communal AEP dans la nappe d'accompagnement des Duyes, l'alimentation en eau potable se fait par le biais de captages de sources de versants.

En ce qui concerne les captages de particuliers pour l'AEP, notons la présence de deux forages au niveau du torrent du Chevalet (affluent rive droite des Duyes).

➤ **AUTRES AFFLUENTS DE LA BLEONE**

Concernant l'Arigéol, la commune de Beaujeu possède deux forages AEP situés à la confluence avec le torrent du Galèbre.

Seul un forage est actuellement en activité et exploite une nappe profonde. L'autre captage, situé dans la nappe d'accompagnement de l'Arigéol, n'est plus utilisé car il présentait des problèmes récurrents de pollutions des eaux (contamination du forage par les eaux de surface).

➤ **AUTRES**

Enfin, notons la présence de deux captages AEP sur la commune de l'Escale (membre du SMAB), exploitant la nappe alluviale de la Durance.

1.2.2. **USAGES AGRICOLES**

Les usages agricoles sur l'ensemble du bassin versant concernent principalement l'irrigation. La pratique de l'élevage est en effet peu développée en fond de vallée (pratique du pastoralisme essentiellement). De plus, on notera la pratique d'une activité piscicole.

La majorité de l'irrigation se fait par le biais de canaux d'irrigation, alimentés par des prises d'eau en rivière. Le nombre de ces canaux est en régression, principalement en raison d'abaissements localisés du lit de la rivière, les prises d'eau se trouvant alors perchées au-dessus du fil d'eau, mais aussi du fait d'un manque d'entretien des canaux entraînant leur occlusion par envasement.

Les systèmes collectifs d'irrigation restent néanmoins les plus couramment utilisés, c'est pourquoi on dénombre peu de forages destinés à cet usage compte tenu de l'importance de l'activité agricole sur le bassin versant.

➤ **NAPPE ALLUVIALE DE LA BLEONE**

La vallée de la Bléone possède encore une dynamique collective de canaux d'irrigation sous la gestion des différentes ASA existantes.

C'est pourtant la vallée qui comptabilise le plus de forages agricoles privés (une dizaine répertoriés et déclarés, mais leur nombre est vraisemblablement plus important) répartis essentiellement au niveau de Marcoux et entre Digne-les-Bains et Malijai.

On peut estimer que les prélèvements agricoles sur la nappe d'accompagnement de la Bléone entre 500 et 1 000 m³/h en pointe répartis sur les trois secteurs les plus productifs.

On notera aussi que des prises d'eau sont effectuées directement dans des adous (cf. §.1.3.2.3.). Ce mode d'irrigation est traditionnel dans la région, mais soulève le problème de prélèvement de la ressource (doit-on la considérer comme eau de surface ou souterraine ?) et des incidences sur la vulnérabilité de la nappe.

➤ **NAPPE D'ACCOMPAGNEMENT DU BES**

Les surfaces disponibles pour l'activité agricole sur la vallée sont peu importantes. Les terres cultivées sont vraisemblablement irriguées par des prises d'eau en rivière.

➤ **NAPPE D'ACCOMPAGNEMENT DES DUYES**

La vallée des Duyes est parcourue par un réseau d'irrigation alimenté depuis la retenue de Vaulouve. Il offre un réseau à débit pérenne contrairement à la rivière des Duyes asséchée sur la majeure partie de son lit durant la saison sèche, rendant les prélèvements en rivière contraignants.

Ce système est secondé par des prises d'eau dans les nombreux adous répartis sur l'ensemble de la vallée, et par quelques forages qui restent peu nombreux.

1.2.3. USAGES INDUSTRIELS ET DE LOISIRS

➤ **NAPPE ALLUVIALE DE LA BLEONE**

La vallée de la Bléone ne présente pas d'activité industrielle très développée. On notera cependant la présence de la ZAC de Digne-les-Bains en zone périurbaine, en extension régulière.

En l'état actuel des connaissances, aucun forage à usage industriel ne semble implanté sur la vallée de la Bléone.

Au niveau des usages de loisirs à destination du public, plusieurs forages existent au niveau de la commune de Digne-les-Bains. On retiendra notamment les forages du Complexe Nautique et du Plan d'eau des Ferreols.

On signalera la présence de forages réalisés pour la commune de Digne-les-Bains, afin de permettre l'arrosage des espaces verts, mais aussi des serres des Services Techniques.

De plus, il existe une retenue EDF à Malijai, ainsi qu'une ancienne dérivation EDF en amont de la Javie (barrage de Trente Pas). La suite de l'étude permettra de déterminer l'impact de ces deux ouvrages sur la nappe alluviale de la Bléone.

➤ **AUTRES AFFLUENTS**

A notre connaissance, il n'existe pas d'activité industrielle ou de loisirs exploitant les nappes d'accompagnement du Bès ou des Duyes.

Au niveau des autres affluents, on notera la présence des forages exploités par les Thermes de Digne-les-Bains. Cependant, le réservoir exploité est profond (entre 41 et 370 mètres suivants les forages) et déconnecté du torrent des Eaux Chaudes.

1.2.4. AUTRES USAGES

On dénombre de nombreux ouvrages servant à l'irrigation de jardins privés.

Ces ouvrages sont soit des puits traditionnels équipés de pompes de surface ou immergées, soit des forages (peu sont réalisés dans la règle de l'art, la majorité sont des tubes de Ø40mm (2") enfoncés à la masse dans le sol sur une profondeur de 5 à 6 mètres maximum).

1.2.5. ACTIVITES AVEC INFLUENCE SUR LES EAUX SOUTERRAINES (HORS EXPLOITATION DE LA RESSOURCE)

On dénombre un certain nombre de points noirs qui pourraient être source de pollution de la nappe. Il s'agit essentiellement de décharges et de zones de stockage telle que les casses automobiles. A noter aussi la présence de deux ZAC.

Ces points noirs se concentrent essentiellement sur la rive droite de la partie aval de la Bléone qui s'étend de Malijai à Marcoux. On y retrouve les éléments suivants :

<i>Points noirs</i>	<i>Coordonnées Lambert II</i>	
	X	Y
STEP Malijai	895363	1901429
Casse auto à l'Est de Malijai	887398	1900743
Casse auto de la Cornerie	901990	1899639
Décharge de la Cornerie	901847	1899552
STEP Mallemoisson	903004	1899684
STEP le Chaffaut	905266	1900460
STEP Aiglun	905236	1901086
STEP Digne	906845	1902151
Décharge le Brusquet	916745	1915502
STEP Blégier	926561	1917166

Les cartes IV de l'atlas cartographique recensent les principaux points noirs situés sur le parcours de la Bléone. Nous avons intentionnellement reporté sur le même document les principaux captages AEP afin de mesurer l'impact que pourraient avoir les points noirs sur ces derniers. Nous y avons reporté enfin l'emplacement des points de simulation de pollutions accidentelles et chroniques.

Les principaux points noirs se situent dans des zones où la rivière draine la nappe en période d'étiage. Ce qui laisse prévoir une répartition de la pollution, issue de ces points noirs, dans les eaux de la rivière sans toutefois affecter la nappe.

Par contre la décharge de la Cornerie et la casse auto située à proximité de cette même décharge, se situent en amont d'une zone où la rivière alimente la nappe et de ce fait la pollution engendrée par ces deux points noirs pourrait facilement se retrouver dans la nappe en période d'étiage.

1.3. DONNEES EXISTANTES SUR LA NAPPE DE LA BLEONE ET SES AFFLUENTS

De nombreuses études existent sur le bassin versant de la Bléone, mais restent néanmoins localisées et répondent à des questions ponctuelles dans le temps et dans l'espace.

La première phase de cette étude vise à faire la synthèse de ces différentes informations, afin d'avoir un aperçu général sur les données existantes et leurs intérêts.

Cette synthèse permettant par la suite de mettre en évidence les zones qui restent à étudier, en raison soit du manque d'informations disponibles, soit des enjeux importants qu'elles représentent.

La recherche de données a porté sur deux points :

- ⇒ le recensement des points d'eau existants (puits, forages, piézomètres), afin de sélectionner ceux pouvant entrer dans un réseau d'ouvrages pour la réalisation d'un suivi piézométrique²,
- ⇒ la collecte de tous les documents (études, rapports de sondages, archives, etc.) portant sur la nappe de la Bléone ou ses affluents, ainsi que sur la géologie de la vallée.

1.3.1. BASE DE DONNEES PIEZOMETRIQUE

Après consultation des documents d'archives et autres rapports d'études, une liste des points d'eaux existants sur le bassin versant de la Bléone a été réalisée. Cette liste de 200 ouvrages environ a été actualisée et complétée par une campagne de terrain, réalisée du 22 au 30 avril 2002. Cette campagne a été menée afin de déterminer les ouvrages exploitables et ainsi éliminer les ouvrages inaptes à un suivi piézométrique.

Les différents types d'ouvrages répertoriés sur la zone d'étude sont :

- Les puits : On observe deux type de puits, les puits en ogives sont des puits traditionnels bâtis en pierre sèches, et les puits en buses béton principalement pour un usage agricole.
- Les forages : Les forages sont de diamètre moindre que les puits (à l'exception des captages AEP), et sont équipés de pompes, pour l'alimentation en eau potable ou l'irrigation, à usages collectifs, privés, agricoles, ou industriels.
- Les piézomètres : sont des tubes PVC ou acier, crépinés³ à leur base, généralement de faible diamètre (< 100 mm) et permettant de mesurer le niveau de la nappe phréatique.

Après vérification de la viabilité des ouvrages répertoriés, environ 80 ouvrages ont été conservés et constituent la base de données piézométriques (Annexe 2).

Le nombre d'ouvrages ainsi retenus permet une répartition moyenne d'un point de mesure pour 1 350 mètres (soit 78 points pour 105 kilomètres), pouvant aller jusqu'à deux points au kilomètre sur la Basse Bléone.

La base de données des ouvrages renseigne les caractéristiques de chaque ouvrage définies comme suit :

- un numéro d'identifiant, ainsi que la localisation géographique,
- la nappe dans laquelle est implanté l'ouvrage,
- sa cote NGF au niveau du sol,
- la commune de rattachement de l'ouvrage,

² Nous émettons une réserve quant à l'exhaustivité de l'inventaire des points d'eaux existants sur le bassin versant, étant donné la réticence de certains particuliers à communiquer des informations au sujet de puits ou forages existants au niveau de leur propriété.

³ Voir à "crépine" (lexique)

- le type d'ouvrage, ainsi que sa profondeur, son diamètre et la hauteur du repère par rapport au sol,
- l'équipement de l'ouvrage s'il y a lieu,
- la distance rivière - ouvrage,
- le propriétaire⁴ du site d'implantation, ou le gestionnaire de l'ouvrage, quand celui-ci est connu (ex. DIREN, BRGM, SMAB, etc.),
- l'existence d'un suivi piézométrique antérieur.

Ces données sont complétées par des suivis piézométriques existants et mis à notre disposition par la DIREN (chroniques à partir de 1969), le BRGM (chroniques à partir de 1990), GDF (suivis depuis octobre 2000), ainsi que les Services Techniques de la ville de Digne-les-Bains (données piézométriques entre 1988 et 1990).

1.3.2. DONNEES GENERALES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA BLEONE

1.3.2.1. SCHEMA GENERAL D'ECOULEMENT DE NAPPE

La nappe alluviale de la Bléone et la nappe d'accompagnement du Bès circulent dans un réservoir de plusieurs millions de mètres cubes, en connexion directe avec les cours d'eau. De plus il existe des nappes dans les calcaires et dolomies du Jurassique plissé des reliefs surplombant les vallées. Ces entités sont peu importantes, les calcaires étant relativement peu fissurés et encadrés de marnes (Karpoff, 1979).

L'aquifère de la vallée Bléone se présente comme étant un milieu poreux peu sensible à la sécheresse, mais au contraire, très sensible à la pollution, en raison d'une couverture limoneuse peu épaisse à inexistante et très perméable (BRL, 2000).

On constate un schéma local simple, avec une coupe-type transversale monocouche relativement uniforme (BRL, 2000), et présentant des cloisonnements géologiques du type *verrous*, qui scindent l'aquifère d'amont en aval en plusieurs unités interconnectées (BCEOM, 1991).

Ainsi, on peut observer en rive droite de la Bléone les unités suivantes :

- ↪ secteur de Caguerenard, la Sèbe, les Basses Sieyès, les Basses Terres, jusqu'au droit du "Roché Coupé" (Commune de Digne-les-Bains),
- ↪ secteur de la Tuilerie, les Paluds (Commune d'Aiglun), les Grillons et chapelle St-Christol (Commune de Mallemoisson),
- ↪ secteur du Prieuré jusqu'à Malijai.

Et en rive gauche :

- ↪ secteur depuis la basse ville de Digne-les-Bains, en passant par les Chauchets et les Ferreols (Commune de Digne-les-Bains),
- ↪ secteur de Plan du Grand Justin, puis Carméjane jusqu'à la Marine (Commune du Chaffaut),
- ↪ secteur de St Jaume (Commune du Chaffaut) à St Florent,

⁴ En accord avec le SMAB et le Comité Technique, il a été décidé de ne pas mentionner les noms et coordonnées des particuliers.

↗ secteur en amont du barrage de Malijai.

L'aquifère est formé par des dépôts grossiers hétérogènes (sables, graviers et galets, ainsi que quelques blocs) (BRL, 2000).

Son alimentation résulte pour partie de la rivière et pour partie des versants (BCEOM, 1991).

1.3.2.2. VARIATIONS PIEZOMETRIQUES

Dans le cadre du "Schéma d'Aménagement de la Bléone" de 1991, le BCEOM fait état d'un abaissement quasi général du niveau de la nappe en aval de Digne-les-Bains, et soulève trois causes potentielles, sans toutefois déterminer avec exactitude la part de chacune d'elles dans ce phénomène :

- un déficit pluviométrique marqué entre 1988 et 1990,
- les extractions de granulats en rivière,
- les prélèvements d'eau en rivière ou en nappe.

Cet abaissement du niveau de la nappe est observable sur la chronique piézométrique réalisée par la DIREN au niveau des extractions Perasso à Malijai.

Cette chronique est la plus ancienne existante sur le bassin versant, elle constituera par conséquent la chronique historique de référence pour notre étude.

D'ores et déjà, il est possible de tirer des informations de ce suivi :

- ⇒ l'abaissement de nappe mentionné par le BCEOM ne se révèle pas être une tendance à long terme puisqu'une remontée de la piézométrie s'observe dès 1991, pour culminer en 1994 à un niveau de hautes eaux exceptionnelles correspondant au second pic de plus hautes eaux connues.
- ⇒ Le niveau d'étiage de nappe est généralement observable durant la période hivernale, avec une piézométrie de hautes eaux au cours de la période estivale. Ce phénomène résulte d'une pratique d'irrigation et est général à l'ensemble de la Provence.
- ⇒ Les niveaux de hautes et de basses eaux exceptionnelles les plus importants ont été mesurés durant l'année 1980, entraînant un battement de nappe pour le cas présent de 4,10 m, contre un battement moyen de l'ordre de 1 à 1,50 mètres.
- ⇒ On remarquera une autre période d'étiage de nappe soutenu durant les années 1985 et 1986, et un second pic de hautes eaux durant l'hiver 1994.
- ⇒ La fluctuation générale de la nappe semble être cyclique sur une période de 5 à 10 ans, et n'indique pas de tendance à l'abaissement ou à l'exhaussement de la piézométrie.

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC

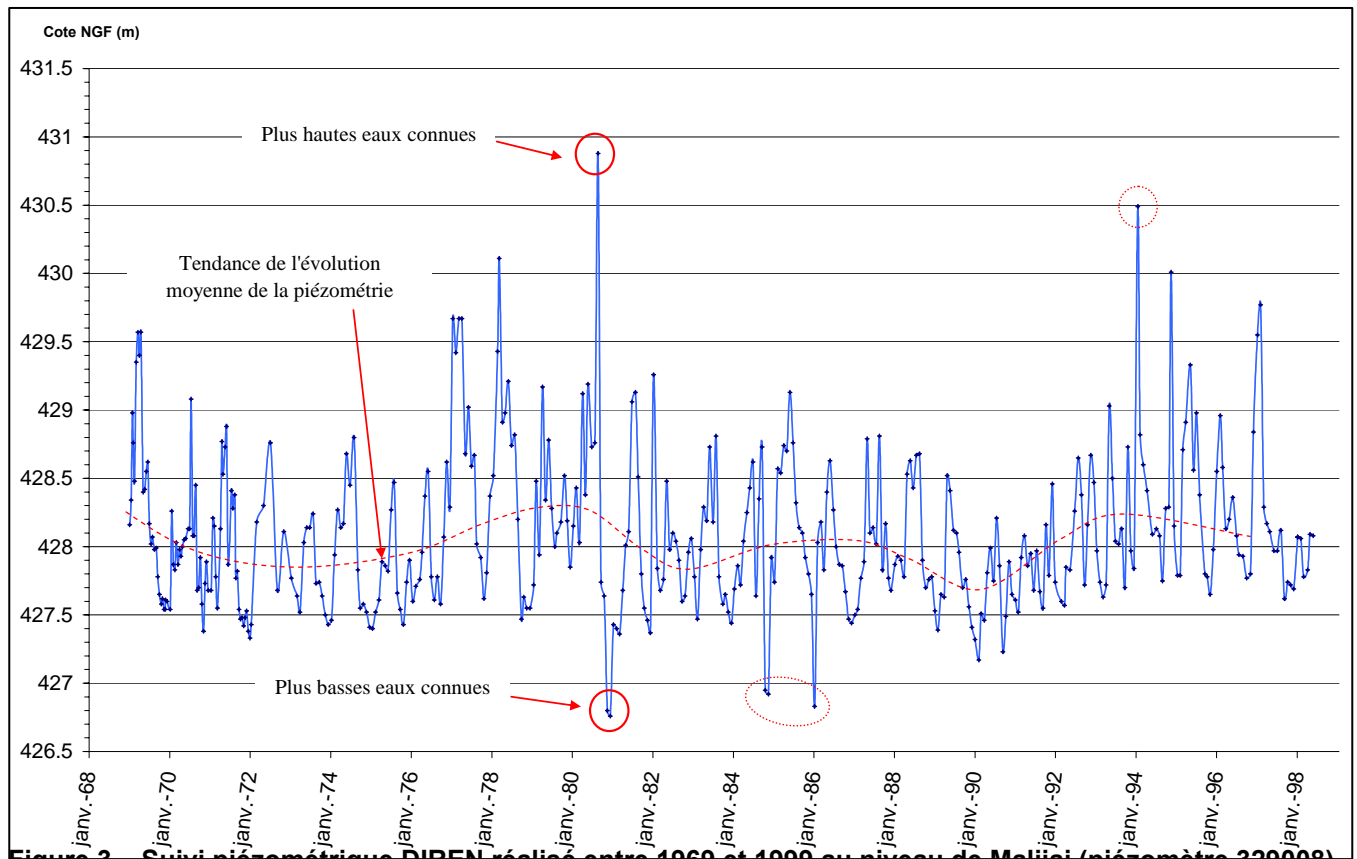


Figure 3 – Suivi piézométrique DIREN réalisé entre 1969 et 1999 au niveau de Malijai (piézomètre 329008)

1.3.2.3. LES ADOUS

On appelle "adou" une émergence d'eau de nappe ou de surface qui se forme à la faveur d'un point bas topographique, et présent au niveau de la plaine alluviale (par opposition à un source émergeant généralement en milieu ou pied de versant).

Il est important de différencier le mode d'alimentation d'un adou afin de pouvoir l'intégrer dans la gestion de l'entité concernée (eau souterraine ou eau de surface), notamment en terme d'exploitation et de protection.

En effet, un adou formé par une résurgence de nappe va former une interface préférentielle entre les milieux souterrain et météoriques, cette interface constituant une zone de propagation préférentielle des polluants de surface en direction de l'aquifère et de sa nappe.

De plus, les adous présentent un intérêt écologique important, notamment pour la faune aquatique. En effet, ils constituent des zones de frayères privilégiées pour les espèces piscicoles, mais aussi des zones d'habitat pour la faune aquatique (poissons, écrevisse d'eau douce, etc.)

On l'aura compris, il est important de connaître le mode d'alimentation des adous, ainsi que leur relation avec les eaux souterraines et/ou les eaux de surface.

Cette connaissance est d'autant plus importante que de nombreux adous sont aujourd'hui exploités dans le cadre d'activités anthropiques, telles que l'irrigation agricole par pompage,

l'alimentation de bassins piscicoles par dérivation des écoulements naturels, ainsi que de l'alimentation de zones de loisirs (Lac de Gaubert).

On compte de nombreux adous sur les vallées de la Bléone et des Duyes, la vallée du Bès ne présentant quant à lui qu'un seul adou dans la région de Verdaches.

Dans le cadre du Schéma d'Aménagement de 1991, le BCEOM dresse une liste des adous présents dans la vallée de la Bléone, ainsi que des activités anthropiques ayant un lien avec la nappe, tels que les captages AEP, les stations d'épurations (STEP), et les décharges sauvages⁵.

Les principaux adous recensés sur la vallée de la Bléone sont : (B. Lambey)

- l'adou de Tarelle,
- l'adou des Grillons,
- l'adou des Faïsses,
- l'adou de Féraud,
- l'adou de St Jurson,
- l'adou de Gaubert,
- l'adou de Mounas,
- l'adou de Clos Jaline,
- l'adou de Marine,
- l'adou de Schaller,
- l'adou de la Lauzière,
- l'adou de Trente Pas,
- l'adou du pré de Baude,
- l'adou de St Domnin,
- l'adou de Valgelade,
- l'adou de Thumine,
- l'adou du Consevatoire,
- l'adou de la Barricade,
- l'adou de Chaussegros.

Nous avons reporté le tracé de ces principaux adous sur les cartes IV de l'atlas cartographiques.

L'adou de Tarelle à l'Est de Malijai et celui de Schaller vers Marcoux, se situent dans des secteurs où la nappe est drainée par la Bléone. Que ces adous soient en relation directe avec la nappe ou non, une telle configuration limite les risques de contamination de la nappe par une pollution survenant dans ces adous..

Il serait donc souhaitable de mettre en place un protocole de suivi afin de définir les relations qui lient les adous à la nappe. La compréhension de ces échanges peut nous aiguiller sur l'impact des prélèvements dans les adous sur la nappe ainsi que l'impact d'une pollution accidentelle ou chronique dans ces adous sur la nappe.

1.3.2.4. CAPTAGES AEP

Au niveau des captages AEP, le BCEOM dresse un inventaire des différents forages AEP existants dans la vallée.

⁵ Il n'existe pas de décharges autorisées à ce jour sur le basin versant de la Bléone.

- ✚ **Commune de La Javie** : un forage de 10 mètres de profondeur installé en 1972 à l'amont du pont des Chanolles. Débit maximal de 515 m³/j.
- ✚ **Commune de Marcoux** : un premier forage est réalisé en 1966. Il sera secondé en 1984 par un forage de 15 mètres de profondeur situé en rive droite de la Bléone, au niveau du pont de la RD322. Son débit moyen hivernal est de 100 m³/j.
- ✚ **Commune de Digne-les-Bains** : un champ captant drainé par trois puits en rive droite de la Bléone, en amont du pont de Marcoux (RD322).
- ✚ **Commune d'Aiglun** : un forage de 14 mètres de profondeur, équipé de 2 pompes de 14 m³/h, en rive droite de la Bléone, au lieu-dit « les Paluds ».
- ✚ **Commune du Chaffaut** : un forage réalisé en 1970 en rive gauche de la Bléone, en amont du torrent du Gibassier. Sa profondeur est de 15 m, pour un débit maximal de 200 m³/j.
- ✚ **Commune de Mallemoisson** : un forage de 15 m de profondeur, pour un débit de 864 m³/j. Réalisé en 1979, en aval du pont du Chaffaut, en rive droite.
- ✚ **Commune de Malijai** : un premier puit datant de 1958, situé au niveau du stade municipal, puis en 1965, un deuxième forage anciennement à EDF, d'une profondeur de 23 m pour un débit mesuré à 30 m³/h en 1977.

A cette liste, nous pouvons ajouter les captages des communes de Beaujeu (Arigéol), Le Vernet (Bès), la Robine-sur-Galabre (Bès), Digne-les-Bains (Courbons), Champtercier (Ravin St Martin) et L'Escale (Durance).

1.3.2.5. REJETS ET DECHARGES (SOURCES DE POLLUTIONS POTENTIELLES IDENTIFIEES)

Le bilan sur les STEP rédigé par le BCEOM, fait ressortir deux insuffisances importantes quant à leur fonctionnement sur le bassin versant (1991) :

- le rejet en rivière est considéré comme un point acquis lors des projets en station, la fragilité du milieu récepteur semble ne pas avoir été prise en compte. Il n'existe pas de traitement tertiaire.
- Le devenir des boues d'épuration est flou, avec des épandages sauvages ou des rejets directs en rivière.

En ce qui concerne les décharges, un inventaire a été réalisé en 1987, et fait état d'une dizaine de décharges non autorisées entre Prads-Haute-Bléone et Malijai. Au regard de leur impact sur les cours d'eau, la situation est peu réjouissante :

- face à une localisation de toutes les STEP, en bordure de rivière,
- avec une autoréduction des dépôts par les crues, manifestement recherchée,
- avec un contrôle ne comportant ni isolation vis-à-vis de la nappe, ni protection des eaux pluviales par recouvrement avec géotextile, ni compactage des volumes.

Notons qu'au cours de la campagne de terrain réalisée entre le 22 et le 30 avril 2002, de nombreux sites de dépôts sauvages ont été observés et dépassent largement la dizaine.

1.3.3. DESCRIPTION DU RESERVOIR ALLUVIAL

Le détail des données est consigné en Annexe 3. L'ensemble de ces données a été reporté sur des fonds de carte IGN au 25 000^e (cf. Atlas cartographique I).

Les cartes V de l'atlas cartographiques reprennent les principales caractéristiques de l'aquifère sous forme de coupes géologiques en combinant les données de sondages et les cartes géologiques au 1/50 000^e du BRGM.

Tout d'abord on constate que la nature du substratum conditionne l'alimentation du réservoir alluvial, ses dimensions et l'absence ou la présence d'apports latéraux et parfois l'importance de ces apports en terme de débits relatifs.

A titre d'exemple, on constate qu'à la Javie, la Bléone se retrouve dans deux situations différentes liées à la nature du substratum :

A l'Est du pont de la D900 sur la Bléone, le substratum est de nature marno – calcaire à dominante calcaire peu sensible à l'altération et l'on se retrouve donc avec un aquifère peu développé.

Par contre la coupe NNO – SSE à l'aval du même pont révèle un substratum liasique franchement marneux avec un fond d'aquifère plus évasé et donc un alluvionnement plus important.

Nous retrouvons ailleurs ce dispositif qui se répète pratiquement sur tout le parcours de la Bléone.

Le cas de Malijai en bout de parcours de la rivière, montre pour le même substratum, en l'occurrence le conglomérat de Valensole, un dispositif identique à ce que l'on observe à la Javie.

En amont de Malijai, vers le secteur de la Cornerie, le conglomérat de Valensole est constitué de galets mais aussi d'intercalation marneuse susceptible d'alimenter le secteur en éléments fins et de favoriser l'étalement de l'aquifère.

Par contre la coupe NS au droit de Malijai, montre un conglomérat d'aspect compact et donc relativement peu favorable à l'altération. L'on assiste ici à un développement très discret de l'aquifère tant en épaisseur qu'en largeur.

1.3.3.1. VALLEE DE LA HAUTE BLEONE (DE PRADS-HAUTE-BLEONE A DIGNE-LES-BAINS)

Une analyse géomorphologique succincte de la vallée laisse à penser que l'aquifère commence à se développer dans la zone située en aval de la cluse de la Combe et du Pas de Freyssinet (zone du hameau de La Combe). En effet, c'est à partir de cette zone que la vallée s'élargie, s'accompagnant d'un adoucissement de la pente, permettant une accumulation de matériau.

Toutefois, on observe en amont des ruines du "Camp de Repos" la présence d'un verrou rocheux qui laisse supposer une déconnection du réservoir aquifère de la Combe avec la suite de l'aquifère de la Bléone, impliquant que la totalité du débit souterrain retourne à la rivière dans la traversée du verrou. Il n'existe pas de mesures de variations de débit pour confirmer cette hypothèse.

On retrouve ce type de configuration tout au long de la vallée de la Bléone, mais aussi sur les vallées du Bès (clues) et des Duyes (de façon moins marquée). Cependant, à la différence du cas présent, les différentes entités aquifères qui en résultent, restent interconnectées.

C'est à partir de Prads-Haute-Bléone que l'on commence à voir apparaître les premières données sur l'aquifère dans le cadre d'études géotechniques.

De Prads à Marcoux on distingue des alluvions à passées limoneuses et présence de lentilles argileuses, reposant sur un substratum schisteux datant du Lias. La puissance des alluvions varie latéralement (avec une amplitude de l'ordre de la dizaine de mètres), ce qui laisse supposer la présence d'un paléovallée, comblée par des alluvions anciennes à récentes de la Bléone.

On peut observer dans l'axe de la vallée, une certaine continuité de l'épaisseur du réservoir, variant de 12,50 m au niveau de Prads à 17,50 m en amont de Marcoux, en passant par 16,00 m au droit du pont de La Javie.

En arrivant dans la zone de Marcoux, on assiste à une transition de la nature du substratum alluvial, passant des schistes aux marnes. Ainsi, on observe encore des schistes au niveau du pont de la D900 sur le Bouinenc, tandis qu'au droit du pont de la D322 sur la Bléone apparaissent les marnes noires, la transition s'effectuant au niveau du champ captant de Digne-les-Bains, avec la présence d'un substratum marno-schisteux.

Dans le cadre des différents captages AEP des communes de Marcoux et de Digne-les-Bains, la zone des "Granges" et des "Roubauds" a fait l'objet d'études hydrogéologiques spécifiques, concernant notamment la détermination des paramètres hydrogéologiques de l'aquifère (BRGM, 1970 et 1984 ; Karpoff, 1979 ; Pairis, 1970).

On retiendra les éléments suivants :

- Les alluvions sont présentes sur environ vingt mètres d'épaisseur, pouvant aller jusqu'à 31 m. La pente générale de la nappe est d'environ 1%.
- La perméabilité (K) des alluvions est bonne (de l'ordre de 10^{-3} à 5.10^{-3} m/s), pour une transmissivité (T) comprise entre 10^{-1} et 10^{-2} m²/s, et un coefficient d'emmagasinement (S) de 0.01.
- Des simulations de transfert de pollution en direction des captages via la nappe ont été réalisées. Il en ressort qu'il faudrait 10 jours à une pollution identifiée à environ 40 m des captages pour les contaminer (isochrone 10 jours).

On observe de nouveau une transition de la nature du substratum entre Marcoux (marnes noires) et Digne-les-Bains (poudingue).

1.3.3.2. VALLEE DE LA BASSE BLEONE (DE DIGNE-LES-BAINS A MALIJAI)

On observe une légère remontée du substratum conglomératique (poudingue de Valensole), généralisée sur l'ensemble de la traversée de Digne-les-Bains (du quartier des Arches au Plan de Gaubert), avec une puissance des alluvions de l'ordre de la douzaine de mètres (entre 9 et 16,50 m). Les variations latérales laissent toujours supposer la présence d'une paléovallée.

On notera la présence d'un aquifère de versant semi-captif au niveau du quartier de Courbons. Ce réservoir est constitué de calcaires (très certainement fissurés, voire

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC

karstifiés), reposant sur des marnes gréseuses et conglomérats d'âge Mio-Pliocène. Cette ressource est actuellement exploitée par la ville de Digne-les-Bains (captage du Gomar).

La plaine alluviale se rétrécit à l'aval du Lac de Gaubert (lieu-dit "la Grande Iscle") par le biais d'un ancien verrou glaciaire, qui se traduit par une remontée du substratum (avec une épaisseur d'alluvions de 8,50 m au droit du captage AEP de la commune du Chaffaut, surmontant un substratum molassique).

Des essais de pompage réalisés par le BRGM en 1997 sur ce captage, mettent en évidence un gradient hydraulique de nappe de 5‰, pour une transmissivité de 5.10^{-2} m²/s (soit une perméabilité estimée à 6.10^{-3} m/s) et une porosité efficace de 10%.

A partir de la "Roche Frison", la plaine alluviale s'élargit rapidement, s'accompagnant d'un abaissement rapide du mur des alluvions (interface alluvions/substratum), avec des épaisseurs de l'ordre de la trentaine de mètres au niveau d'Aiglun (Gidon, 1963).

Une étude menée au niveau de la décharge de la Cornerie (Gester, 2000), indique que la nappe est alimentée en partie par des apports de versants et en partie par la Bléone. La pente de la nappe est sensiblement identique à la pente de la rivière. Un suivi piézométrique réalisé en 1976 montre un lien direct de la nappe avec les précipitations à proximité des versants, tandis qu'au voisinage de la Bléone la relation piézométrie/précipitations semble être plus difficile à percevoir.

A partir du pont de la RD17 sur la Bléone, le substratum formé par les poudingues de Valensole s'élève doucement et régulièrement (En 1987, le BRGM observe 21,50 m d'alluvions en aval immédiat du quartiers des Grillons, à Mallemoisson, avec une perméabilité de 10^{-3} m/s), pour se stabiliser autour d'une vingtaine de mètres de profondeur au niveau de la décharge de la Cornerie (Gester, 2000) et ce jusqu'à Malijai (profondeur de 23,30 mètres au droit du captage AEP communal, Cathabard, 1978).

Lors de l'implantation du barrage EDF de Malijai, de nombreux sondages de reconnaissances ont été réalisés et montrent une grande disparité latérale de l'épaisseur des alluvions, avec une variation de 4,50 à 28,25 m (Rey, 1958), limitée à 2,50 mètres en amont du pont de la CD4 (CETE, 1980).

L'ensemble des alluvions repose sur un substratum conglomératique, constitué par les formations détritiques de Valensole (poudingues à passées argileuses). La perméabilité générale au niveau de Malijai est de 5.10^{-3} m/s, avec des variations verticales importantes comprises entre 10^{-2} m/s à proximité de la surface topographique et jusqu'à 10^{-6} m/s dans la zone de substratum altéré (correspondant à la zone de transition entre les alluvions et le substratum sain).

Dans la traversée du village de Malijai, l'aquifère se réduit singulièrement : les poudingues affleurent sur les deux rives de la Bléone, et l'épaisseur des alluvions se réduit à moins de 10 m.

Le Tableau 1 récapitule les principales caractéristiques de l'aquifère de la Bléone de Marcoux à Malijai.

Paramètres	unités	Marcoux (captages AEP de Digne)	Le Chaffaut (captage AEP)	Malijai (captage AEP)
Epaisseur des alluvions	m	31,00	8,50	23,30
gradient hydraulique	-	3‰	5‰	1‰
Transmissivité	m ² /s	10^{-1} à 10^{-2}	5.10^{-2}	-

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC

Perméabilité	m/s	5.10^{-3} à 10^{-3}	6.10^{-3}	2.10^{-3} à 7.10^{-4}
Coefficient d'emménagement	-	0,01	-	-
Porosité efficace	%	-	10	5
Temps de transfert d'une pollution (isochrone 10 jours)	m	40	-	30

Tableau 1 – Récapitulatif des principales caractéristiques de l'aquifère de la Bléone de Marcoux à Malijai

1.3.3.3. VALLEE DU BES

Il existe peu d'informations sur le réservoir alluvial de la vallée du Bès. On remarquera toutefois que sa structure est discontinue, avec une déconnexion de l'aquifère au niveau de la zone des clues entre Verdaches et le village d'Esclangon.

En amont des clues, l'aquifère est peu développé. Il est formé d'une couche d'alluvions dont la puissance avoisine localement la douzaine de mètres ($e = 11,50$ m au niveau du pont de la RD900a sur la commune de Verdaches, Fondasol, 1997).

Au niveau de la zone des clues, le substratum calcaire affleure et forme ainsi une succession de clues étroites et profondes. On retrouve entre ces différentes formations des zones où la vallée s'élargie légèrement à la faveur d'un substratum marno-schisteux plus tendre, permettant des dépôts alluviaux qui restent toutefois limités (épaisseur des alluvions de 2,70 m en rive droite du pont de St Clément à Barles). Cette zone s'étend de la clue de Verdaches à la clue du Pérouré (en amont du village d'Esclangon).

En aval de la zone de clue, l'aquifère se développe graduellement vers l'aval, pour atteindre une épaisseur d'une vingtaine de mètres en amont de la confluence avec la Bléone (Ducreux, 1999).

1.3.3.4. VALLEE DES DUYES

Les seules informations disponibles sur le réservoir de la nappe d'accompagnement des Duyes sont issues d'études géotechniques réalisées au droit d'ouvrage de franchissement de la rivière.

On retiendra que l'épaisseur de l'aquifère semble très variable sur sa partie amont (commune de Thoard).

<i>Localisation</i>	<i>Epaisseur moyenne de l'aquifère</i>	<i>Nature substratum</i>
Pont du Chevalet	4 mètres	conglomérats
Pont des Duyes (RD17)	non observé	argiles (sur 4,80m) puis marnes
Pont du ravin de Peipin (RD3)	12 mètres	poudingues

Tableau 2 – Description de l'aquifère des Duyes au droit de la commune de Thoard

On retrouve une épaisseur de l'ordre de la dizaine de mètres en rive droite du pont de la RD17 (commune de Mallemoisson), reposant sur un substratum marneux.

1.3.3.5. AUTRES AFFLUENTS DE LA BLEONE

Les rares informations existantes sur les différents affluents de la Bléone sont assez pauvres, et ne permettent pas de donner un aperçu général du réservoir alluvial correspondant.

Cependant, ces différents aquifères restent très limités, aussi bien au niveau de leur capacité, que de leur exploitation actuelle ou de leur potentialité. Le manque d'informations évident les concernant ne représente donc pas un inconvénient majeur pour le déroulement de l'étude.

➤ Vallée de l'Arigéol

Le lit du torrent du Galèbre présente un colmatage important, avec une influence directe sur l'aquifère, le débit de nappe semble en effet être tributaire du torrent. Cependant, la recharge de la nappe n'est pas uniquement le fait des eaux de surface (Fondasol, 1987).

Le réservoir alluvial est peu développé. Il est constitué de sables limoneux sur environ 3 à 4 mètres reposant sur des éboulis schisteux à matrice limoneuse (e = 4 à 6 mètres), avant d'atteindre le substratum schisteux.

➤ Vallée des Eaux Chaudes

L'aquifère au niveau de la partie aval de la vallée des Eaux Chaudes (pont du Pigeonnier) repose sur des niveaux marneux, eux-mêmes reposant sur des schistes fracturés présentant des arrivées d'eau. L'épaisseur des alluvions est d'environ 7,20 mètres en rive droite du pont.

➤ Ravin de Saint Martin

Le ravin de St Martin (commune de Champtercier) présente au droit de la ZA des Augiers un aquifère captif, déconnecté du torrent de St Martin par un horizon argileux compact d'une dizaine de mètres d'épaisseur (BRGM, 1983). Cet aquifère se compose de galets avec présence de lentilles argileuses sur 12 mètres d'épaisseur et repose sur un substratum argileux.

Cet aquifère est actuellement exploité par forage pour la commune de Champtercier, en tant que ressource d'appoint AEP lors des périodes de tarissement des sources captées.

1.3.4. QUALITE DE LA NAPPE

Au niveau de Digne-les-Bains, les eaux sont à caractère bicarbonaté calcique avec une tendance sulfatée chlorurée sodique (BRL, 2000).

De nombreux sites (Digne-les-Bains, Marcoux, La Robine-sur-Galabre, etc.) montrent des teneurs importantes en sulfates dans les eaux souterraines, principalement dues à la présence de couches gypsophiles triasiques directement en contact avec les eaux de nappe.

L'aquifère de la Bléone est décrit comme un milieu fragile et mal protégé, avec de nombreux cas de pollutions accidentelles voire chroniques.

On prendra comme exemple le cas de la commune de Mallemoisson, où des cas de pollutions aux hydrocarbures et solvants halogènes ont été régulièrement observés entre 1993 et 1998 par la DDASS.

On notera aussi la présence, en lit majeur, de nombreuses décharges actuellement fermées sur décisions administratives, et toujours en attente d'une réhabilitation avec mise en conformité (isolement des déchets des eaux météoriques, récupération et traitements des *lixivias*, intégration paysagère, etc.).

1.4. BILAN GENERAL DE L'ETAT DES LIEUX

Après analyse de l'état des connaissances existantes sur la nappe alluviale de la Bléone et de ses affluents, nous pouvons en tirer les conclusions suivantes :

- ⇒ les données existantes nous apportent une connaissance simple, mais correcte de la nappe alluviale,
- ⇒ ces données nous ont permis de mettre en place une base de donnée piézométrique nous permettant de répondre à un objectif de schéma d'aménagement pour les zones non exploitées, où les principes d'écoulements restent assez simples.
- ⇒ en revanche, dans les zones plus complexes, avec des enjeux importants, ou des aspects techniques plus compliqués, l'étude nécessite des moyens d'analyses plus importants et plus précis.

Afin de lever le voile sur les zones encore méconnues du bassin versant, ou d'affiner les zones à enjeux forts, il a été convenu de réaliser plusieurs campagnes d'investigations :

- Un **suivi piézométrique mensuel** sur une durée totale de 12 mois, comportant environ 80 points de mesures (puits, forages, et piézomètres) répartis sur l'ensemble du bassin versant de la Bléone.
 - ⇒ Ce suivi complètera les données précédemment acquises (DIREN, GDF, BRGM).
 - ⇒ Il devra permettre de réaliser une carte piézométrique en hautes eaux, ainsi qu'une carte d'étiage de nappe (basses eaux).
 - ⇒ L'analyse des variations piézométriques apportera les informations nécessaires à la compréhension des relations nappe/rivière.
- Une campagne de **mesures géophysiques** au droit de zones prédéfinies.
 - ⇒ Cette campagne doit permettre notamment d'apprécier l'épaisseur des alluvions, et de définir la morphologie du substratum, sur les zones à enjeux forts.
- La mise en place de **15 piézomètres** qui permettront :
 - ⇒ de déterminer l'épaisseur des alluvions dans des zones où l'information est actuellement incertaine,
 - ⇒ de compléter la base de données de points de mesures pour le suivi piézométrique,
 - ⇒ de suivre les essais de pompage.

- Des **essais de pompage** au niveau des captages AEP existants (Malijai, Mallemoisson/Aiglun/Le Chaffaut, et Marcoux/Digne-les-Bains).
 - ↳ Ces essais sont suivis par les piézomètres définis ci-dessus et par les points de mesures existants et localisés aux abords des captages. Ils permettent de définir les caractéristiques de la nappe alluviale au niveau des zones complexes,
- Une **modélisation** des zones de captages est réalisée à partir des données géophysiques, piézométriques, et des essais de pompage,
 - ↳ Ces modèles doivent déterminer les écoulements de la nappe et les vitesses de transferts, afin de quantifier le degré de vulnérabilité de la nappe,
- Une **comparaison des variations piézométriques et de l'évolution du lit mineur de la Bléone**.
 - ↳ Cette comparaison devra apporter des éléments pour déterminer l'influence du niveau du lit de la Bléone (et à fortiori des extractions) sur la piézométrie de sa nappe d'accompagnement.



2. INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

Chaque campagne d'investigations complémentaires est synthétisée afin de faire ressortir les points suivants :

- ⇒ **Déroulement de l'étude**, avec remarques particulières (incident, difficulté, etc.),
- ⇒ **Technique(s) utilisée(s)** pour la réalisation de chaque campagne,
- ⇒ **Résultats obtenus**. L'exploitation de ces résultats sera développée dans la partie diagnostic (§.3.).

2.1. CAMPAGNE GEOPHYSIQUE

2.1.1. OBJECTIFS ET DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE

La mise en place de cette campagne géophysique a permis de déterminer au droit des secteurs nécessitant des compléments d'informations :

- l'épaisseur des alluvions,
- la morphologie du toit du substratum (contact alluvions/substratum),
- ainsi que de différencier les alluvions noyées des alluvions sèches (c'est-à-dire déterminer le toit de la nappe alluviale).

Les mesures ont été effectuées entre le 1^{er} et le 5 juillet 2002 par le Cabinet GEOGEOPHY, par méthode électrique. La campagne comprend 41 sondages électriques répartis en trois zones prédéfinies sur les communes de Thoard pour les Duyes, de Marcoux et Mallemoisson/Aiglun/Le Chaffaut pour la Bléone.

2.1.2. DONNEES OBTENUES

Les coupes interprétatives de chaque secteur, ainsi que le plan de localisation des tracés électriques, sont consignés en Annexe 6.

➤ **ZONE DE MALLEMOISSON/AIGLUN/LE CHAFFAUT**

La coupe lithologique type de la zone de Mallemoisson (Tableau 3) est présente sur l'ensemble des profils, seuls les horizons h_3 et h_4 n'apparaissent pas sur les deux profils amont.

Horizons	Profondeur (m)	Description	Résistivité ($\Omega.m$)
h_1	0 à 0.5	recouvrement argilo-sableux	120
h_2	0.5 à 1.7	alluvions hors nappe	1000
h_3	1.7 à 6.5	alluvions sablo-graveleuses sous nappe	250
h_4	6.5 à 9.5	alluvions argilo-sableuses sous nappe	55
h_5	9.5 à 22	alluvions sablo-graveleuses sous nappe	290
h_6	22 et +	substratum argileux	25

Tableau 3 – Coupe lithologique type sur le secteur de Mallemoisson/Aiglun/Le Chaffaut

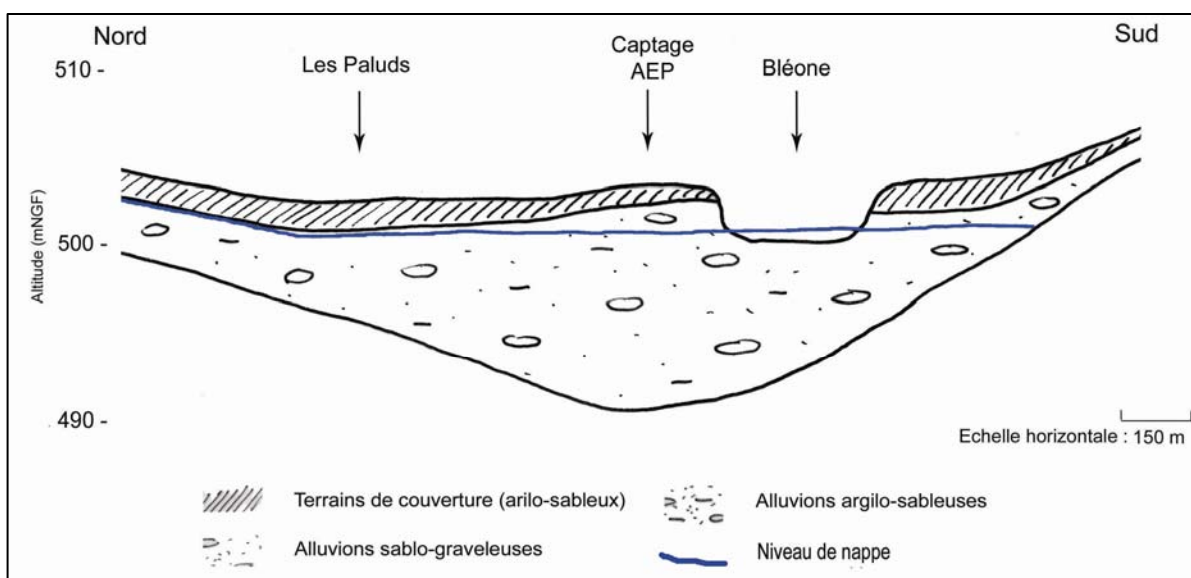


Figure 4 – Coupe géologique interprétative du secteur de Mallemoisson, d'après des tracés géophysiques réalisés entre les Paluds (Mallemoisson) et Trezzini (Le Chaffaut)

Le substratum est nettement creusé au centre de la vallée actuelle, à l'aplomb de la rive droite de la Bléone. La pente générale du toit du substratum est de l'ordre de 12%.

Les épaisseurs d'alluvions noyées varient de 0 à 20 mètres, avec une épaisseur augmentant très nettement vers l'aval (de 7.50m à l'amont, à 20m dans la partie aval).

La couverture de surface est relativement bonne sur l'ensemble du site, et varie de 0.5 à 1.5 mètres, et est bien évidemment inexistante dans le lit mineur.

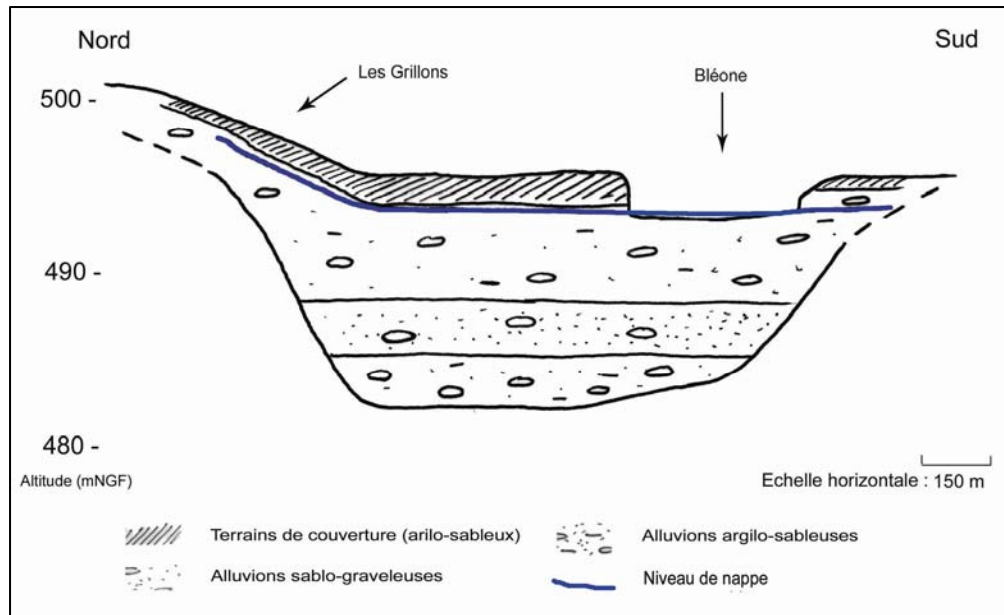


Figure 5 – Coupe géologique interprétative, d'après des tracés géophysiques réalisés entre les Grillons (Mallemoisson) et le lycée agricole (Le Chaffaut)

On note parfois la présence de lentilles à matrice argileuse qui créent une hétérogénéité du remplissage.

➤ ZONE DE MARCOUX

La coupe lithologique du secteur de Marcoux se présente comme suit :

Horizons	Profondeur (m)	Description	Résistivité ($\Omega.m$)
h ₁	0 à 0.4	recouvrement argilo-sableux	180
h ₂	0.4 à 3.4	alluvions hors nappe	1400
h ₃	3.4 à 9.9	alluvions sablo-graveleuses sous nappe	190
h ₄	9.9 à 11	argiles caillouteuses sous nappe	30
h ₅	11 à 22	alluvions sablo-graveleuses sous nappe	270
h ₆	22 et +	substratum marneux à calcaire	20

Tableau 4 – Coupe lithologique type sur le secteur de Marcoux

La protection de surface est relativement mauvaise, avec des graviers alluvionnaires affleurant sur une grande partie du secteur étudié, et des terrains peu épais à résistivité élevée sur le restant du site.

Le substratum est très nettement surcreusé au centre de la vallée actuelle (relief de canyon), avec une pente moyenne de 12%.

On note parfois la présence de lentilles à matrice argileuse qui créent une hétérogénéité du remplissage.

Les épaisseurs d'alluvions noyées varient de 0 à 21 mètres en diminuant légèrement vers l'aval (15m).

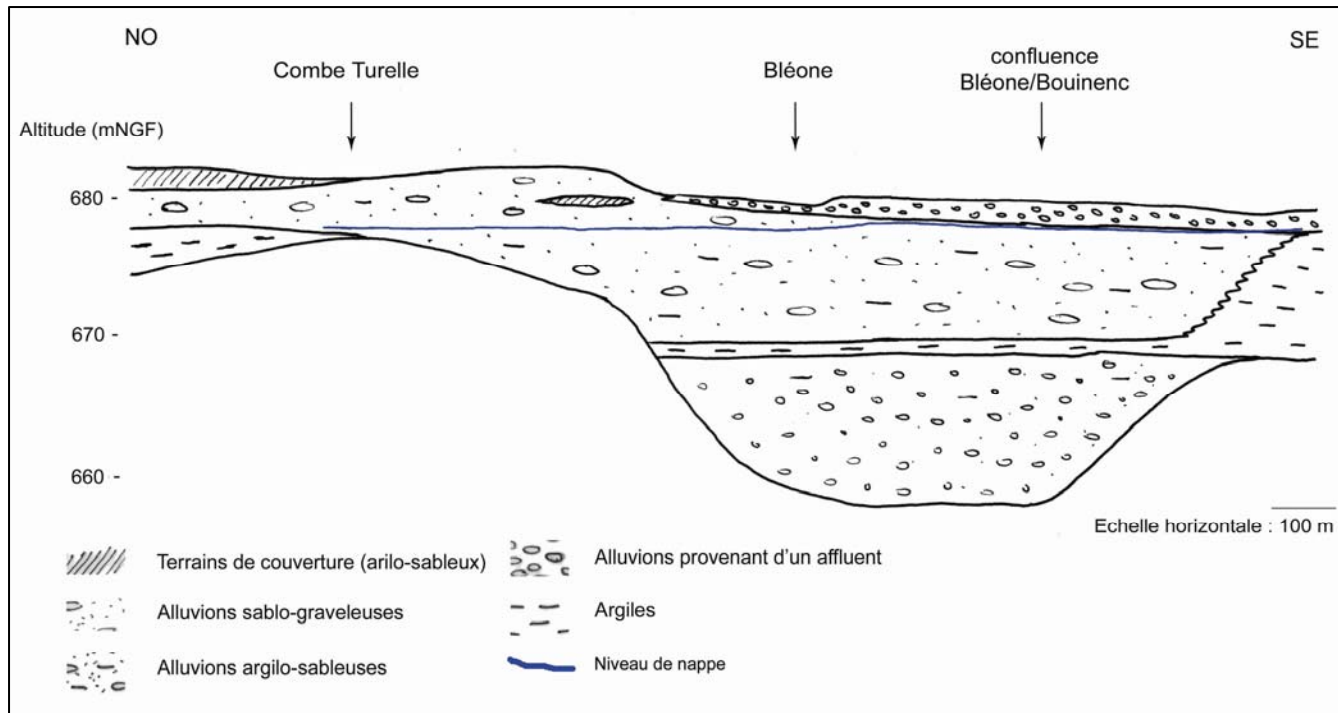


Figure 6 - Coupe géologique interprétative, d'après des tracés géophysiques réalisés entre la Combe Turelle et la confluence Bléone/Bouinenc

➤ ZONE DE THOARD

En l'absence de coupe de forage pour étalonnage, la coupe type a été calée sur celle du secteur de Mallemoisson. Après mesure, la coupe a été établie et est donnée dans le Tableau 5.

Horizons	Profondeur (m)	Description	Résistivité ($\Omega.m$)
h_1	0 à 2.1	recouvrement argilo-sableux	40
h_2	2.1 à 3.6	alluvions hors nappe	1000
h_3	3.6 à 8.6	alluvions sablo-graveleuses sous nappe	250
h_4	8.6 à 12	Alluvions argilo-sableuses sous nappe	55
h_5	12 à 17	alluvions sablo-graveleuses sous nappe	290
h_6	17 et +	substratum	25

Tableau 5 – Coupe lithologique type sur le secteur de Thoard

Le net surcreusement du substratum au centre et sur les bordures de l'actuelle vallée alluviale, laisse supposer la présence de paléoméandres. La pente générale du substratum est de 24%

L'épaisseur de l'aquifère est de l'ordre de 0 à 15 mètres.

A l'exception du lit mineur, la protection de surface apparaît satisfaisante, avec des épaisseurs de 0.5 à 2.5 mètres.

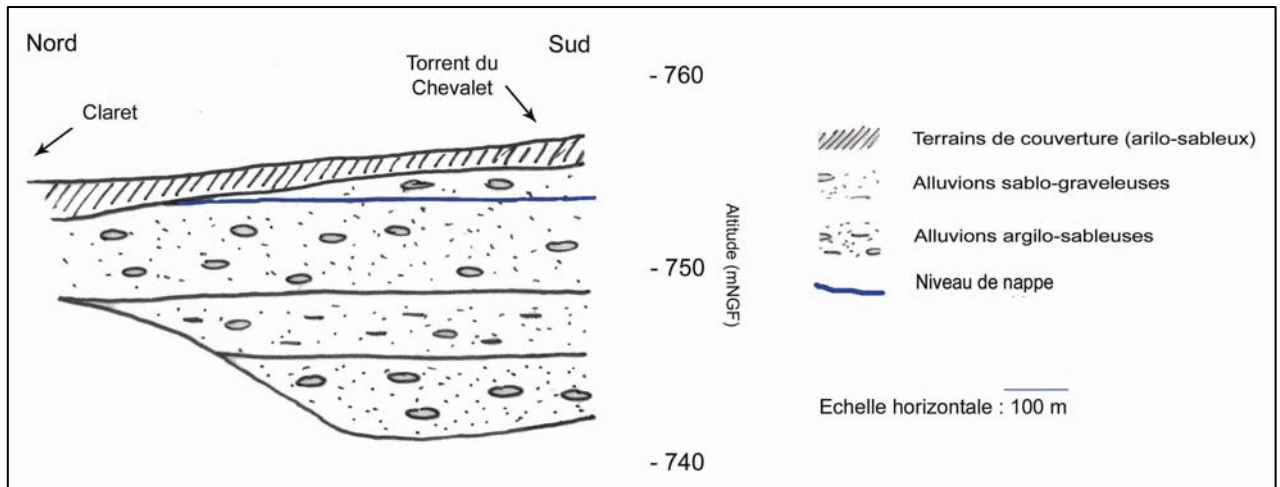


Figure 7 - Coupe géologique interprétative, d'après des tracés géophysiques réalisés entre le Claret et le torrent du Chevalet

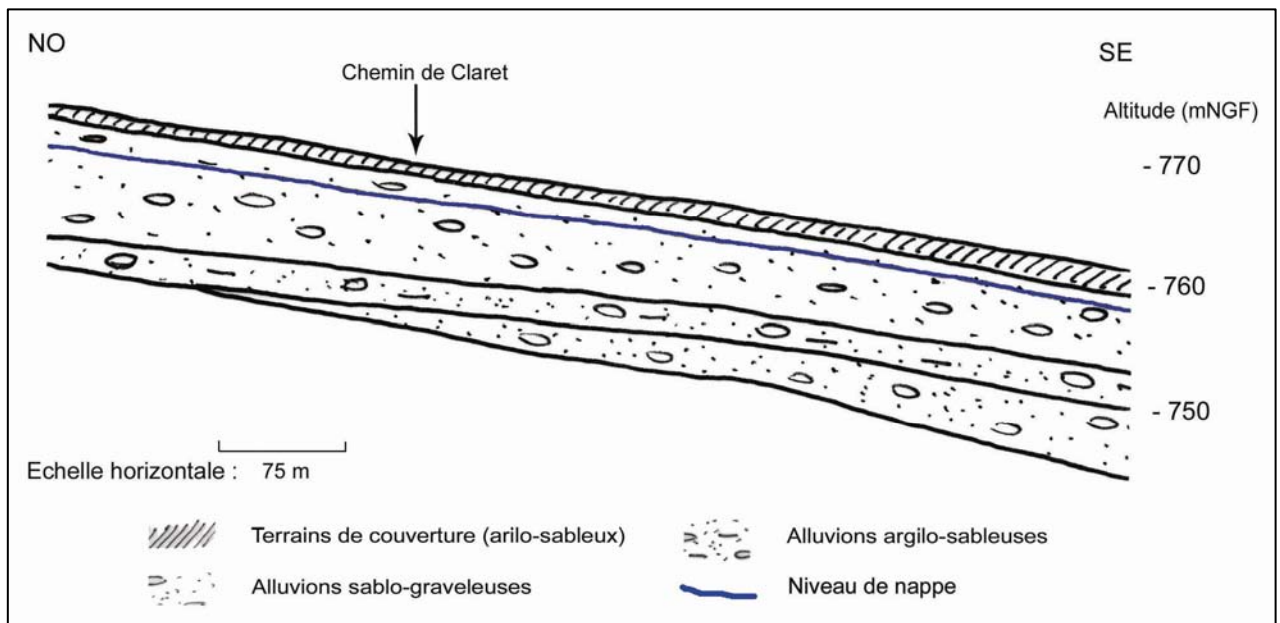


Figure 8 – Coupe du profil en long géologique interprétée à partir des tracés géophysiques réalisés entre les Patouilles et le Planas

➤ CONCLUSIONS

Les secteurs de Thoard et de Marcoux montrent des surcreusements relativement brutaux, que l'on peut associer à des *paléocanyons*.

La pente générale du toit du substratum est de l'ordre de 12% pour les secteurs de Mallemoison et de Marcoux, et de 24% dans la zone de Thoard.

Exceptions faites du lit mineur où les graviers affleurent sans recouvrement, la protection de surface apparaît satisfaisante sur les secteurs de Mallemoison et Thoard, mais relativement mauvaise à Marcoux.

2.2. IMPLANTATION DE PIEZOMETRES

2.2.1. OBJECTIFS

Afin de compléter le réseau de points de mesures piézométriques, quinze piézomètres ont été implantés sur l'ensemble du bassin versant, répartis comme suit :

- 9 piézomètres sur la Bléone, à Blégiers en rive gauche (Bl1), 4 autour du champ captant de Marcoux (Bl2 à 5), et 4 sur les communes de Mallemoisson, Aiglun, le Chaffaut (Bl6 à 9),
- 2 piézomètres sur le Bès (Be1 et 2), au Vernet au niveau des tennis municipaux, et à Verdaches en rive gauche,
- 4 piézomètres sur le Duyes (Du1 à 4), 3 à la confluence des Duyes avec le torrent du Chevalet, et 1 aux Beauduns en rive droite (lieu-dit les Paluds)

En plus de compléter le maillage piézométrique disponible sur le bassin versant, certains de ces piézomètres doivent permettre d'apporter des précisions quant à la puissance des alluvions dans des zones non renseignées (Bl1, Be1&2 et Du4), et d'affiner le maillage de points de mesures lors des essais de pompage (en vue d'une modélisation).

2.2.2. IMPLANTATION ET RESULTATS

L'implantation de ces piézomètres a été exécutée par la société GEOTEC, du 24 juillet au 7 août 2002. Les sondages ont été équipés en diamètre 76/90mm par tubage à l'avancement de type Odex (technique privilégiée en raison de l'hétérogénéité des matériaux traversés).

Les piézomètres ont été rattachés à la base de donnée du suivi piézométrique, tel que décrit dans le Tableau 6.

Les coupes lithologiques réalisées lors de cette campagne de forage sont consignées en Annexe 4.

Les résultats sont synthétisés dans le Tableau 7, reprenant les informations importantes : puissance des alluvions, niveau du toit du substratum, et niveau piézométrique après stabilisation suite à l'équipement des sondages.

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE – MODELISATION DE LA POLLUTION

	Localisation des piézomètres	Identifiant foreur	Identifiant base de données
Bléone	Blégiers – 300m au nord du ravin du Gourgeas, en rive gauche de la Bléone	BI1	B01
	Marcoux – lieu-dit l'Isclé, sur le chemin menant à Saint Martin	BI2	B06
	Marcoux – face au ravin de Combe Turelle, en retrait à l'est du chemin	BI3	B05
	Marcoux – lieu-dit Pré Piouvert, à l'angle du chemin, au milieu de la chaussée	BI4	B07
	Marcoux – 120m au sud ouest du croisement de la D322 et du chemin d'accès aux granges, à droite de la route dans le virage	BI5	B10
	Le Chaffaut – à la pâte d'oie du lieu-dit le Paradis	BI6	B25
	Le Chaffaut – en bordure de route, sous un chêne, 230m au nord du croisement de la distillerie Bourgogne	BI7	B28
	Le Chaffaut – au carrefour D12 / D17, le long du talus du ravin de Nigas	BI8	B30
	Mallemoisson – 100m au nord ouest du puits de captage de la commune, forêt domaniale de Mallemoisson	BI9	B33
Duyes	Thoard – 100m à l'ouest du croisement de la route du ravin de Chevalet et le chemin menant à la Bastide, sur la zone de parking	Du1	D03
	Thoard – la Grande Bastide, 80m à l'est de la bergerie	Du2	D05
	Thoard – 140m au nord du croisement D3 avec la route d'accès au hameau de Saint Martin	Du3	D06
	Les Beauduns – lieu-dit les Paluds, 40m au nord du bout du chemin d'accès à la Gibonne	Du4	D08
Bès	Le Vernet – à l'angle sud est des tennis municipaux	Be1	Bès01
	Verdaches – rive gauche, 600m en aval de la passerelle qui enjambe le Bès	Be2	Bès02

Tableau 6 – Correspondance des piézomètres implantés au cours des investigations complémentaires avec la base de données piézométriques

Identification		Cote NGF (mNGF/sol)	Profondeur totale (m)	Toit du substratum (mNGF)	Epaisseur des alluvions (m)	Niveau piézométrique durant la campagne (mNGF)
B01	Blégiers	905.00	8.00	897.50	7.50	903.15
B06	Ravin Combe de Tarelle	679.80	5.50	674.80	5.00	677.60
B05	Chemin St Martin	687.60	6.00	non atteint	> 6.00	683.60
B07	Pré Piouvert	678.10	6.80	672.10	6.00	672.60
B10	Les Granges sud	665.50	7.00	non atteint	> 7.00	660.50
B25	Le Paradis	529.50	12.00	non atteint	> 12.00	519.90
B28	Ponti sud	507.20	5.70	non atteint	> 5.70	503.70
B30	Pont du Chaffaut RG	506.10	7.00	non atteint	> 7.00	501.70
B33	Pont du Chaffaut RD	506.20	5.70	non atteint	> 5.70	504.00
D03	La Bastide	766.60	11.50	non atteint	> 11.50	757.70
D05	La Grande Bastide nord	748.80	15.00	734.80	14.00	738.30
D06	La Grande Bastide sud	747.30	11.50	737.80	9.50	sec
D08	Les Beauduns	678.30	9.50	669.70	8.60	676.60
Bès01	Le Vernet	1195.20	7.00	1189.40	5.80	1192.60
Bès02	Verdaches	1114.70	15.50	1099.50	15.20	1112.00

Tableau 7 – Synthèse des résultats de la campagne de reconnaissance réalisée entre le 24/07/02 et le 07/08/02

2.3. SUIVI PIEZOMETRIQUE

2.3.1. OBJECTIFS

Les objectifs de ce suivi piézométrique sont multiples :

- ✚ Permettre une cartographie de la piézométrie du bassin versant en période de hautes et de basses eaux de la nappe.
- ✚ Avoir une approche précise des variations de nappe sur un cycle piézométrique, et positionner la chronique réalisée par rapport à une chronique historique.
- ✚ Apporter des éléments pour la compréhension des relations nappe/rivière, ainsi que l'influence des précipitations sur la recharge de la nappe.
- ✚ Compléter le cas échéant les bases de données piézométriques existantes (BRGM, DIREN, etc.).

2.3.2. METHODOLOGIE

Ce suivi piézométrique a débuté en mai 2002 et s'est poursuivi sur 12 mois, pour se terminer en mai 2003.

Les mesures réalisées durant cette période ont porté sur 78 ouvrages (piézomètres, puits et forages), les campagnes de mesures étant effectuées avec un pas de temps mensuel. Les ouvrages sont répartis de la façon suivante :

- 14 ouvrages sur la Haute Bléone,
- 43 sur la Basse Bléone,
- 5 sur le Bès,
- 9 sur les Duyes,
- 7 sur d'autres affluents.

Les mesures piézométriques ont été effectuées manuellement, à l'aide d'une sonde de niveau électrique. Deux exceptions toutefois, puisque les piézomètres B41 (BRGM) et B53 (DIREN) sont équipés de limnimètres et font l'objet d'un suivi en continu.

Certains ouvrages ont été intégrés à la base de données au cours du suivi, soit du fait qu'ils aient été réalisés en cours de suivis (piézomètres complémentaires réalisés courant juillet 2002), soit du fait que nous en ayons pris connaissance dans le courant de l'étude, lors de réunions ou de campagnes de terrain.

A partir de ces suivis, une carte piézométrique de l'ensemble du bassin versant (cf. Atlas cartographique II & III), présentant la piézométrie de la nappe en hautes et basses eaux, a été élaborée. Cette cartographie a permis d'interpréter les relations nappe/rivière (§.3.2.2.).

De plus, l'évolution de la piézométrie a été comparée aux cumuls mensuels des précipitations, mesurées sur la même période de suivi (données Météo France de

janvier 2002 à mai 2003), afin de mettre en évidence l'existence d'une relation directe entre ces précipitations et la recharge de la nappe.

Dans le cadre de la dernière campagne (mai 2003), une série de mesures de différents paramètres physico-chimiques a été réalisée (§.2.5.2.).

2.3.3. RESULTATS

Le suivi piézométrique a été défini sur une durée de douze mois afin de correspondre à un "cycle hydrologique", et par conséquent de mettre en évidence deux phénomènes importants : les périodes de hautes et de basses eaux de la nappe alluviale.

De façon schématique, le "cycle hydrologique" d'un aquifère présente deux périodes de hautes eaux correspondant au printemps, marqué par la fonte des neiges, et à l'automne avec des précipitations importantes, et deux périodes d'"étiage" de nappe (ou basses eaux), la première en hiver avec la formation d'un manteau neigeux limitant les infiltrations vers la nappe, et la deuxième en été, avec un déficit pluviométrique et de fortes températures entraînant une réduction des infiltration au profit d'une évaporation importante.

A ces généralités s'ajoute une spécificité provençale marquée par une inversion du phénomène décrit précédemment, avec comme caractéristique principale une période de hautes eaux estivale résultant d'une pratique de l'irrigation gravitaire.

Le bassin versant de la Bléone ne répond pas tout à fait au schéma de fonctionnement énoncé ci-dessus, le cycle piézométrique ne laissant apparaître qu'une seule période de hautes eaux (hiver, printemps) et une période de basses eaux (automne).

De plus on peut définir une sectorisation en deux "entités" piézométriques du bassin versant, l'une regroupant la Bléone amont (y compris Digne-les-Bains), le Bès et le Mardaric, et l'autre comprenant la Bléone aval et les Duyes.

Cette sectorisation s'associe à un décalage dans le temps des phénomènes de basses et hautes eaux (Tableau 8), ce qui en fait un aquifère au fonctionnement complexe.

Aquifère	2002								2003				
	mai	juin	juill.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	avril	mai
Bès													
Mardaric													
Bléone amont													
Bléone aval													
Duyes													

basses eaux observées
 hautes eaux observées

.....> décalage dans le temps de la période d'étiage de nappe, de l'amont vers l'aval

Tableau 8 – Répartition des hautes et basses eaux de nappe dans le temps et dans l'espace

De plus, la piézométrie de la nappe ne dépend pas directement des précipitations, en effet à aucun moment sur l'ensemble du bassin versant il n'a été observé de relations de cause à effet entre les précipitations enregistrées par Météo France en différents

points du bassin versant (Thoard, Beaujeu, Marcoux, Digne-les-Bains et Aiglun), et la piézométrie, comme le montre les figures 4 et 5, où sont reportés d'une part le cumul mensuel des précipitations, et d'autre part la piézométrie observée sur la même période. Afin de s'affranchir d'une éventuelle "réponse" retardée de la nappe, les comparaisons ont été réalisées à partir des cumuls des précipitations depuis le mois de janvier 2002 (soit quatre mois avant le début du suivi piézométrique).

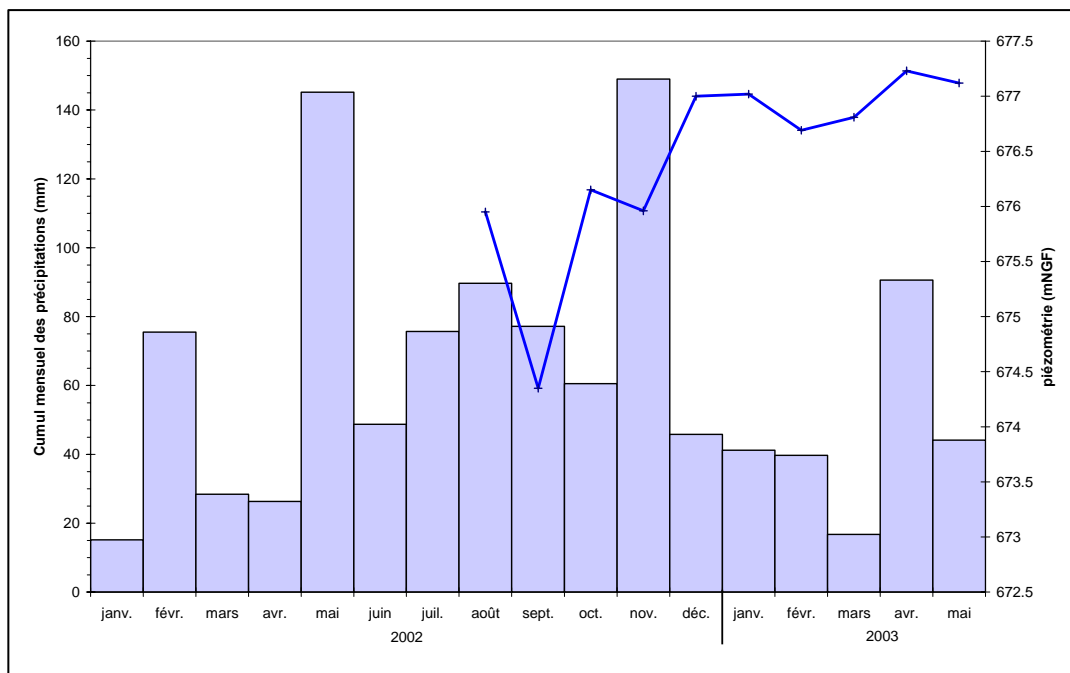


Figure 9 – Evolution de la piézométrie en fonction des précipitations – exemple sur la Bléone amont (piézomètre B05 et données pluviométriques de Marcoux)

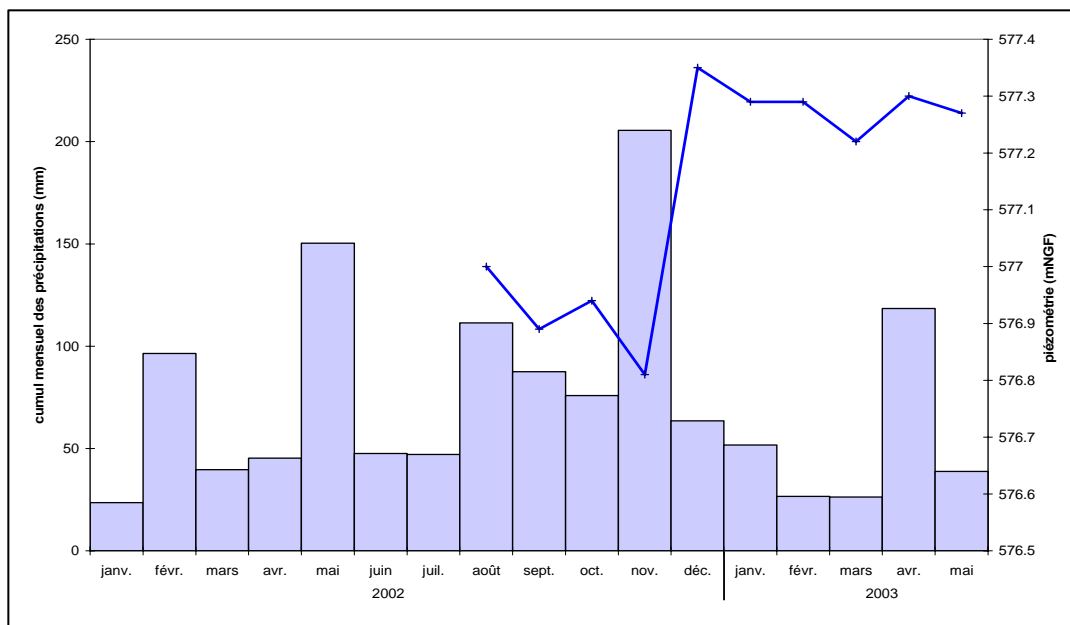


Figure 10 – Evolution de la piézométrie en fonction des précipitations – exemple sur les Duyes (piézomètre D08 et données pluviométriques de Thoard)

2.4. POMPAGES D'ESSAIS

2.4.1. BUT DES ESSAIS DE POMPAGE

Les essais de pompage ont été envisagés dans le but :

- ↳ de mesurer sur le terrain les paramètres hydrodynamiques de la nappe (transmissivité, coefficient d'emménagement, etc.),
- ↳ d'étudier les conditions aux limites de l'aquifère (relation nappe/rivière, structure de l'aquifère),
- ↳ d'évaluer la quantité de la ressource exploitable en eau souterraine,
- ↳ d'apporter des données pour la réalisation d'un modèle de nappe au niveau des zones de captages actuelles.

2.4.2. METHODE, DEROULEMENT ET PROBLEMES RENCONTRES

Les essais ont été réalisés sur 24 heures, avec une durée de pompage de 12 heures à débit maximal équipé. Les ouvrages de mesures aux abords du site de pompage sont mesurés en continu pendant toute la durée de l'essai.

De façon pratique et dans un souci d'associer les communes concernées à l'étude, les essais de pompage ont été réalisés avec les installations de captage en place (stations de captages AEP communales).

Pour ce faire, chaque commune a mis à disposition son réseau AEP de telle sorte qu'il puisse accueillir le volume des eaux pompées en 12 heures, et ainsi permettre le démarrage du pompage dans des conditions optimales.

Les piézomètres et puits présents dans un rayon d'un kilomètre du site de pompage, ont été mesurés avec un pas de temps horaire, et ce afin d'avoir un maximum de points de mesures.

Les mesures de terrain (Annexe 7) ont ensuite été exploitées par méthode graphique, complétée par la méthode de calcul de Theis – Jacob.

Les essais se sont déroulés en collaboration avec les communes concernées :

- les 2 et 3 octobre 2002 sur la commune de Mallemoisson,
- les 8 et 9 octobre sur la commune de Malijai,
- les 10 et 11 octobre sur la commune du Chaffaut.

Des essais sur les communes de Marcoux (champ captant de Digne-les-Bains) et Aiglun n'ont pu être réalisés comme initialement prévus, la SEERC ne pouvant mettre à notre disposition, au moment de la réalisation de cette campagne, les moyens humains et techniques pour le bon déroulement des opérations.

Notons que sur l'ensemble de la campagne, des arrêts inopinés des pompes ont perturbé le bon déroulement des essais de pompage. Ces perturbations ne remettent pas pour autant en causes les résultats.

Le suivi sur 24 heures des niveaux piézométriques, au niveau du captage AEP et des différents piézomètres de contrôle présents à proximité, a permis de tracer pour

chaque essai la courbe du rabattement en fonction du temps (exemple du captage du Chaffaut, cf. Figure 11).

Afin de les rendre exploitables, les essais de pompage ont été dépouillés graphiquement suivant la méthode Theis – Jacob⁶ qui s'appuie sur les équations suivantes :

↪ A la descente (pompage)

$$s = \frac{0,183Q}{T} \cdot \log \frac{2,25Tt}{x^2S} \quad (a)$$

↪ A la remontée (arrêt des pompes)

$$s_r = \frac{0,183Q}{T} \cdot \log \frac{t + t'}{t'} \quad (b)$$

Avec s : rabattement mesuré, en m.
 s_r : rabattement résiduel mesuré à un instant donné pendant la remontée, en m.
 Q : débit de pompage constant, en m³/s.
 T : transmissivité⁷, en m²/s.
 t : temps écoulé depuis le début du pompage, en secondes.
 t' : *temps écoulé depuis l'arrêt du pompage (temps de remontée), en secondes.*
 x : distance du piézomètre de contrôle à l'axe du puits, en m.
 S : coefficient d'emménagement, sans dimension.

⁶ Formules de C.V. Theis, 1935, et simplifiées par C.E. Jacob, 1950.

⁷ La transmissivité est égale au produit de la perméabilité (m/s) et de l'épaisseur mouillée (m) de l'aquifère, soit $T = Ke$

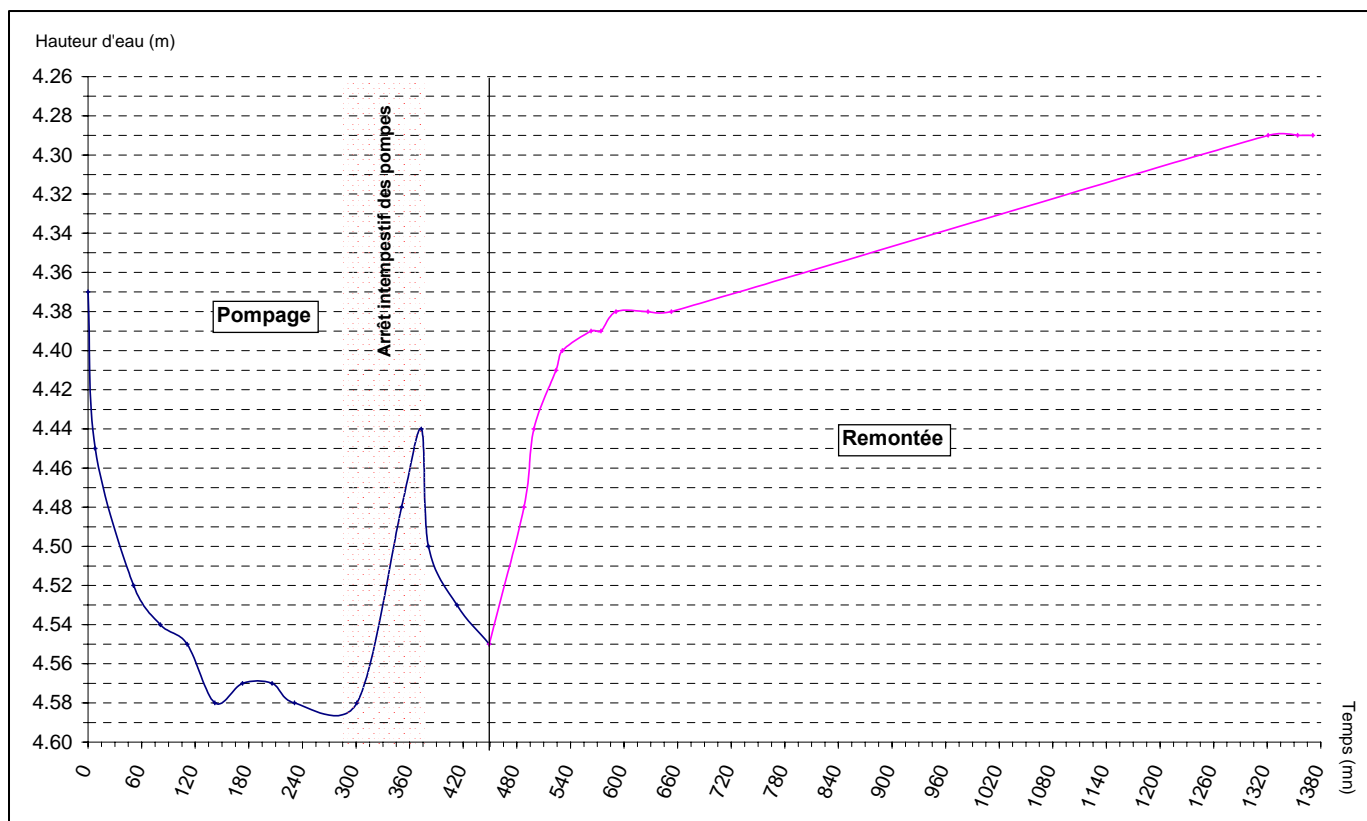


Figure 11 – Exemple du captage du Chaffaut – Courbe de rabattement $s = f(t)$ durant la totalité de l'essai (pompage et remontée)

2.4.3. ANALYSES DES RESULTATS

Afin de pouvoir utiliser les équations définies précédemment (a, b), les données du pompage d'essai sont reportées sur un papier graphique semi-logarithmique (Figure 12).

Les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère sont alors déterminés par le calcul des équations suivantes :

↳ Transmissivité (m^2/s)

$$T = \frac{0,183Q}{\Delta s}$$

↳ Coefficient d'emmagasinement

$$S = \frac{2,25Tt_0}{x^2}$$

↳ Rayon d'influence du pompage (m)

$$Rf = 1,5\sqrt{\frac{Tt}{S}}$$

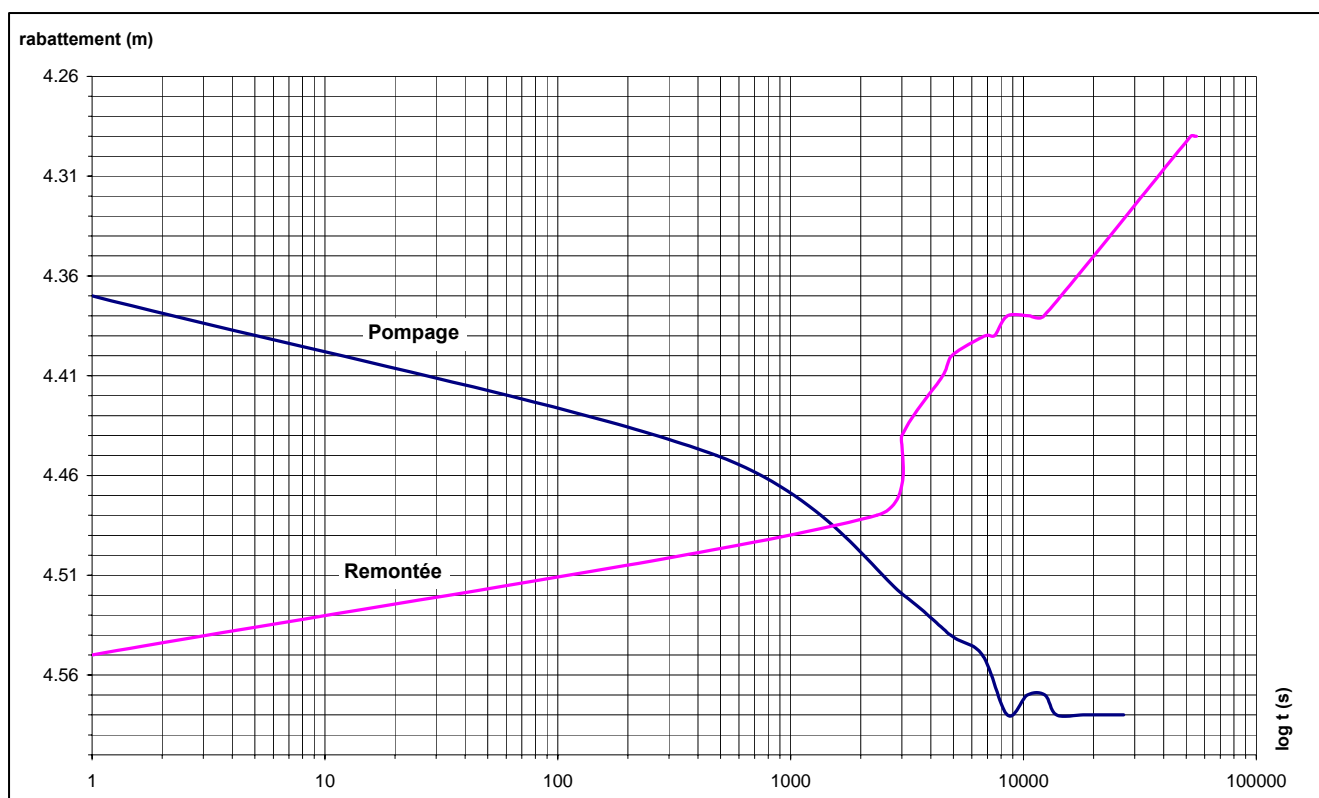


Figure 12 – Exemple de la courbe de rabattement du captage du Chaffaut – $h = f(\log t)$

Les données obtenues durant les pompages d'essai nous donnent les résultats suivants :

Localisation de l'essai	Descente (pompage)		Remontée	Rayon d'influence (m)
	T (m ² /s)	S	T (m ² /s)	
Le Chaffaut	$1,9 \cdot 10^{-2}$	0.152	$1,75 \cdot 10^{-2}$	87
Mallemoisson	$1,9 \cdot 10^{-2}$	0.068	$1,85 \cdot 10^{-2}$	155
Malijai	$1,8 \cdot 10^{-3}$	0.513	$1,85 \cdot 10^{-3}$	56

Tableau 9 – Résultats des essais de pompage – Détermination des principaux paramètres hydrodynamiques de l'aquifère de la Bléone

2.5. ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Deux séries d'analyses physico-chimiques ont été réalisées dans le cadre des investigations complémentaires.

La première a fait l'objet de mesures *in situ* réalisés en mai 2003 durant la dernière campagne de mesures du suivi piézométrique. Ces analyses ont porté sur les principaux paramètres mesurables sur site (T°, pH, conductivité et redox), ainsi qu'une estimation de la teneur en nitrates des eaux souterraines par méthode colorimétrique.

La seconde série de mesures a été réalisée en laboratoire à partir de prélèvements effectués durant les essais de pompages complémentaires (voir § 2.4.).

2.5.1. MESURES *IN SITU* DANS LE CADRE DU SUIVI PIEZOMETRIQUE

Lors de la dernière campagne piézométrique réalisée courant mai 2003, un certain nombre d'ouvrage ont fait l'objet de mesures physico-chimiques *in situ*. Dans le même temps, des analyses similaires ont été effectuées au niveau de différents adous, ainsi que sur les principaux cours d'eau (cf. leur répartition Tableau 10), avec un total de 89 points de mesures.

Type de points de mesures	Nombre de points analysés			
	ouvrages piézométriques	adous	cours d'eau	autres
Haute Bléone	7	1	7	-
Basse Bléone	19	6	13	4
Bès	3	-	5	-
Duyes	4	7	7	1
Autres affluents	2	-	3	-
Total	35	14	35	5

Tableau 10 – Répartition des points de mesures en fonction de leur type et de l'aquifère

Le but de ces analyses est d'apporter des éléments afin de comprendre les relations nappe/rivière, ainsi que leurs liens avec les adous. Les mesures réalisées permettent, en partie, de définir les caractéristiques physico-chimiques de l'aquifère.

Pour ce faire, les analyses suivantes ont été réalisées (Tableau 11).

Type de points de mesures	Type d'analyses réalisées <i>in situ</i>				
	Température (°C)	pH	Conductivité (µS/cm)	redox (mV)	nitrates (mg/l)
ouvrages piézométriques	✓	✓	✓	✓	✓
adous	✓	✓	✓	✓	-
cours d'eau	✓	✓	✓	✓	-
autres	✓	✓	✓	✓	-

Tableau 11 – Type d'analyses physico-chimiques réalisées *in situ* en fonction des différents types de points de mesures

Les résultats d'analyses sont consignés en Annexe 5.

2.5.2. ANALYSES DANS LE CADRE DES ESSAIS DE POMPAGE

Dans le cadre des essais de pompage, des échantillons d'eaux ont été prélevés sur eau brute peu avant le début de la phase de remontée (arrêt des pompes). Ces prélèvements ont été analysés en laboratoire, pour les paramètres suivants :

- pH,
- conductivité,
- Fer total,
- manganèse (Mn),
- nitrates (NO₃-),

- hydrocarbures totaux,
- BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène),
- coliformes totaux,
- streptocoques fécaux.

2.5.3. RESULTATS

2.5.3.1. MESURES *IN SITU* (RESEAU PIEZOMETRIQUE)

➤ CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'AQUIFERE

De manière générale, les eaux se minéralisent tout au long de leur parcours, qu'il soit aérien (rivière) ou souterrain (nappe). Ce phénomène se traduit notamment par une augmentation de la conductivité de l'amont vers l'aval.

Aquifère de la Bléone

La température de la nappe oscille entre 11 et 13°C en moyenne (Tableau 12). La température la plus faible (9,8°C) se situe en toute logique au droit du point de mesure amont, et s'explique par la proximité de l'origine de l'aquifère, la faible influence anthropique sur la nappe, et par l'altimétrie.

La conductivité est un paramètre important qui indique la minéralisation d'une eau (c'est-à-dire sa teneur d'ions en solution dans le milieu aqueux). Au niveau du réservoir de la Bléone, la conductivité varie fortement.

En amont, jusqu'à Marcoux, la conductivité est peu accentuée (250 µS/cm), puis augmente jusqu'à Plan de Gaubert. A certains endroits, on observe des pics à plus de 800 µS/cm, ce qui traduit des phénomènes locaux qui n'affectent pas forcément le milieu dans son ensemble (nappe et/ou rivière). En aval, jusqu'à la Durance, la conductivité reste constante autour de 650 µS/cm, ce qui reste une valeur importante.

Les variations du potentiel redox sont semblables à celles observées avec la conductivité.

	Température (°C)	pH	Conductivité (µS/cm)	Potentiel redox (mV)
Valeur minimale	9.8	7.23	210	-68
Valeur moyenne	11.8	7.70	609	-39.5
Valeur maximale	14	8.22	993	-13

Tableau 12 – Tableau des caractéristiques physico-chimiques de l'aquifère de la Bléone

Aquifère du Bès

A partir du Vernet, sur les 4 premiers kilomètres, la température reste constante, le pH augmente, la conductivité et le potentiel redox diminuent fortement.

Sur le reste de son tracé, la nappe retrouve les mêmes caractéristiques que celles du premier piézomètre, seule la température augmente avec un maximum de 11°C (Tableau 13).

	Température (°C)	pH	Conductivité (µS/cm)	Potentiel redox (mV)
Valeur minimale	7.2	7.2	421	-12
Valeur moyenne	8.5	7.49	707	-27.7
Valeur maximale	11.1	7.97	885	-53

Tableau 13 – Tableau des caractéristiques physico-chimiques de l'aquifère du Bès

Aquifère des Duyes

On observe une augmentation des différents paramètres de façon sensiblement linéaire entre l'amont et l'aval des Duyes.

Cette évolution comporte des zones de perturbations correspondant notamment aux apports latéraux, comme par exemple au niveau de la confluence des Duyes avec le torrent des Graves.

La nappe des Duyes avant confluence se caractérise par une température plus faible et une conductivité nettement supérieure aux eaux souterraines en provenance du torrent. Au niveau de la confluence, les eaux se mélangent, entraînant des modifications des paramètres physico-chimiques (Tableau 14).

	Température (°C)	pH	Conductivité (µS/cm)	Potentiel redox (mV)
Valeur minimale	10.4	7.53	389	-29
Valeur moyenne	11.5	7.69	521	-47.4
Valeur maximale	13.5	7.81	648	-81

Tableau 14 – Tableau des caractéristiques physico-chimiques de l'aquifère des Duyes

LES ADOUS ET LEUR ORIGINE

Les analyses physico-chimiques mesurées sur les adous permettent de déterminer, par comparaison des valeurs, leur origine.

Il en ressort que la plupart des adous sont directement connectés aux eaux de nappe, les autres étant plutôt liés aux eaux de surface (rivière), comme l'adou de Barras sur les Duyes, qui possède des caractéristiques très proches de celles de la rivière. Ceci peut se vérifier d'après la carte puisque le point de mesure se trouve dans la continuité d'une prise d'eau dans les Duyes plus en amont.

Autre exemple, l'adou de Gaubert "amont" possède des caractéristiques identiques à la Bléone. Pour l'adou de Gaubert "aval", il est déjà plus difficile de déterminer son

origine. Cependant on observe que l'eau du lac du même nom possède des caractéristiques physico-chimiques similaires, dont les origines sont de deux types :

- les eaux de surface de la Bléone, par le biais d'une prise d'eau,
- les eaux de surface de l'adou, comme le lac se situe juste en aval de l'adou de Gaubert aval.

➤ LES ECHANGES NAPPE / RIVIERE

Pour comprendre les échanges nappe rivière, il faut décomposer en trois secteurs, la zone d'étude. Chaque secteur comprend la Bléone ou ses affluents (Duyes, Bès).

Le Bès

Les mesures ne mettent pas en évidence de relation d'échange entre le Bès et sa nappe d'accompagnement. Cependant au niveau de Verdaches, on peut observer de fortes relations entre la nappe et la rivière qui se traduit par :

- ⇒ **Une diminution de la conductivité de la nappe (de 800 μ S/cm à 400 μ S/cm),**
- ⇒ **des valeurs de conductivité très proches pour la rivière et la nappe.**

Ces observations laissent supposer une recharge de la nappe par la rivière.

Les Duyes

Au niveau de Barras, un verrou rocheux entraîne une augmentation du niveau de la nappe, entraînant un phénomène de drainage de la nappe par la rivière.

En aval du verrou rocheux, on observe le phénomène inverse puisque l'aquifère s'élargit latéralement en s'accompagnant d'un abaissement de la piézométrie, ce qui entraîne une recharge de la nappe par la rivière. Ce phénomène se confirme par les analyses réalisées au niveau des Beauduns, puisqu'on observe une augmentation assez forte de la température de la nappe tandis que la conductivité de la nappe diminue jusqu'à atteindre une valeur proche de celle de la rivière.

La Bléone

Dans la partie amont de la Bléone, jusqu'au Brusquet, les échanges entre la nappe et la rivière sont faibles, en effet la conductivité et le potentiel redox de la nappe et de la rivière sont relativement proches, mais évoluent peu.

D'après les mesures, on observe deux points particuliers sur ce secteur, présentant une conductivité anormalement élevée :

- En amont de la confluence du Bouinenc, vers le réservoir de Saint Martin, la conductivité de la nappe augmente fortement, ce qui est vraisemblablement dû à un phénomène géologique. En effet, le point d'analyse est situé en pied de versant, avec des apports latéraux participant activement à la recharge de la nappe. Or ces apports latéraux sont issus d'une zone de colluvions ce qui induit une forte minéralisation des eaux de versant et par conséquent de la zone de mélange avec les eaux de nappe.
- Les eaux du Bouinenc sont relativement minéralisées. Cette forte conductivité se retrouve au niveau de la nappe traduisant des

échanges importants, et par conséquent au niveau de la nappe de la Bléone.

Après la confluence du Bouinenc avec la Bléone, la température de la Bléone reste constante malgré les eaux du Bouinenc plus chaudes. Ceci est certainement dû à une différence de débit entre le Bouinenc et la Bléone plutôt qu'un échange entre les eaux froides de la nappe et celles de la Bléone plus chaudes. D'ailleurs dans ce secteur, la piézométrie indique une alimentation de la nappe par la rivière.

La rivière des Eaux Chaudes et sa nappe d'accompagnement présentent une forte conductivité. Il faut savoir que quelques mois avant les mesures, un glissement de terrain s'est produit sur la partie amont de la rivière, au niveau du village des Dourbes. Cet événement a entraîné une augmentation des particules dans la rivière et à fortiori de la minéralisation de ces eaux. Ainsi la rivière recharge la nappe avec des eaux très chargées. L'élément le plus plausible quand à la forte conductivité de ces eaux, c'est leur origine profonde située très probablement dans les niveaux triasiques évaporitiques. Ces formations se dissolvent assez facilement libérant ainsi des cations responsables de la forte conductivité des eaux.

En amont de Plan de Gaubert, les paramètres de la nappe et de la rivière semblent évoluer indépendamment, ce qui laisse à penser à l'absence d'échange nappe/river.

En amont et au niveau de la confluence de la Bléone avec les Duyes, les paramètres étudiés sont proches, traduisant des échanges importants. La conductivité diminue au niveau de la nappe, tandis qu'elle reste relativement stable au niveau de la Bléone, on peut estimer une alimentation de la nappe par la rivière. La piézométrie au droit de la confluence des Duyes, indique un comportement mixte d'échange que l'on soit en hautes ou en basses eaux. C'est d'ailleurs le seul secteur de la Bléone qui indique un tel comportement.

En aval de la confluence, en aval du lieu-dit "Plan de Fontenelle", la conductivité de la rivière reste constante alors que celle de la nappe augmente. On peut supposer une déconnexion et un arrêt des échanges.

2.5.3.2. ANALYSES EN LABORATOIRE (ESSAI DE POMPAGE)

Les résultats des analyses sont reportés dans le tableau ci-dessous (Tableau 15) :

Analyse	Unités	Le Chaffaut	Mallemoisson	Malijai	Limite eau brute*	Limite eau potable*	Normes
pH	-	7.05	7.60	7.00	-	6.5 à 9	NF T 90-008/01
Conductivité	µS/cm	890	620	720	-	-	NF EN 27888/94
Nitrates	mg/l	5.58	4.43	4.43	100	50	NF EN ISO 10304-2/96
Fer total	mg/l	<0.1	0.13	0.1	1	0.2	FD T 90-112/98
Manganèse	mg/l	<0.04	<0.04	0.04	0.25	0.05	FD T 90-119/98
Hydrocarbures totaux	µg/l	300	<100	200	1000	10	NF T 90-114/79
X E B	Benzène	<0.1	<0.1	<0.1	0.005	0.001	ISO 11423-2
	Toluène				3.5	0.7	
	Ethylbenzène				1.5	0.3	
	Xylène				2.5	0.5	
Coliformes totaux	N/100 ml	<1	nm	<1	20 000	0 dans 95% éch.	-
Streptocoques fécaux	N/100 ml				10 000	0	NF T 90-416

* Les valeurs limites fixent la teneur maximale des éléments analysés, présents dans l'échantillon d'eau (décret n° 89-3 du 3 janvier 1989). La limite eau brute représente la teneur dans une eau avant traitements, et après traitements pour la limite eau potable.

Les valeurs seuil en italique correspondent aux valeurs définies dans le guide des sites industriels potentiellement pollués, version 2.

Tableau 15 – Analyses des eaux de nappe durant les essais de pompage.

Les résultats d'analyses sont dans l'ensemble corrects. Cependant, on peut émettre deux remarques concernant les valeurs de conductivité et les teneurs en hydrocarbures totaux.

La conductivité présente des valeurs élevées (comprises entre 600 et 900 µS/cm) faisant ressortir une *minéralisation* importante des eaux souterraines au droit des captages étudiés. Ces eaux sont considérées comme "utilisables" (cf. Tableau 16), mais ne sont pas les plus appropriées pour un usage AEP (sans toutefois être inaptes).

Conductivité (µS/cm)	<100	100 > 200	200 > 400	400 > 600	600 > 1000	> 1000
Quantification	très faible	faible	peu accentuée	moyenne	importante	excessive
Qualité des eaux	excellente	excellente	excellente	bonne	utilisable	utilisable

Tableau 16 – Grille d'évaluation de la qualité des eaux souterraines en fonction de la conductivité

Concernant les teneurs en hydrocarbures totaux, les captages du Chaffaut et de Malijai présentent des teneurs inférieures à la valeur seuil sur eaux brutes, mais sont largement supérieures à la valeur seuil sur eau potable (200 et 300 µg/l pour une limite fixée à 10 µg/l). Par conséquent, les teneurs en hydrocarbures totaux et leur évolution sont à surveiller, notamment vis-à-vis de la qualité des eaux des captages AEP et des problèmes de pollutions.

2.6. SIMULATION DE TRANSFERTS DE POLLUANTS

Afin d'estimer l'impact d'une pollution en amont des zones de captage d'eau potable, nous avons utilisé le logiciel de modélisation bidimensionnel FLOWPATH II®.

Nous avons simulé un évènement polluant accidentel avec une concentration d'1g/l, qui peut survenir par exemple du déversement d'hydrocarbures ou tout autre produit chimique à partir d'un camion citerne sur une route, un dysfonctionnement d'une STEP ou enfin dans une retenue d'eau (Barrage de Malijai).

2.6.1. PRESENTATION DU MODELE

Le logiciel Flowpath® a été développé par Waterloo Hydrogeologic dans les années 1980.

Il permet de modéliser les écoulements souterrains de façon bidimensionnelle, en régime permanent. Pour cela, il intègre les diverses équations d'hydraulique souterraine, par la méthode des différences finies.

L'atout majeur de ce logiciel est de posséder un module de trajectographie, permettant ainsi de tracer la trajectoire de différentes particules d'eau dans l'aquifère et notamment de simuler la progression d'une pollution au niveau de l'aquifère.

Ce modèle permet donc le calcul du flux souterrain et la visualisation des transports de polluants. Il prend en compte uniquement le transport d'une particule polluante dans la zone non saturée sans considération des caractéristiques spécifiques au polluant (adsorption, rétention, masse volumique....). Par conséquent les informations fournies par le logiciel permettent d'avoir une vision :

- pessimiste quand au temps d'arrivée d'une pollution depuis le point d'injection jusqu'à la zone sensible (AEP). Ce trajet étant le plus court dans la zone saturée, sans tenir compte du temps de transfert verticale dans la zone non saturée.
- Optimiste quand au temps de passage du nuage de pollution au droit de cette même zone sensible. On peut considérer dans la pratique que ce temps est supérieur au temps réel du fait des phénomènes de diffusivité, d'adsorption et de dilution.

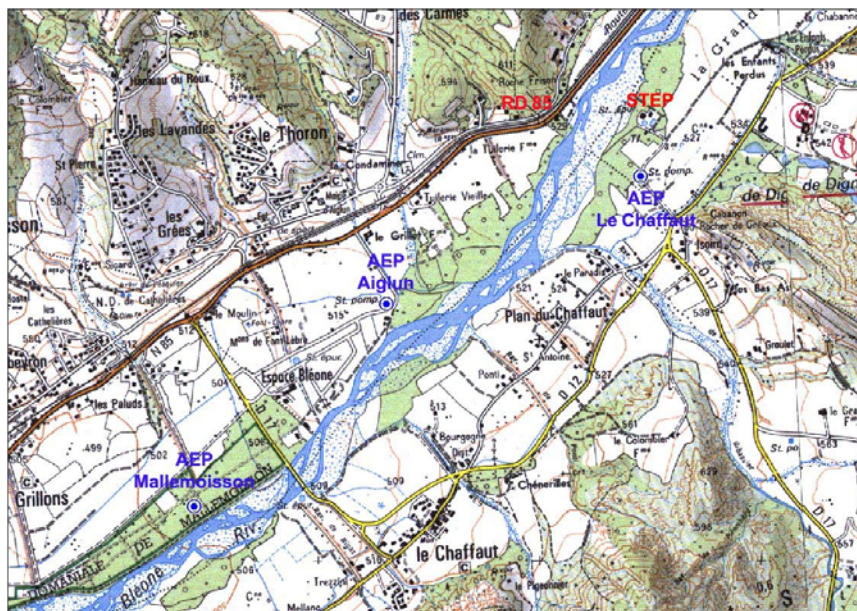
Une description plus précise des caractéristiques de Flowpath II est donnée en [annexe](#).

2.6.2. IMPACT SUR LES CAPTAGES DES ENVIRONS DE MALLEMOISSON

Pour les captages de Mallemoisson, nous avons simulé la propagation de la pollution à partir de 2 points d'injection :

- ❖ STEP de Dignes à 200 m au Nord Est du captage AEP du Chaffaut, à 1500 m de celui d'Aiglun et à environ 2600 m de celui de Mallemoisson.
- ❖ RN 85 à hauteur de la boîte de nuit Le Météore à 400 m au Nord Nord Est du captage AEP du Chaffaut, à 1200 m à l'Est Nord Est du captage d'Aiglun et à 2500 à l'Est Nord Est du captage de Mallemoisson.

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE – MODELISATION DE LA POLLUTION

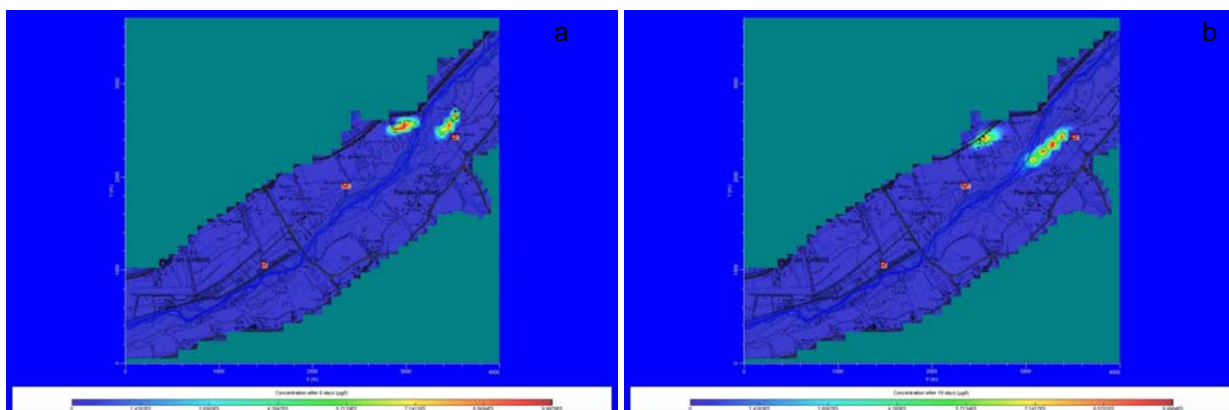


Localisation des deux points d'injection de pollution – STEP de Dignes et RN 85.

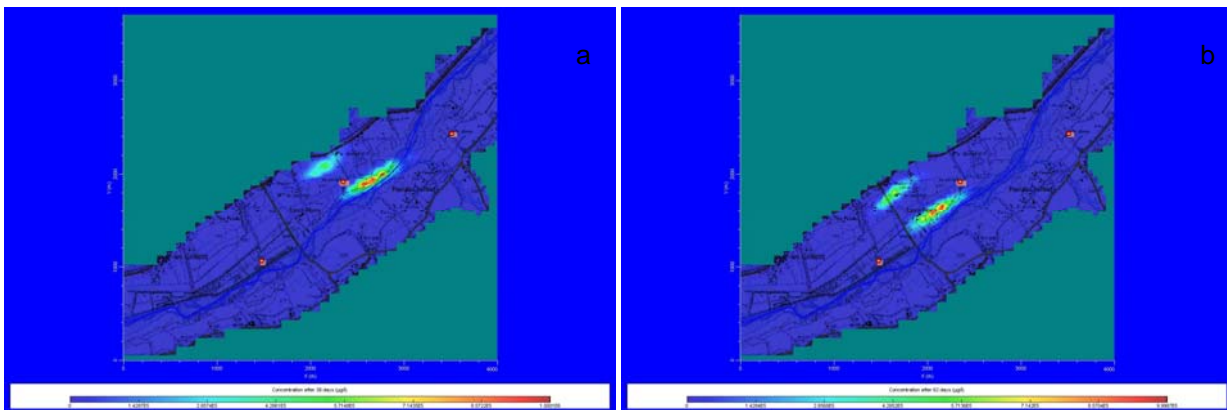
Les résultats de simulation de la pollution issue de la STEP de Digne sont reportés sur le tableau 1.

	<i>Pollution</i>	
Captage	Début	Fin
Le Chaffaut	2 à 3 jours (Fig.2a)	18 jours (Fig. 2b)
Aiglun	38 jours (Fig. 3a)	62 jours (Fig. 3b)
Mallemoisson	82 jours (Fig. 4a)	118 jours (Fig. 4b)

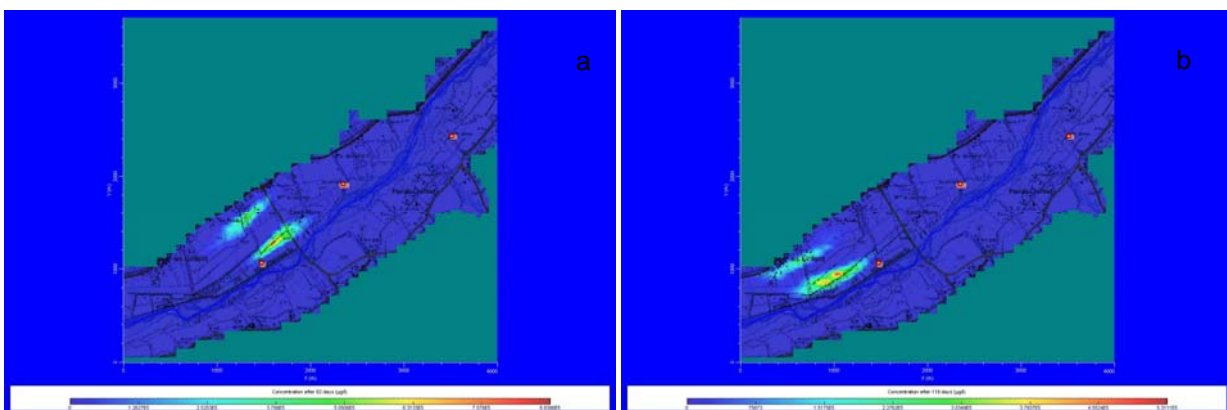
Temps de transfert de la pollution issue de la STEP de Digne vers les différents points de captage



Passage de la pollution au droit du Chaffaut.



Passage de la pollution au droit d'Aiglun



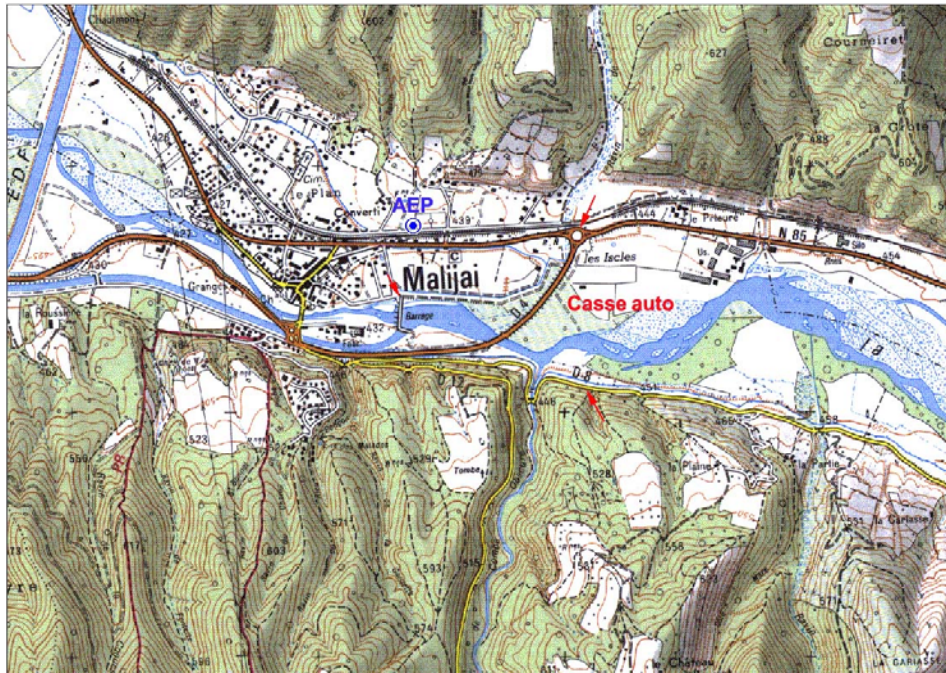
Passage de la pollution au droit du captage AEP de Mallemoisson

La pollution issue de la RN 85, à hauteur du Météore, reste parallèle à la rive droite de la Bléone et n'a aucune incidence sur les captages.

2.7. IMPACT SUR LE CAPTAGE DE MALIJAI

Nous avons simulé 4 points d'injection de pollution à 1g/l pour observer son comportement sur le captage AEP de Malijai :

- ❖ Rond point entre RD 4 et RN 85 à 600 m à l'Est du captage
- ❖ Casse auto des Iscles à 700 m à l'Est du captage de Malijai
- ❖ RD 8 à environ 800 m à l'Est Sud Est du captage AEP de Malijai
- ❖ La retenue d'EDF à hauteur de Malijai



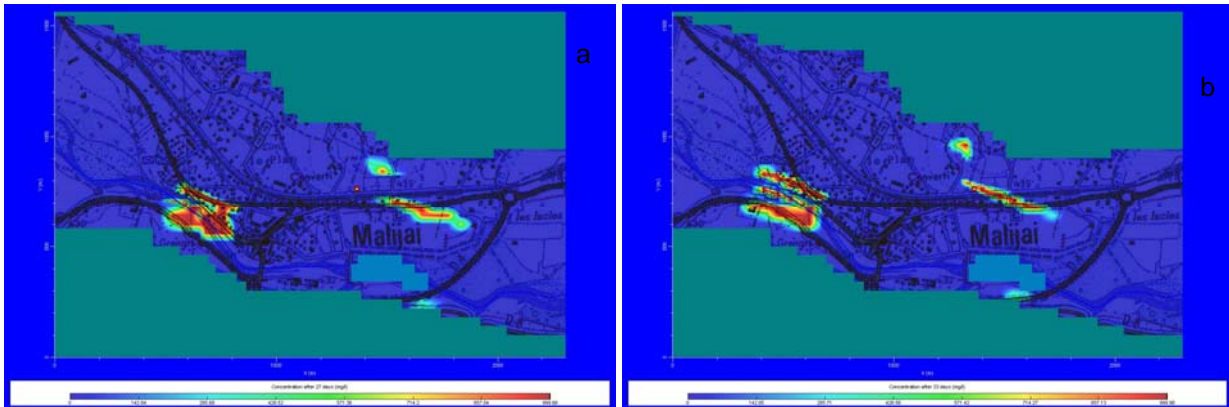
Localisation des différents points d'injection de pollution autour de Malijai

Le comportement de la pollution en terme de trajectoire et donc d'incidence sur le captage AEP de Malijai est différent pour les 4 points d'injection (Tableau 2).

Lieu d'injection	Evolution de la pollution	
	Début	Fin
Rd.Pt. RN85 – RD4	28 jours (Fig.6a)	33 jours (Fig. 6b)
Casse auto	31 jours (Fig. 7a)	47 jours (Fig. 7b)
RD 8	-	-
Retenue EDF	-	-

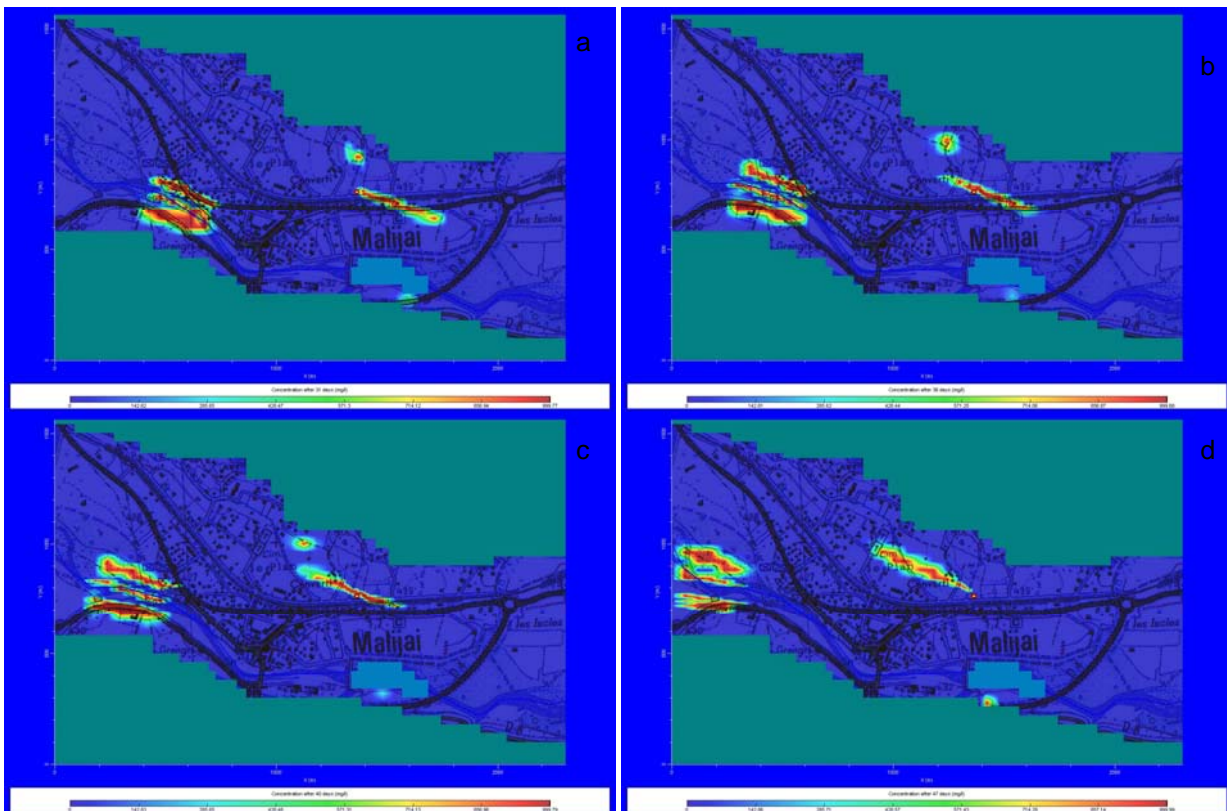
Temps de transfert de la pollution issue des différents points d'injection de la pollution vers le captage de Malijai.

La pollution en provenance du rond point passe à environ 100 m au Nord du captage, au bout de 28 jours sans avoir d'incidence sur ce dernier (Fig. 6).



*passage du nuage de pollution issue du rond point à hauteur du captage AEP de Malijai.
a - 28 j, b – 33 j.*

La pollution en provenance de la casse auto arrive sur le captage au bout de 31 jours. Ce dernier se retrouve dans le nuage de pollution durant 17 jours avant que celle-ci ne le quitte qu'au bout du 47^e jour et avance vers l'Ouest en rive droite de la Bléone.

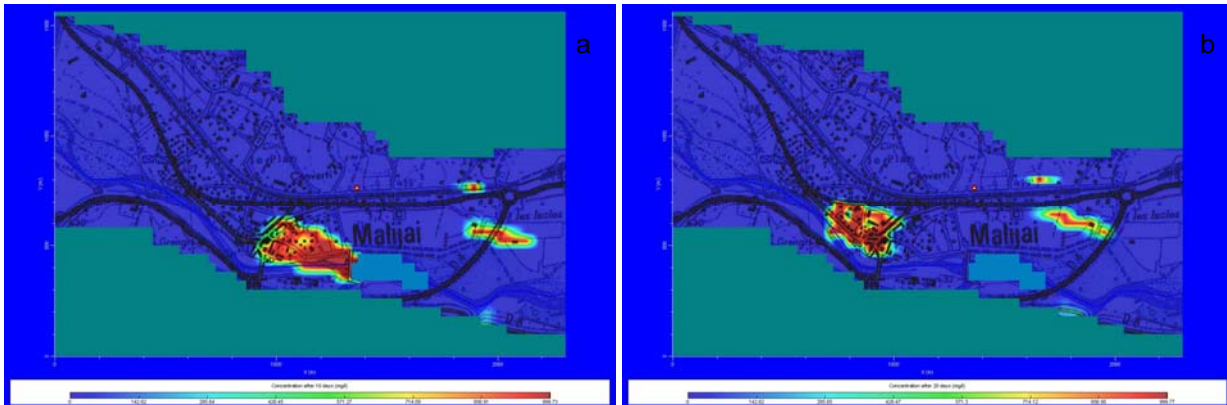


*passage du nuage de pollution issue de la casse auto sur le captage AEP de Malijai.
a : 31 j, b : 36 j, c : 41 j, d : 47 j.*

La pollution issue de D8 ne présente aucune incidence sur le captage AEP. Elle longe la retenue d'EDF et semble se dissiper rapidement. Ceci s'expliquerait très probablement par un phénomène de dilution du polluant à l'approche de la retenue.

La pollution issue d'un point d'injection dans la retenue EDF n'a pas d'impact sur le captage AEP de Malijai. Le nuage de pollution semble s'étaler largement à la sortie de la retenue dès le 1^{er} jour. Au 10^e jour, il arrive sur le pont de la D8 à hauteur de Malijai et atteint une largeur d'environ 200 m et sans se déconnecter de son point d'injection (Fig. 8a). La déconnection a lieu au bout du 11^e jour.

Au bout du 20^e jour, le nuage de pollution se retrouve cantonné entre le pont de la D8 et son raccordement à la N85 à l'Ouest de Malijai tout en suivant l'axe de la Bléone (Fig. 8b).



Comportement du nuage de pollution issue du barrage EDF à hauteur de Malijai.

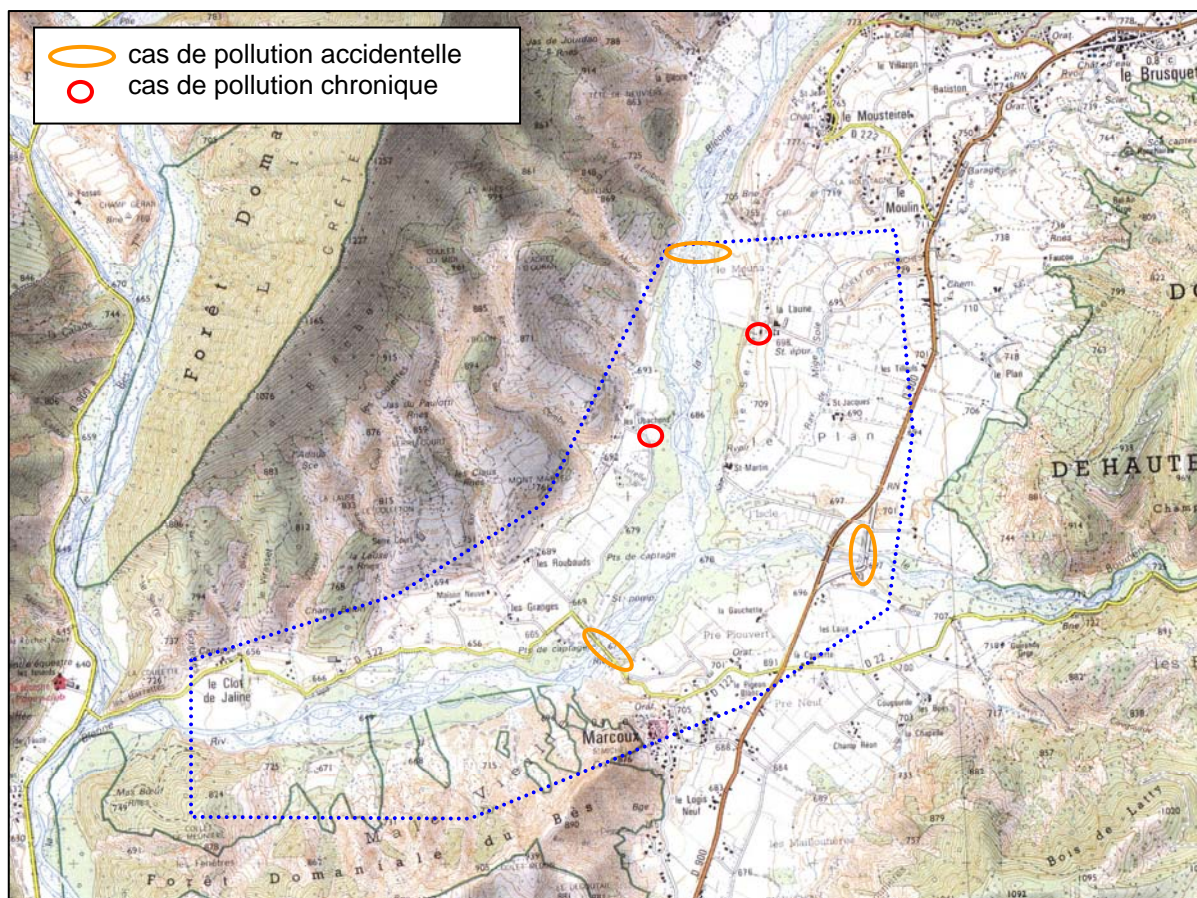
2.8. IMPACT SUR LES CAPTAGES DE DIGNE ET MARCOUX

Le modèle prenant en compte les champs captant AEP de Digne et de Marcoux s'étend du lieu-dit "La Moura" en amont et va jusqu'au "Clos de Jaline" en aval.

Après modélisation des différents scénarios représentant des cas de pollutions accidentelles ou chroniques, un constat s'impose : l'extension du modèle ne permet pas d'apporter d'éléments concernant les périmètres de protections des captages et leur éventuelle redéfinition.

En effet, les différents scénarios de traçages inverses à partir des puits de captage ne permettent qu'une visualisation jusqu'à l'isochrone 5 jours pour les captages de Digne et 6 jours pour ceux de Marcoux.

Par conséquent, une modélisation plus étendue, remontant vraisemblablement jusqu'au village de La Javie, doit être envisagée. Cette modélisation n'est actuellement pas réalisable du fait d'un manque de données pertinentes en amont du lieu-dit "La Moura" et ce jusqu'au niveau de La Javie. Des investigations complémentaires (type sondages de reconnaissance, géophysique, etc.) devront par conséquent être menées afin d'apporter les éléments nécessaires au calage du modèle étendu.



Localisation des points d'injection dans le secteur de Marcoux

Notons toutefois qu'un bon nombre d'éléments intéressants peuvent être tirés de la modélisation telle que réalisée à ce jour.

Ainsi, plusieurs scénarios représentant des cas de pollutions chroniques (2 cas) ou accidentelles (3 cas) ont été simulés.

Bilan des flux

90% des flux entrant de l'aquifère proviennent de la partie amont. Les 10 % restant représentent les apports latéraux sur ce secteur pour 8% et les apports depuis la Bléone (2%).

Il faut signaler que les prélèvements d'eau à usage AEP sont assez importants puisqu'ils correspondent à environ 1/6^e des apports de l'aquifère.

➤ Pollutions chroniques

📍 **Source : STEP du Brusquet.**

Une pollution issue de la STEP du Brusquet entraînerait une contamination de la nappe en rive gauche de la Bléone, avec un transfert plus ou moins important vers la rivière (les concentrations étant variables selon les typologies de polluants).

Cette pollution ne semble toutefois pas basculer en rive droite et ainsi contaminer les captages AEP, sauf en conditions saisonnières particulières (cf. "Nota" en fin de paragraphe).

➤ **Source : point d'injection au hameau des Ubachons (type assainissement non collectif).**

Le panache de pollution issue de cette source transite directement par les puits de captage, selon les caractéristiques synthétisées ci-dessous, puis continu à s'écouler vers le Sud-Ouest, sans toutefois être drainé par la Bléone avant d'atteindre le verrou rocheux "fermant" la vallée.

Site	Temps d'arrivée à partir de t_0	Temps de passage à partir de t_0	Temps de séjour au droit des captages
AEP Digne	2 jrs	7 jrs	5 jours
AEP Marcoux	3 jrs	8 jrs	5 jours

Temps de transfert de la pollution issue des différents points d'injection de la pollution vers les captages de Digne et de Marcoux.

➤ **Pollutions accidentelles**

➤ **Source : pollution amont de la Bléone (ex. suite à une pollution accidentelle de la rivière au niveau de La Javie).**

On remarque que la pollution reste en grande partie confinée dans la Bléone, avec toutefois des infiltrations latérales dues aux échanges nappe-rivière. Les concentrations transitant vers les nappes restent toutefois relativement faibles n'entraînant pas de risques majeurs pour les captages AEP (tout au moins dans des conditions normales d'exploitation, cf. "Nota" en fin de paragraphe).

➤ **Source : pont du Bouinenc sur la RD900 (type renversement d'un PL).**

Une pollution accidentelle intervenant au niveau du pont du Bouinenc (type renversement d'un PL transportant des hydrocarbures), entraînerait une pollution immédiate du cours d'eau et à terme de La Bléone.

La majeure partie de la pollution sera "évacuée" par les eaux superficielles, tandis que des traces résiduelles de polluants vont s'infiltrer vers les nappes d'accompagnement des deux cours d'eau entraînant une pollution diffuse et de très faible concentration n'entraînant pas de risque majeur au niveau des captages AEP.

Dans des conditions hydrologiques spécifiques et corrélées à des pratiques d'exploitation intenses, les risques de contamination seraient alors non négligeables pouvant entraîner un arrêt des pompes pendant une certaine durée (cf. "Nota" en fin de paragraphe).

➤ **Source : pont de la Bléone sur la RD322 (type renversement d'un PL).**

Ce scénario a été étudié afin de déterminer si une pollution "injectée" suite à un accident survenu sur le pont de La Bléone, pouvait contaminer de façon rapide et directe les captages AEP de Marcoux.

Après modélisation de ce scénario, on constate que le nuage de pollution reste cantonné au lit de la rivière (à l'exception des phénomènes résiduels de drainance et de rétention de berges) et donc n'engendre pas de réel risque de contamination du captage.

Nota : Notons que pour l'ensemble des scénarios, à l'exception de la pollution issue des "Ubachons", la pollution via la Bléone ne transite pas en conditions générales par les champs de captage. Cependant, **en période d'étiage des cours d'eau, associée à une exploitation importante de la nappe** (conditions observées en périodes estivales), les champs captant peuvent entraîner un drainage plus ou moins important des eaux superficielles (**réalimentation directe des puits AEP par la Bléone**) et par conséquent **provoquer un transfert du polluant en direction des ouvrages AEP**.

2.9. COMPARAISON DE L'EVOLUTION DU PROFIL EN LONG DU LIT MINEUR DE LA BLEONE ET DES VARIATIONS PIEZOMETRIQUES DE LA NAPPE

2.9.1. OBJECTIFS

La comparaison des évolutions du profil en long du lit mineur de la Bléone avec les variations piézométriques de la nappe alluviale de la Bléone doit permettre une meilleure compréhension des relations nappe/rivière, dans les zones où l'évolution du lit de la rivière est bien connue (au niveau notamment des extractions Perasso et Negro).

2.9.2. METHODE

Pour comprendre l'influence des variations du lit de la Bléone sur sa nappe d'accompagnement, nous nous sommes basés sur des documents existants :

- Profils en long du lit mineur de la Bléone établis depuis 1911, sur les zones des extractions Negro en aval de Digne-les-Bains et des extractions Perasso en amont de Malijai⁸.
- Suivis piézométriques réalisés par la DIREN entre 1988 et 2003, avec comparaison des valeurs de piézométrie annuelle moyenne, maximale, et minimale.

Les profils en long et les suivis piézométriques ont, dans un premier temps, été étudiés séparément, afin de comprendre leur fonctionnement général, et notamment de faire apparaître les événements qui ont joués sur la nappe (influence des précipitations, variations saisonnières, exploitation de la ressource en eau, etc.).

Dans un deuxième temps, les profils en long et la piézométrie ont été comparés, afin de mettre en évidence les relations de cause à effet des variations du lit de la Bléone sur la piézométrie.

NOTA : Dans le cadre de l'étude générale "Schéma de restauration et de gestion de la Bléone et de ses affluents", l'étude du transport solide a fait l'objet d'une analyse spécifique.

2.9.3. RESULTATS

2.9.3.1. EVOLUTION DES PROFILS EN LONG ENTRE 1911 ET 2002, AU DROIT DES ZONES D'EXTRACTIONS

Au niveau de la zone d'extraction Negro, les profils en long du lit de la Bléone font état d'un abaissement généralisé depuis 1977, avec un ralentissement du phénomène entre 1987 et 1995. En 1997, la construction d'un seuil au droit des canalisations d'eaux usées de Digne-les-Bains entraîne une différenciation de l'évolution de part et d'autre du seuil.

⁸ La restriction aux zones d'extractions est due aux contraintes des suivis piézométriques, seules ces zones ont fait l'objet d'un suivi piézométrique régulier sur une période de 15 ans minimum.

En amont immédiat du seuil, on observe un exhaussement du lit sur environ un kilomètre (entre les PK 17.8 et 18.5), puis une stabilisation du niveau du lit. En aval du seuil, on observe une poursuite de l'abaissement du fond du lit mineur.

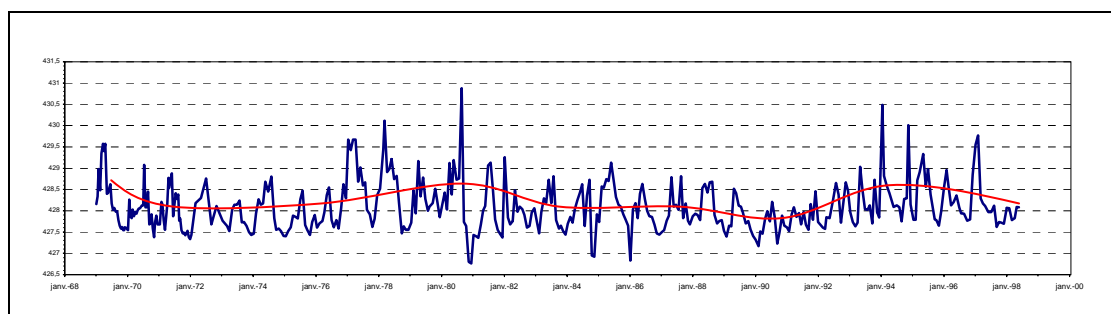
Au niveau des extractions Perrasso, l'évolution du fond du lit de la Bléone présente un abaissement important de 1963 à 1977. A partir de 1977, on observe deux tendances, avec en amont du barrage EDF de Malijai, un exhaussement régressif du lit (PK 4 à 5.3), tandis que plus en amont (entre les PK 5.3 et 7.5) la tendance à l'abaissement du lit se poursuit avec un ralentissement jusqu'en 1994). Depuis 1994, on assiste à une stabilisation du profil en long du lit de la Bléone.

2.9.3.2. RAPPEL DE L'EVOLUTION PIEZOMETRIQUE DEPUIS 1969⁹

Après analyse de la chronique piézométrique, que l'on peut considérer comme historique au niveau du bassin versant de la Bléone (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), on peut émettre les observations suivantes :

- ⇒ La nappe semble suivre un cycle abaissement/remontée du niveau piézométrique, sur une période d'une douzaine d'années (1969 à 1971, 1971 à 1994).
- ⇒ De façon générale, on peut dire que les périodes d'abaissement général de la piézométrie correspondent à des périodes d'étiage de nappe soit ponctuellement importantes, soit présentes sur une longue période. Il en est de même pour la tendance à la remontée, correspondant à des niveaux des hautes eaux piézométriques.
- ⇒ Cependant, la tendance générale d'un cycle peut être perturbée par des événements piézométriques exceptionnels, comme en 1971, avec une tendance générale à la remontée et où l'on peut observer le niveau des plus basses eaux historiques enregistrées.
- ⇒ On notera enfin que la période d'étiage de nappe la plus importante dans sa durée correspond à la période 1989-1992, même si les niveaux de basses eaux ne correspondent pas aux niveaux exceptionnels (1971, 1984 et 1986)

Toutefois, toutes ces observations sont à considérer comme des hypothèses, le recul des données piézométriques disponibles étant assez faible (recul de 30 ans). Ces hypothèses seront donc à vérifier lorsque la base de données piézométriques disponibles le permettra.



Suivi piézométrique DIREN réalisé entre 1969 et 1999 au niveau de Malijai

⁹ L'analyse des données piézométriques est détaillée au §1.3.1.

Dans le cadre du suivi réglementaire des extractions de matériaux en lit mineur de cours d'eau, la DIREN réalisa entre 1986/88 et 2002 un suivi piézométrique au droit des secteurs d'extraction des sociétés Negro et Perasso. Le suivi est basé sur quatre piézomètres de contrôle au droit des extractions Negro (n°329001 à 329004), et six au niveau des extractions Perasso (n°329007, 329013 à 329016, et n°329009 qui fait encore aujourd'hui l'objet d'un suivi en continu). Ce réseau est complété par sept piézomètres au niveau du barrage EDF de Malijai.

Les figures 8 et 9 présentent les graphiques des différents suivis piézométriques au droit des zones d'extractions, de l'amont vers l'aval.

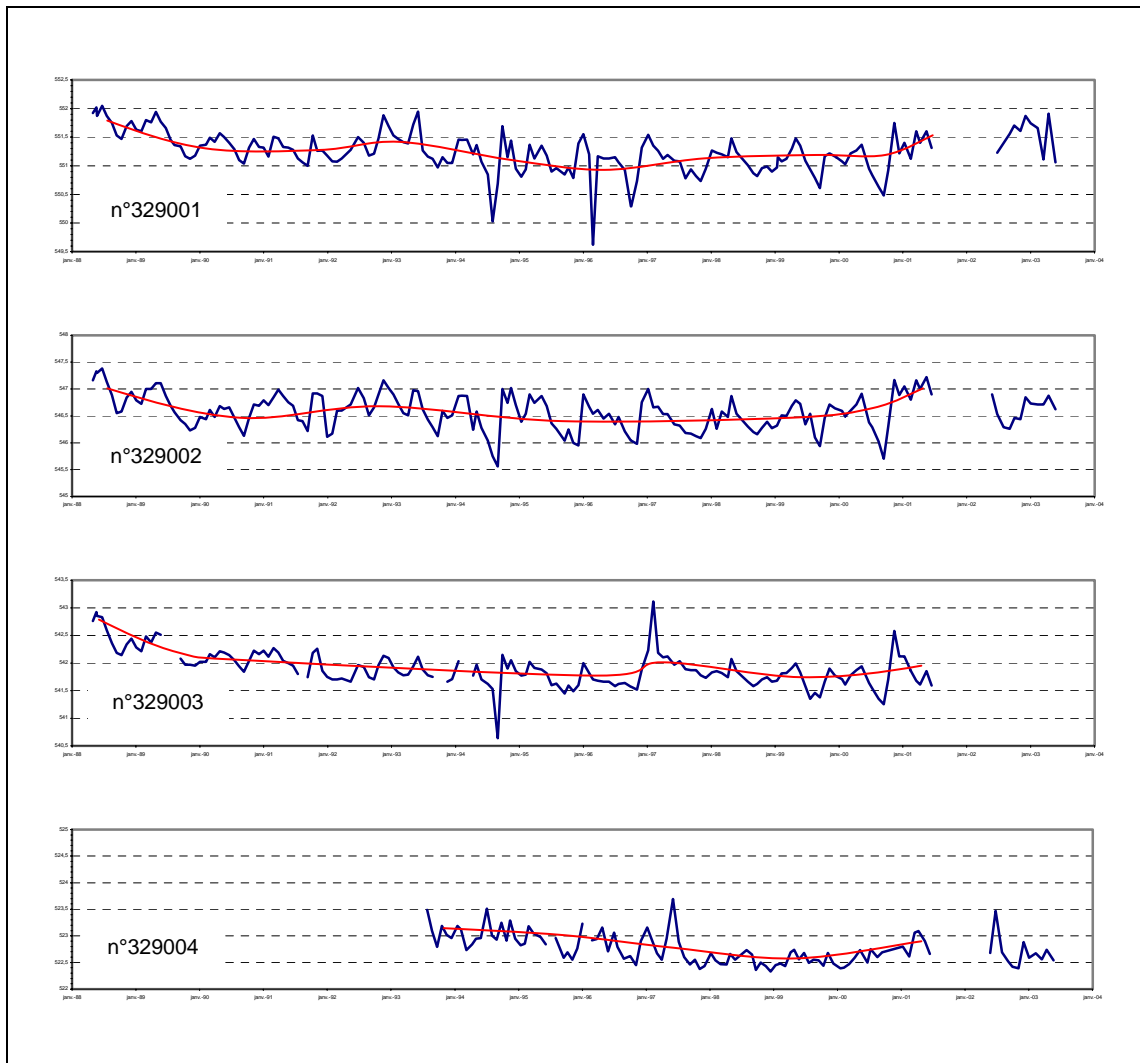
2.9.3.3. INFLUENCES DE L'EVOLUTION DU PROFIL EN LONG DU LIT MINEUR DE LA BLEONE SUR LA NAPPE ALLUVIALE AU DROIT DES EXTRACTIONS NEGRO

On observe un abaissement piézométrique généralisé à toute la zone des extractions entre 1988 et 1991, avec une amplitude variant entre -0.5 et -1 m.

A partir de 1991, on remarque deux tendances :

- ↘ avec en amont du ravin de Champtercier, une légère remontée de la piézométrie (+0.25 m), avant un retour à un abaissement de l'ordre de -0.50 m jusqu'en 1996/97, puis une légère remontée avant d'atteindre une stabilisation de la piézométrie dans les années 1999/2000 (que l'on peut attribuer à un effet du seuil des eaux usées construit en 1997).
- ↘ en aval du ravin de Champtercier, l'abaissement se poursuit jusqu'en janvier 1997 (abaissement de -1.50 m depuis 1988). Au début de l'année 1997, une remontée rapide de la piézométrie se fait sentir certainement à la suite de la construction du seuil des eaux usées, avant un retour à l'abaissement jusqu'en 1999/2000.
- ↘ en aval de la zone d'extraction (STEP de Digne-les-Bains), le suivi piézométrique débute en 1993. On observe alors une tendance générale à l'abaissement entre 1993 et 1999 (abaissement d'environ -0.75 m).

A partir des années 1999/2000, on assiste à une remontée générale de la piézométrie, de l'ordre de +0.50 m.



*Evolution de la piézométrie sur le secteur des extractions Negro
entre 1988 et 2003 (d'après suivis DIREN et SOGREAH)*

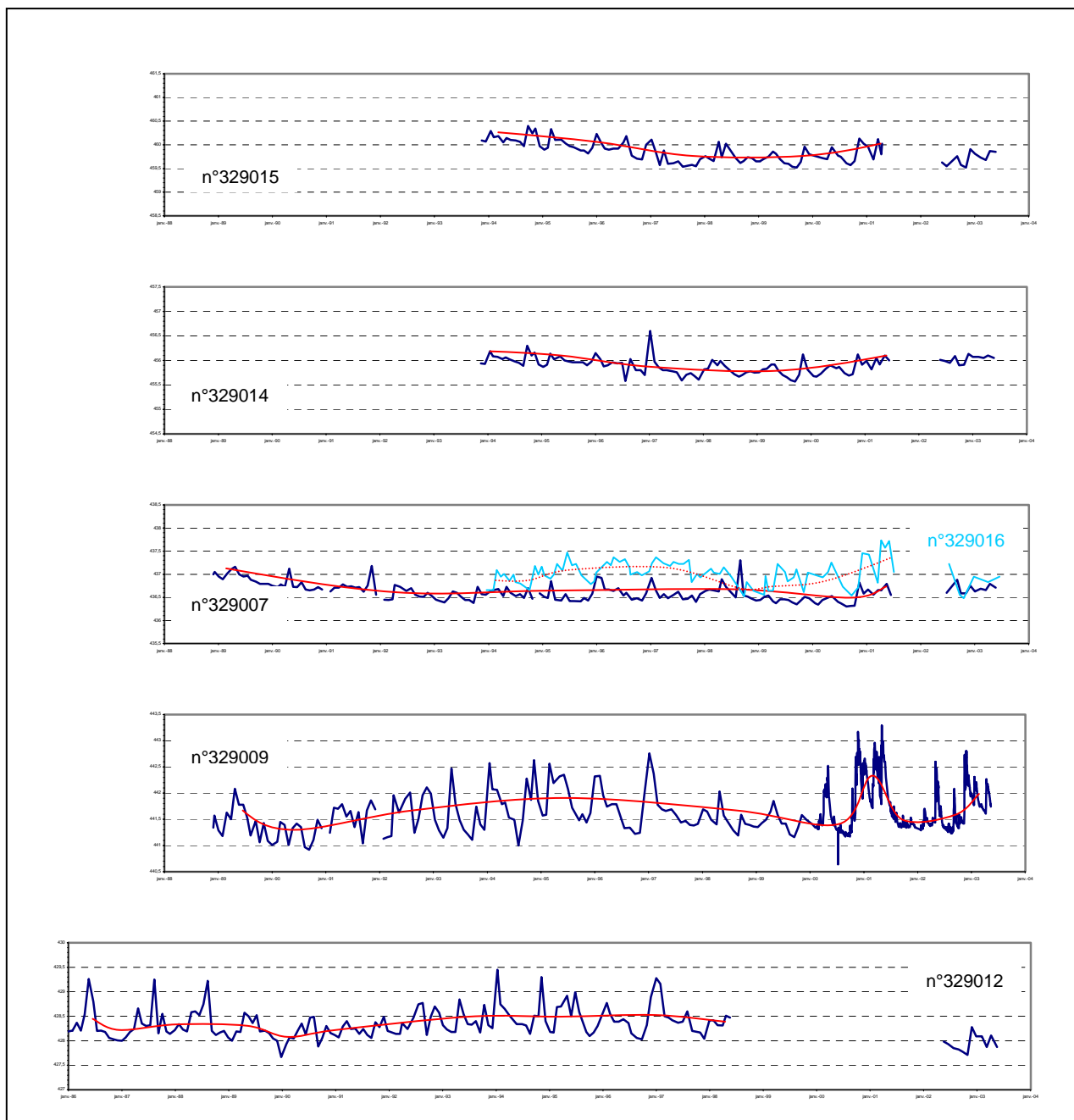
2.9.3.4.

INFLUENCES DE L'EVOLUTION DU PROFIL EN LONG DU LIT MINEUR DE LA BLEONE SUR LA NAPPE ALLUVIALE AU DROIT DES EXTRACTIONS PERASSO

Contrairement au secteur précédent (extractions Negro), les suivis piézométriques de la nappe ne sont pas homogènes entre l'amont et l'aval du secteur.

En effet, les suivis laissent supposer une sectorisation du fonctionnement de l'aquifère, due en partie à une hétérogénéité des échanges nappe/Bléone de l'amont vers l'aval, et entre la rive gauche et la rive droite (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, n°329007 en rive droite et 329016 en rive gauche).

On rappelle que le profil en long du lit de la Bléone est actuellement stabilisé (et ce depuis 1994), après avoir subi un abaissement important entre 1963 et 1977, puis un ralentissement entre 1977 et 1994.



*Evolution de la piézométrie sur le secteur des extractions Perasso entre 1988 et 2003
(d'après suivis DIREN et SOGREAH)*

Les variations du profil en long ne semblent pas avoir d'incidence majeures sur l'évolution piézométrique de la nappe, en effet seul le piézomètre n°329007 laisse transparaître l'abaissement du lit de la Bléone jusqu'en 1994, puis sa stabilisation depuis cette même année.

3.

DIAGNOSTIC DE NAPPE

3.1. CARACTERISTIQUES DE L'AQUIFERE

Localisation	Niveau statique mesuré		Epaisseur d'alluvions mouillées		Transmissivité	
La Javie						
Marcoux 1	-3.5	-3	21.5	22	10^{-1}	3.10^{-2}
Marcoux 2	-1.7	-1	19	19.5	2.10^{-1}	10^{-2}
Digne	-3		13.5			
Le Chaffaut	-1.5		7		5.10^{-2}	
Aiglun	-3.5		28.5		2.10^{-1}	
Mallemoisson	-2	-3	17		2.10^{-1}	
Cornerie	-					
Malijai	-1.6		7		2.10^{-3}	

3.2. FONCTIONNEMENT DE L'AQUIFERE

L'aquifère du bassin versant a été découpé en tronçon suivant une typologie découlant de son fonctionnement.

On observe deux types de fonctionnement majeur :

- ↳ Alimentation de la rivière par la nappe alluviale,
- ↳ Alimentation de la nappe par la rivière (pertes de débit de surface).

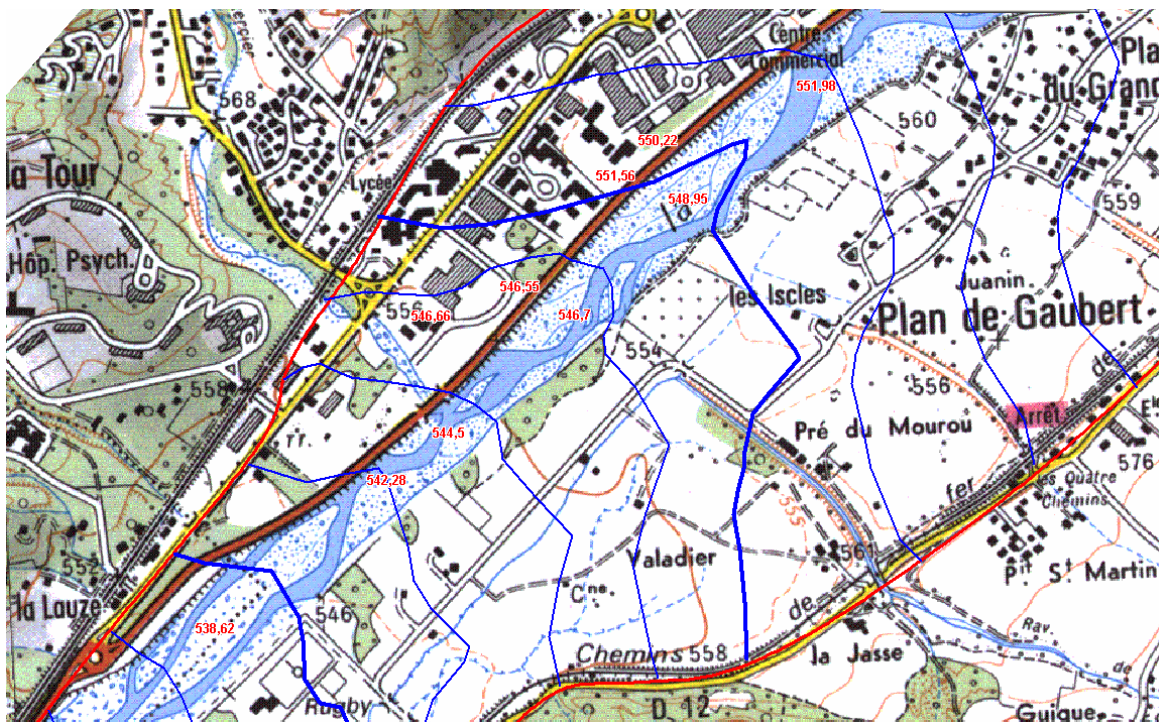
Viennent s'ajouter deux phénomènes localisés, dont l'importance est non négligeable quant au fonctionnement de la nappe :

- ↳ Le drainage de la nappe par les adous,
- ↳ Le phénomène de verrous.

3.2.1. TRONÇON D'ALIMENTATION DE LA RIVIERE PAR LA NAPPE

Un tronçon où la nappe alimente la rivière se caractérise par des courbes isopièzes à concavité tournée vers l'aval de la rivière (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Ainsi les lignes d'écoulement, perpendiculaires aux courbes isopièzes, indiquent une trajectoire d'écoulement de la nappe vers la rivière.

Une forte alimentation de la rivière par la nappe se traduit par un gradient hydraulique élevé. Visuellement, les courbes piézométriques se rapprochent les unes des autres.

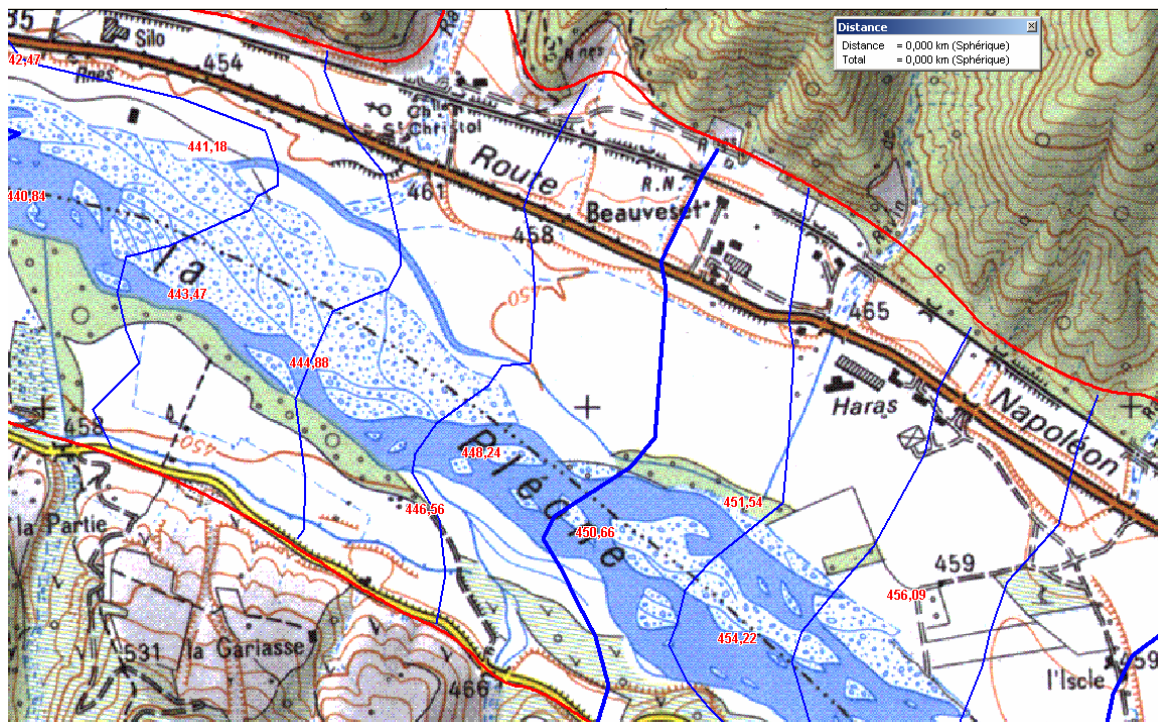


Secteur de Plan de Gaubert, la nappe alimente la rivière

3.2.2. TRONÇON D'ALIMENTATION DE LA NAPPE PAR LA RIVIERE

Dans ce cas de figure, les courbes isopièzes ont une concavité tournée vers l'amont, dans le sens d'écoulement de la rivière (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les lignes d'écoulement des eaux souterraines, quant à elles, proviennent de la rivière et partent en direction de la nappe.

Une forte alimentation de la nappe par la rivière se caractérise par une courbure des isopièzes plus accentuée.



Secteur en amont de Malijai, la rivière alimente la nappe

3.2.3. LES APPORTS LATERAUX

Les apports latéraux sont des flux entrant dans l'aquifère, on observe donc une modification des courbes isopièzes au niveau de la limite de la nappe. En effet ces courbes indiquent un écoulement des eaux souterraines de la limite vers la nappe. Ainsi la piézométrie est plus ou moins de biais par rapport à la limite de nappe.

Plus les apports latéraux sont importants plus les courbes sont déformées et par conséquent, l'influence de la rivière sur la nappe (alimentation ou drainage) est atténuée.

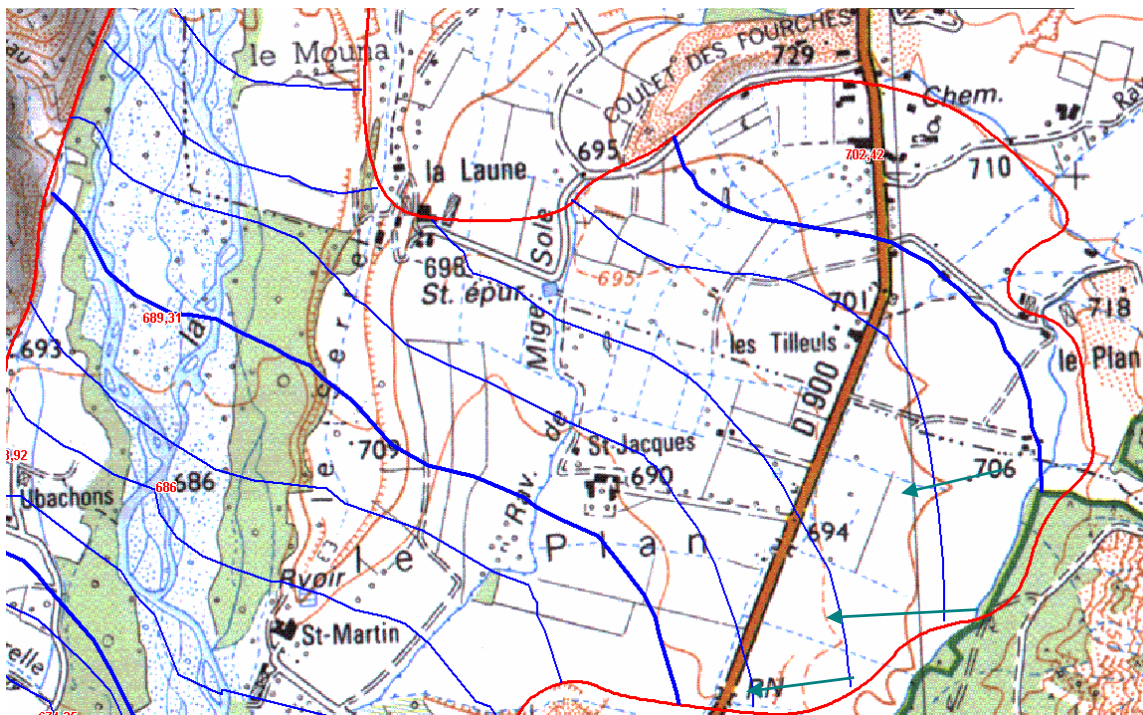
Nous avons dénombré trois secteurs où les apports latéraux sont présents et significatifs.

- Secteur de Marcoux aussi bien en rive droite que gauche.
- En rive droite de la Bléone et longeant Digne Nord.
- En rive droite de la Bléone et à hauteur de Plan de Gaubert

L'annexe 8 résume les échanges nappe – rivière sur une grande partie du parcours de la Bléone. D'amont en aval, nous avons les échanges suivants :

- De La Javie : jusqu'à la confluence du Bouinenc avec la Bléone : drainage de la nappe par la rivière,
- De Marcoux jusqu'au Sud de Digne : la nappe est alimentée par la rivière.
- De Plan de Gaubert jusqu'à la Cornerie : la nappe est drainée par la Bléone.

- Du Plan de Fontenelle jusqu'à hauteur de Courneiret : la nappe est alimentée par la rivière,
- Dans le secteur de Malijai, la nappe alimente la rivière.



Secteur en amont de Marcoux. Les isopièzes indiquent des apports latéraux

3.2.4. LES POMPAGES

Sur toute la zone d'étude, des pompages modifient, localement, les lignes d'écoulement puisqu'ils créent un axe préférentiel du flux différent de l'axe de la rivière. A la périphérie du pompage, on observe une augmentation de la piézométrie qui est d'autant plus visible vers l'aval car le phénomène est accentué par l'écoulement de la nappe.

Plus le débit de pompage est important et plus les répercussions sont visibles : la piézométrie est affectée sur une plus grande distance en aval mais aussi en amont du pompage.



*Secteur de Marcoux, au niveau des captages.
Déviation des courbes piézométriques à cause de la zone de pompage*

3.2.5. SEUILS ET BARRAGE

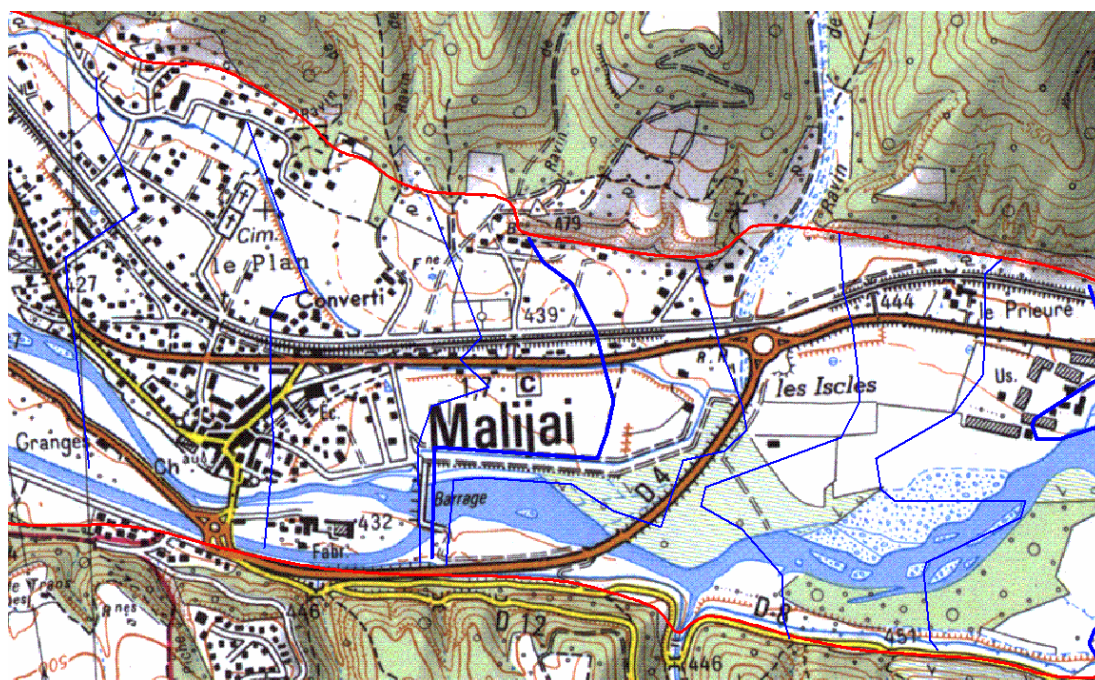
Les seuils permettent de rehausser le niveau d'eau de la rivière en amont mais ne jouent aucun rôle sur la nappe d'accompagnement de la rivière. Ainsi l'aquifère possède un niveau piézométrique inférieur au niveau d'eau ce qui crée une alimentation de la nappe par la rivière.

Au niveau du seuil le lit de la rivière est abaissé brutalement, le niveau d'eau de la rivière suit cette tendance et par conséquent le niveau de la nappe aussi. On observe donc une augmentation du gradient hydraulique et un rapprochement des courbes isopièzes.

En aval, les seuils produisent un léger abaissement du niveau d'eau. Ainsi le niveau de la nappe est tel que la rivière draine la nappe.

Le secteur qui représente au mieux ce phénomène est le seuil au niveau du chemin de fer vers Les Sièyes.

En ce qui concerne le barrage, au niveau de Malijai, les observations sur la piézométrie et les relations nappe/rivière sont identiques à celles faites précédemment avec un seuil. Le phénomène est plus accentué, notamment en ce qui concerne le gradient hydraulique, puisque l'ouvrage est plus important. Cependant, on se rend compte que l'incidence sur la piézométrie reste locale.



67

3.2.6. PHENOMENES DE VERROUS

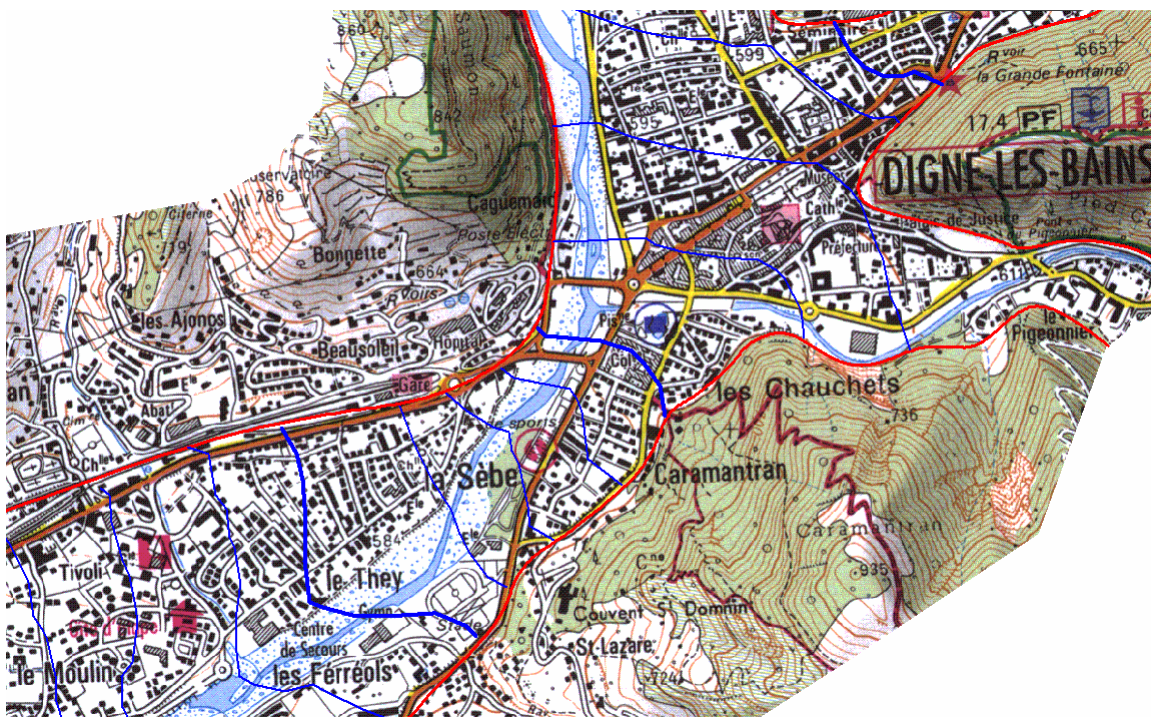
Un verrou est un rétrécissement géologique de l'aquifère, généralement visible sur la carte par un rétrécissement du lit majeur de la rivière entre deux masses rocheuses.

En période de basses eaux, la rivière alimente la nappe puisque le niveau de la nappe est généralement bas. Lors d'un rétrécissement, le niveau de la nappe augmente et on observe une inversion des échanges, ainsi la nappe alimente la rivière.

A l'aval du verrou, lors de l'élargissement géologique, la surface disponible pour la nappe augmente et par conséquent le niveau d'eau diminue. On retrouve une situation où la rivière alimente la nappe.

Au niveau de Digne-Les-Bains, on observe bien l'inversion des courbes piézométriques entre le verrou et l'élargissement en aval. Cependant, en amont il est moins évident d'observer le phénomène car les arrivées des Eaux Chaudes et du Mardaric (affluents de la Bléone) ont une influence sur la piézométrie.

La coupe géologique effectuée au niveau des ponts de la RN 85 sur la Bléone à hauteur de Digne, rend clairement compte de la nature de ce verrou (calcaires liasiques). Cette même coupe laisse deviner l'existence probable d'apports latéraux liés d'une part à la stratification en gros bancs des calcaires mais aussi à la présence de colluvions qui reposent sur ces calcaires en rive droite de la Bléone. Ces colluvions joueraient dès lors un rôle de drain ou de réservoir provisoire pour les eaux, et les calcaires un conduit vu qu'à cet endroit ces derniers montrent un plongement vers le Sud Est.



Secteur en aval de Digne-Les-Bains. Effet d'un verrou rocheux sur la piézométrie

3.3. VULNERABILITE DE LA RESSOURCE

La vulnérabilité d'un aquifère dépend essentiellement de sa faculté à se préserver des éléments extérieurs, faculté qui est fonction de la protection naturelle de surface que forme les sols d'une part, et d'autre part de l'importance des échanges existants entre les eaux souterraines et les eaux superficielles.

Concernant la présence d'une protection de surface, les terrains de couverture sont relativement faibles sur l'ensemble du bassin versant. En effet, les horizons superficiels sont peu épais, voire inexistant par endroits, et présentent une certaine perméabilité.

Ces différents facteurs impliquent que les terrains de couverture présents sur le bassin versant ne permettent pas de contenir ou de limiter le transfert de polluants en direction de l'aquifère et de sa ressource et ce de façon satisfaisante pour un maintien de la qualité de la nappe.

Comme cela est décrit dans le fonctionnement général de l'aquifère (§ 3.2.2.), les relations entre les eaux souterraines et les eaux superficielles sont un phénomène très important, dont dépend l'équilibre du bassin versant. Ces échanges sont tributaires du degré de colmatage du lit vif des cours d'eau, mais aussi de l'épaisseur de la lame d'eau de ces mêmes cours d'eau. Il est certain que lorsqu'un cours d'eau est à sec ou fortement colmaté, la possibilité d'échanges est inexistante. Ces observations sont bien entendu valables en ce qui concerne les cours d'eau, les adous mais aussi les plans d'eau (lacs, bassins, gravières, etc.).

Une des principales conséquences de ces échanges est l'importance du facteur de risque de pollution de la nappe lors d'une pollution des eaux superficielles.

De plus, la nappe se trouve fragilisée par les nombreux aménagements réalisés par l'homme, et qui perturbent le fonctionnement normal de l'aquifère, aussi bien dans le sens de son amélioration que de sa dégradation, ces infrastructures créant bien souvent une mise en relation directe entre la nappe et le milieu aérien.

Ainsi, l'exploitation des matériaux du lit mineur des cours d'eau, les nombreux forages, l'implantation de plans d'eau (loisirs, barrage EDF, etc.) sont autant d'éléments qui augmentent les risques de pollutions et donc de contamination de la nappe. Toutefois, reconnaissons que certains ouvrages (notamment le barrage de Trente Pas, ou la retenue EDF de Malijai) participent activement à la recharge de la nappe.

En croisant les zones d'échanges nappe – rivière, les zones d'apports latéraux et l'emplacement des points noirs, nous pouvons dans une première approximation délimiter les zones à haut risque de pollutions accidentelles et/ou ponctuelles survenant dans le lit de la rivière et / ou sur les versants. D'amont en aval nous pouvons citer les secteurs suivants :

- Le secteur Nord Est de Marcoux, où l'on assiste aussi bien à la présence potentielle d'apports latéraux provenant du versant Nord, qu'à une alimentation de la nappe par la rivière.
- Le secteur de Plan de Gaubert montre non seulement la présence d'apports latéraux provenant de son versant Nord, mais aussi une alimentation de la nappe par la rivière.

- Le secteur de la Cornerie semble être le plus vulnérable par rapport à une pollution, qui dans ce cas précis est une pollution de type chronique, en raison de la présence de la décharge et d'une casse automobile. Cette vulnérabilité est liée par le fait que dans ce secteur, la nappe est alimentée aussi bien par la rivière que par le versant Sud du secteur.

LEXIQUE

AEP : Terme désignant l'Alimentation en Eau Potable.

Alluvions : Sédiment des cours d'eau et des lacs composé, selon les régions traversées et la force du courant, de galets, de gravier et de sable en dépôts souvent lenticulaires.

Aquifère : Terrain poreux et perméable contenant une nappe d'eau souterraine, reposant sur un terrain imperméable qui interdit la progression de l'eau vers le bas.

Clue : (ou cluse) Partie d'une vallée, généralement rétrécie, traversant des couches dures perpendiculairement à leur direction.

Crépine : Tube métallique ou en PVC, perforé permettant le passage des eaux souterraines vers l'intérieur de l'ouvrage (puits ou forage). La taille des ouvertures dépendra du type de matériaux composants l'aquifère (afin de limiter leur intrusion dans l'ouvrage), et leur nombre sera proportionnel à la *perméabilité* de l'aquifère au droit de l'ouvrage.

Eau de process : Eau destinée à une utilisation industrielle, rentrant dans la fabrication, le nettoyage industrielle, mais aussi dans le lavage des fruits et légumes dans l'agriculture par exemple.

Géophysique : Science appliquant les méthodes de la physique à l'étude de la Terre. Dans le cas présent, le terme de géophysique est une méthode qui permet de déterminer, par méthode dite électrique, de déterminer la succession des terrains géologiques au droit de la zone étudiée.

Inféroflux : Ecoulement dans les alluvions du lit ordinaire.

Karst : Type de relief affectant les pays calcaires, résultant principalement de la dissolution des roches calcaires par les eaux météoriques chargées de CO₂. On distingue deux types de structures : les modelés de surfaces (doline, canyon, aven, ...) et les formations souterraines (cavité, résurgence, exurgence, voûte mouillante, ...)

Nappe phréatique : Nappe d'eau souterraine libre, peu profonde et accessible aux puits habituels. Le niveau phréatique est la surface libre de cette nappe, correspondant au niveau de l'eau dans les puits.

Nappe alluviale : Nappe phréatique localisée dans des terrains alluvionnaires.

Nappe d'accompagnement : Nappe phréatique localisée dans des alluvions, et en connexion directe avec le cours d'eau qu'elle "accompagne".

Nummulites : Fossiles du groupe des Foraminifères, caractéristiques de l'Eocène – Oligocène.

Paléocanyon : voir *Paléorelief*.

Paléorelief : Ancien relief comblé par des sédiments (vallée, canyon, ...).

Perméabilité : Aptitude du milieu à se laisser traverser par un fluide

Piézomètre : Dispositif constitué d'un tube PVC enfoncé verticalement dans le sol par forage, et servant à mesurer le niveau statique de la nappe d'eau souterraine au droit de ce point.

Substratum : Terme très général désignant ce sur quoi repose une formation géologique prise comme référence.

Toit : Terme de mineur désignant la surface supérieure d'une formation, ou bien les terrains la surmontant immédiatement.

Verrou : rétrécissement géologique de l'aquifère.



BIBLIOGRAPHIE

ETUDES GENERALES

BCEOM (1991) : *Schéma d'aménagement de la Bléone*, p 11 à 90.

CERIC (1977) : *Aménagement du lit de la Bléone – Etude hydraulique, Prélèvements de graviers, Schéma d'aménagement – Fiches des caractéristiques de puits, forages et piézomètres*, n°4110.

ETUDES SPECIFIQUES

ALPES FORAGES (1971) : pancrace

BEG – BRGM (1970) : aep Digne-les-Bains

BRGM (1970) : *Zone des captages de Marcoux – Construction et essais d'un forage d'étude*, n°70-90.

BRGM (1970) : *Résultats des travaux exécutés sur la nappe de la Bléone à Marcoux*, n°71 SGN 023 PRC.

BRGM (1977) : *Alimentation en eau de Mallemoisson – Nappe des alluvions de la Bléone – Périmètres de protection de la station de pompage prévue*, n° 77.54.N.

BRGM (1977) : *Expertise officielle – Alimentation en eau de Malijai*, n°77.33.GA.

BRGM (1979) : o chdes

BRGM (1983) : *Expertise officielle – Alimentation en eau de Champtercier – Forage du ravin de Martin*, n°GA 83.14.

BRGM (1984) : *Expertise officielle – Commune de Marcoux – Périmètre de protection du forage de la ville*, n°84.010 GA.

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
BIBLIOGRAPHIE

BRGM (1985) : *Rapport de régularisation en vue de l'établissement des périmètres de protection des captages communaux – Commune du Chaffaut-St Jurson*, n°GA 85.32.

BRGM (1986) : *Expertise officielle – Ville de Digne-les-Bains – Périmètres de protection des captages de Marcoux*, n°GA 86.27.

BRGM (1987) : *Délimitation des périmètres de protection du puits de la Bléone – Commune du Chaffaut-St Jurson*, n°GA 87.27 (additif au rapport GA 85.32 de sept. 1985).

BRGM (1987) : piézo mallemoisson

BRL (2000) : ???

CATHABARD (1978) : aep Malijai

CETE (1974) : la javie

CETE (1980) : *CD4 – Pont sur la Bléone (Malijai) – Renforcement de la pile centrale, DCE – Etude géotechnique*.

CETE (1997) : *Ouvrage de franchissement, Etude géotechnique, Commune de Digne les Bains – Voie de desserte – Troisième section, rive gauche*, n°01M04A.

DUCREUX (1999) : *Etude hydrogéologique – Recherche d'eau de ressource de substitution pour la commune de Digne-les-Bains*, n°1247/1.

DUCREUX (1996) : *Mise en place des périmètres de protection – Rapport – Commune de Mallemoisson*, n°1024/3, 04 Ingénierie.

DUROZOY (1977) : *Alimentation en eau de Mallemoisson – Nappe des alluvions de la Bléone – Périmètre de protection de la station de pompage prévue*, n°77.54.N, BRGM.

ERG (1997) : pont digne

ETF (1967) : hopital psy

FONDASOL (1977) : cornerie

FONDASOL (1987) : *CD900 – Rectification du Bouinenc (Marcoux) – Implantation des sondages, coupes géologiques et essais*, n°EA.87112.

FONDASOL (1987) : *CD900 – Déviation de Beaujeu – Reconnaissance géologique – Implantation des sondages*, n°EA.87063/1.

FONDASOL (1987) : *Déviation de Malijai – Carrefour giratoire du CD4 – Etude de sols et fondations*, n°MC/JH/EA.87193a.

FONDASOL (1990) : *Elargissement du pont de Thoard, torrent des Duyes – Implantations des sondages, coupes géologiques et essais*, n°EA.90016.

FONDASOL (1991) : *RD17 – Pont de Mirabeau – Etude de sols et fondations*, n°EA91.174.

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
BIBLIOGRAPHIE

- FONDASOL (1997) : *RD3 – Pont sur le ravin de Peipin (Thoard) – Etude géotechnique*, n°JR/JM/EA.96215.**
- FONDASOL (1997) : *RD900A – Pont de Verdaches – Etude géotechnique*, n°JR/EC/EA.96218.**
- FONDASOL (1997) : *RD17 – Pont du Chaffaut sur la Bléone – Etude géotechnique préliminaire*, n°EA.96216.**
- GEO+ (1997) : *Grand pont sur le Bès – Etude géotechnique*, n°97.R.1.1.598.**
- GEO+ (1997) : *Pont sur la Bléone – RD 322 (Marcoux) – Plan d'implantation schématique des sondages*.**
- GEO+ (1997) : *Pont sur le torrent des Duyes – RD 17 (Mallemoisson) – Etude géotechnique*, n°PR 50.975.**
- GESTER (1999) : *Etude préliminaire à la réhabilitation du site de la décharge de la Cornerie (commune de Mallemoisson) – Ville de Digne – Analyse et synthèse historique, Phase 1*, n°SIM/51.99.818/NT.51.2015.01.B.**
- GESTER (2000) : *Etude préliminaire à la réhabilitation du site de la décharge de la Cornerie (commune de Mallemoisson) – Ville de Digne – Mesure des impacts sur le milieu naturel, Phase 2*, n°51.99.818/51.2015.02.A.**
- GIDEON (1963) : *Rapport sur les conditions géologiques d'un projet de puits destiné à l'alimenter en eau potable la commune d'Aiglun*, n°P/BA/II.**
- GRAVOST (1989) : *Délimitation des périmètres de protection, source et forage des Courbons, Commune de Digne*, n°GA 89.08.**
- INTRAFCOFOR (1980) : aep digne**
- KARPOFF (1979) : *Note hydrogéologique sommaire sur le renforcement des ressources en eau potable de la ville de Digne*, n°75.7007 Kf/RD.**
- MERCIER (1983) : *Etude hydrogéologique sur la délimitation des périmètres de protection du captage utilisé par la commune pour l'alimentation en eau potable – Commune d'Aiglun*.**
- PAIRIS (1966) : *Rapport géologique – Implantation d'un puits de pompage dans les alluvions de la Bléone, pour l'alimentation en eau potable de Digne*.**
- PAIRIS (1967) : *Rapport géologique – Conditions d'implantation et d'exploitation de puits, en rive droite de la Bléone, pour l'alimentation en eau potable de Digne*.**
- ROUSSET C. (1992) : *Etude hydrogéologique de la protection des captages pour l'alimentation en eau potable de la commune de Beujeu*.**
- SOL CONCEPT (1999) : *Etude hydrogéologique – Recherche d'eau de ressource de substitution pour la commune de Digne les Bains*, n°1247/1.**

SOL PROVENCAL (1993) : *Voie de desserte de Digne les Bains – Route Nationale 85, Ouvrage PIH2 et PS2*, n°92.170.

STRATERRE (2001) : *Avis hydrogéologique – Puits de captage AEP du village, commune de Beaujeu*, n°HY/2001/009.

DIVERS

DDASS (octobre 1996) : *Lettre de Monsieur le Préfet des Alpes de Haute Provence à Monsieur le Maire de Mallemoisson concernant l'objet suivant : "Alimentation en eau de consommation."*

Préfecture des Alpes de Haute Provence (avril 1998) : *Lettre à l'attention de Mr GIRAUD (DRIRE) concernant l'objet suivant : "Alimentation eu eau potable. Commune de Mallemoisson. Etablissement COSEPI-France sur la commune d'Aiglun."*

BANQUE DE DONNEES DU SOUS-SOL ET CARTES GEOLOGIQUES

Secteur de Digne : 944-1X-1/4/12, 944-2X-8/9/11/13/14/15/19/20/22

Secteur de La Javie : 918-2X-1, 918-5X-5, 918-6X-2/3, 918-7X-1/4

Secteur de Forcalquier : 943-3X-52, 943-4X-1/2/4/5/7/10/11/18/19/20/21/22

Carte géologique de la France à 1/50 000 : *Feuille de la Javie*, n°918, BRGM

Carte géologique de la France à 1/50 000 : *Feuille de Forcalquier*, n°943, BRGM

Carte géologique de la France à 1/50 000 : *Feuille de Digne*, n°944, BRGM



ANNEXES

ANNEXE 1
—
FICHES SIGNALETIQUES DES CAPTAGES AEP

FICHE CARACTERISTIQUE CAPTAGE AEP COMMUNE D'AIGLUN

• Coordonnées

X : 905 618 Y : 1 901 365 Z : 515 m

Projection Lambert II

• Informations générales

Commune : Aiglun
Propriétaire : Aiglun
Exploitant : SEERC

Nombre d'usagers desservis : 1 070

Type : ☐ Puits ☒ Forage

Type d'aquifère : Alluvions de la Bléone

Distance ouvrage/rivière (m) : 115

• Caractéristiques techniques

Profondeur totale (m) : nr
Diamètre (mm) : nr
Débit équipé (m³/h) : 100

Volume annuel prélevé (m³/an) : 185 000
Volume maximal mensuel (m³) : 20 000
Pointe journalière (m³/j) : 840

*nr : non renseigné

• Qualité

Y a t'il déjà eu des non conformités ? ☐ Oui ☒ Non

▷ Si oui, date, paramètre(s) et valeur(s) correspondante(s) :

nr

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Bactériologie	nr	nr
Nitrates	nr	nr
Pesticides	nr	nr
Hydrocarbures	nr	nr



Situation géographique

FICHE CARACTERISTIQUE CAPTAGE AEP COMMUNE DE MALLEMOISSON

• Coordonnées

X : 904 769.4 Y : 1 900 417 Z : 501 m

Projection Lambert II

• Informations générales

Commune : Mallemoisson
Propriétaire : Mallemoisson
Exploitant : Mallemoisson

Nombre d'usagers desservis : nr*

Type : ☒ Puits ☐ Forage

Type d'aquifère : Alluvions de la Bléone

Distance ouvrage/rivière (m) : 100

• Caractéristiques techniques

Profondeur totale (m) : 15
Diamètre (mm) : 3 000
Débit équipé (m³/h) : 72 à 110

Volume annuel prélevé (m³/an) : 110 000
Volume maximal mensuel (m³) : nr
Pointe journalière (m³/j) : 300

*nr : non renseigné

• Qualité

Y a t'il déjà eu des non conformités ? ☒ Oui ☐ Non

▷ Si oui, date, paramètre(s) et valeur(s) correspondante(s) :

30/05/1997 : Présence bactériologiques

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Bactériologie	nr	nr
Nitrates	nr	nr
Pesticides	nr	nr
Hydrocarbures	nr	nr



Situation géographique

FICHE CARACTERISTIQUE CAPTAGE AEP COMMUNE DE MALIJAI

• Coordonnées

X : 896 689.4 Y : 1 900 913.5 Z : 439 m

Projection Lambert II

• Informations générales

Commune : Malijai
Propriétaire : Malijai
Exploitant : Malijai

Nombre d'usagers desservis : nr*

Type : ☒ Puits ☐ Forage

Type d'aquifère : Alluvions de la Bléone

Distance ouvrage/rivière (m) : 280

• Caractéristiques techniques

Profondeur totale (m) : 21 /24

Diamètre (mm) : 3 000

Débit équipé (m³/h) : 2 x 50

Volume annuel prélevé (m³/an) : 173105

Volume maximal mensuel (m³) : 21 377

Pointe journalière (m³/j) : 858

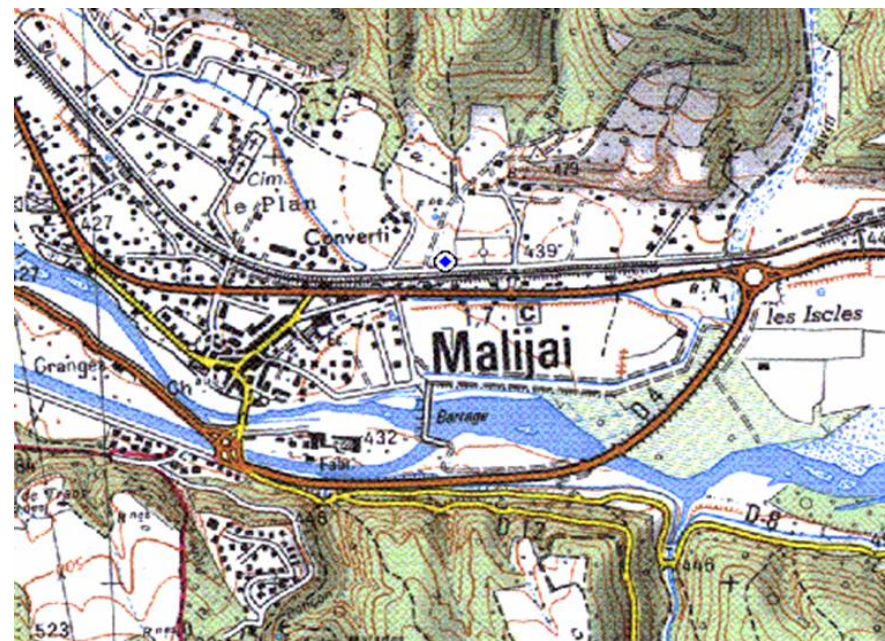
* nr : non renseigné

• Qualité

Y a t'il déjà eu des non conformités ? ☐ Oui ☒ Non

▷ Si oui, date, paramètre(s) et valeur(s) correspondante(s) :

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Bactériologie	0	0
Nitrates	4.7	5.33
Pesticides	0	0
Hydrocarbures	0	0



Situation géographique

**FICHE CARACTERISTIQUE CAPTAGE AEP
COMMUNE DE L'ESCALE**

- Coordonnées

X : Y : Z : m

Projection Lambert II

- Informations générales

Commune : L'Escale

Propriétaire : L'Escale

Exploitant : L'Escale

Nombre d'usagers desservis :

Type : ☐ Puits ☐ Forage

Type d'aquifère : Nappe alluviale de la Durance

Distance ouvrage/rivière (m) :

- Caractéristiques techniques

Profondeur totale (m) :

Diamètre (mm) :

Débit équipé (m³/h) :Volume annuel prélevé (m³/an) :Volume maximal mensuel (m³) :Pointe journalière (m³/j) :

*nr : non renseigné

- Qualité

Y a t'il déjà eu des non conformités ? ☐ Oui ☐ Non

▷ Si oui, date, paramètre(s) et valeur(s) correspondante(s) :

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Bactériologie		
Nitrates		
Pesticides		
Hydrocarbures		

Situation géographique

FICHE CARACTERISTIQUE CAPTAGE AEP COMMUNE DE LE VERNET

• Coordonnées

X : Y : Z : m

Projection Lambert II

• Informations générales

Commune : Le Vernet
Propriétaire :
Exploitant :

Nombre d'utilisateurs desservis :

Type : ☐ Puits ☐ Forage

Type d'aquifère :

Distance ouvrage/rivière (m) :

• Caractéristiques techniques

Profondeur totale (m) :

Diamètre (mm) :

Débit équipé (m³/h) :

Volume annuel prélevé (m³/an) :

Volume maximal mensuel (m³) :

Pointe journalière (m³/j) :

*nr : non renseigné

• Qualité

Y a-t-il déjà eu des non conformités ? ☐ Oui ☐ Non

▷ Si oui, date, paramètre(s) et valeur(s) correspondante(s) :

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Bactériologie		
Nitrates		
Pesticides		
Hydrocarbures		



Situation géographique

FICHE CARACTERISTIQUE CAPTAGE AEP COMMUNE DE LA ROBINE SUR GALABRE

• Coordonnées

X : 912 551.4 Y : 1 914 805.3 Z : 689 m

Projection Lambert II

• Informations générales

Commune : La Robine s/Galabre
Propriétaire :
Exploitant :

Nombre d'usagers desservis :

Type : ☐ Puits ☐ Forage

Type d'aquifère :

Distance ouvrage/rivière (m) :

• Caractéristiques techniques

Profondeur totale (m) :

Diamètre (mm) :

Débit équipé (m³/h) :

Volume annuel prélevé (m³/an) :

Volume maximal mensuel (m³) :

Pointe journalière (m³/j) :

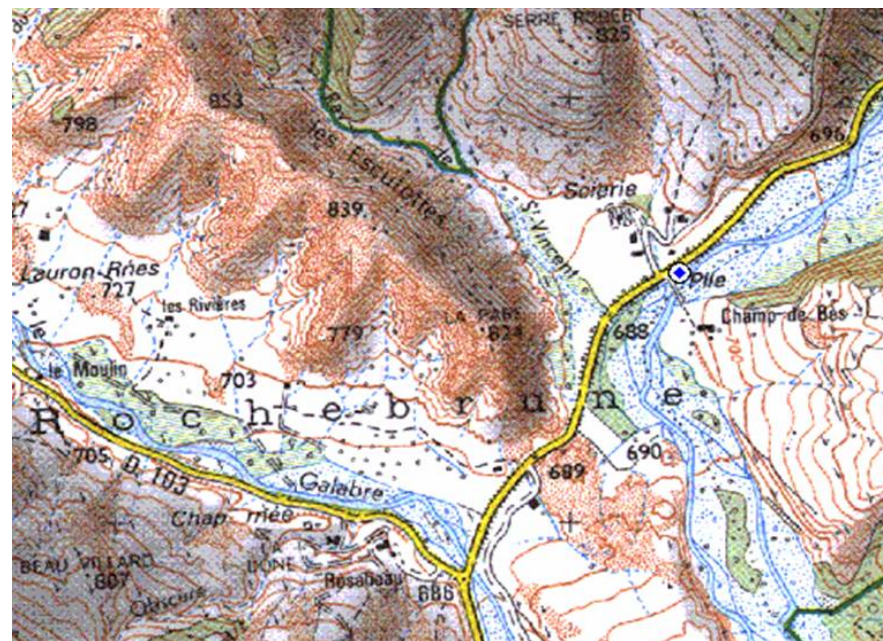
* nr : non renseigné

• Qualité

Y a t'il déjà eu des non conformités ? ☐ Oui ☐ Non

▷ Si oui, date, paramètre(s) et valeur(s) correspondante(s) :

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Bactériologie		
Nitrates		
Pesticides		
Hydrocarbures		



Situation géographique

FICHE CARACTERISTIQUE CAPTAGE AEP COMMUNE DE LA JAVIE

Coordonnées

X : 925 581.1 Y : 1 915 695.1 Z : 877 m

Projection Lambert II

Informations générales

Commune : La Javie
Propriétaire : La Javie
Exploitant : La Javie

Nombre d'usagers desservis : nr*

Type : ☒ Puits ☐ Forage

Type d'aquifère : Alluvions de la Bléone

Distance ouvrage/rivière (m) : 0

Caractéristiques techniques

Profondeur totale (m) : nr
Diamètre (mm) : nr
Débit équipé (m³/h) : 25

Volume annuel prélevé (m³/an) : nr
Volume maximal mensuel (m³) : nr
Pointe journalière (m³/j) : nr

* nr : non renseigné

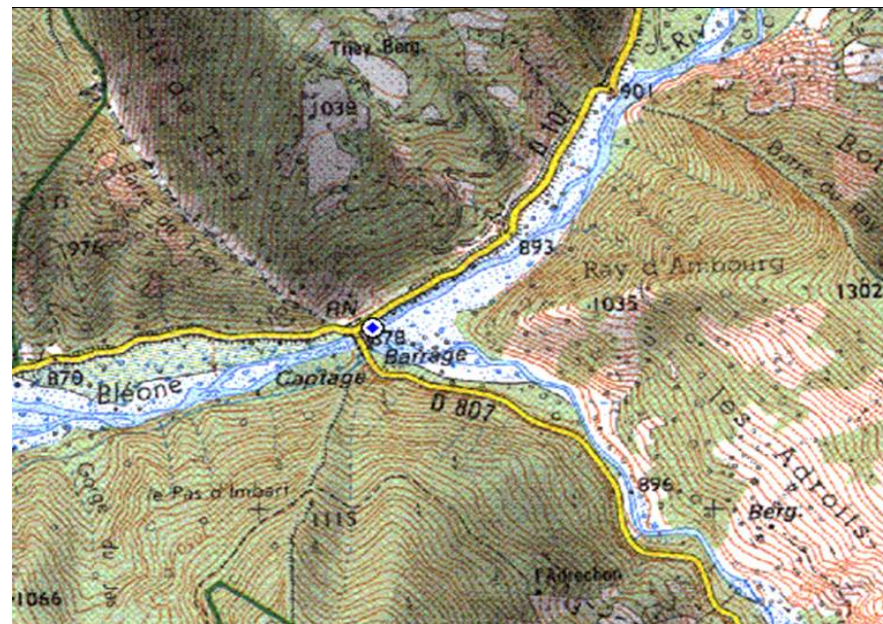
Qualité

Y a t'il déjà eu des non conformités ? ☒ Oui ☐ Non

▷ Si oui, date, paramètre(s) et valeur(s) correspondante(s) :

07/09/2001 : traitement UV hors service

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Bactériologie	0	60 n/m
Nitrates	0	1mg/l
Pesticides	0	1mg/l
Hydrocarbures	0	1mg/l



Situation géographique

FICHE CARACTERISTIQUE CAPTAGE AEP COMMUNE DE DIGNE-LES-BAINS

• Coordonnées

X : 915089 Y : 1 911 413 Z : 665 m

Projection Lambert II

• Informations générales

Commune : Digne
Propriétaire : nr*
Exploitant : SEERC

Nombre d'usagers desservis : 17 000

Type : ☒ Puits ☐ Forage

Type d'aquifère : Alluvions de la Bléone

Distance ouvrage/rivière (m) : 70

• Caractéristiques techniques

Profondeur totale (m) : nr
Diamètre (mm) : nr
Débit équipé (m³/h) : 600

Volume annuel prélevé (m³/an) : 2 000 000
Volume maximal mensuel (m³) : 225 000 (juillet)
Pointe journalière (m³/j) : 7300

* nr : non renseigné

• Qualité

Y a-t'il déjà eu des non conformités ? ☐ Oui ☐ Non

▷ Si oui, date, paramètre(s) et valeur(s) correspondante(s) :

nr

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Bactériologie	nr	nr
Nitrates	nr	nr
Pesticides	nr	nr
Hydrocarbures	nr	nr



Situation géographique

**FICHE CARACTERISTIQUE CAPTAGE AEP
COMMUNE DE DIGNE LES BAINS**

- **Coordonnées**

X : Y : Z : m

Projection Lambert II

- **Informations générales**

Commune : Digne
Propriétaire :
Exploitant :

Nombre d'usagers desservis :

Type : ☐ Puits ☐ Forage

Type d'aquifère :

Distance ouvrage/rivière (m) :

- **Caractéristiques techniques**

Profondeur totale (m) :

Diamètre (mm) :

Débit équipé (m³/h) :

Volume annuel prélevé (m³/an) :

Volume maximal mensuel (m³) :

Pointe journalière (m³/j) :

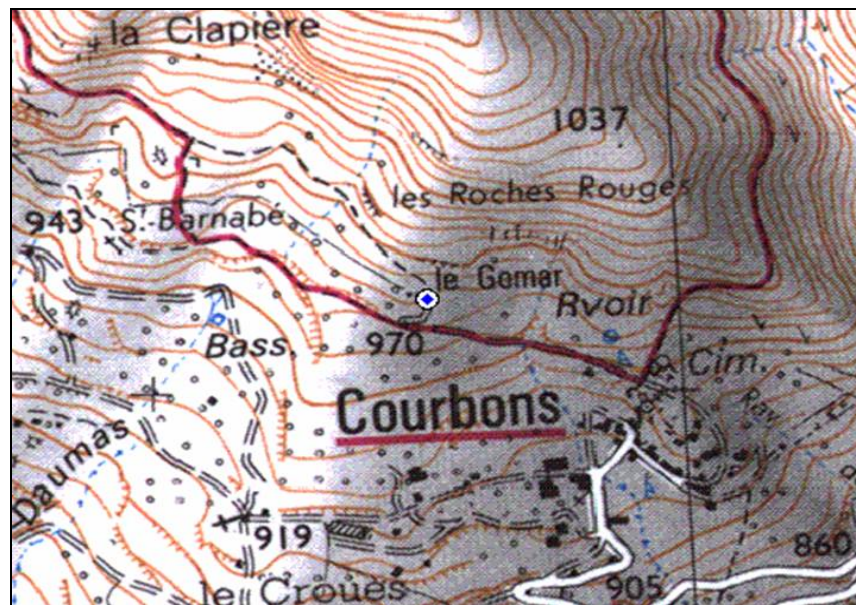
*nr : non renseigné

- **Qualité**

Y a t'il déjà eu des non conformités ? ☐ Oui ☐ Non

▷ Si oui, date, paramètre(s) et valeur(s) correspondante(s) :

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Bactériologie		
Nitrates		
Pesticides		
Hydrocarbures		



Situation géographique

FICHE CARACTERISTIQUE CAPTAGE AEP COMMUNE DE CHAMPTERCIER

• Coordonnées

X : 907 395.1 Y : 1 905 779.8 Z : 600 m

Projection Lambert II

• Informations générales

Commune : Champtercier
Propriétaire :
Exploitant :

Nombre d'usagers desservis :

Type : ☐ Puits ☐ Forage
Type d'aquifère : Nappe profonde
Distance ouvrage/rivière (m) : Déconnecté du torrent

• Caractéristiques techniques

Profondeur totale (m) :
Diamètre (mm) :
Débit équipé (m³/h) :

Volume annuel prélevé (m³/an) :
Volume maximal mensuel (m³) :
Pointe journalière (m³/j) :

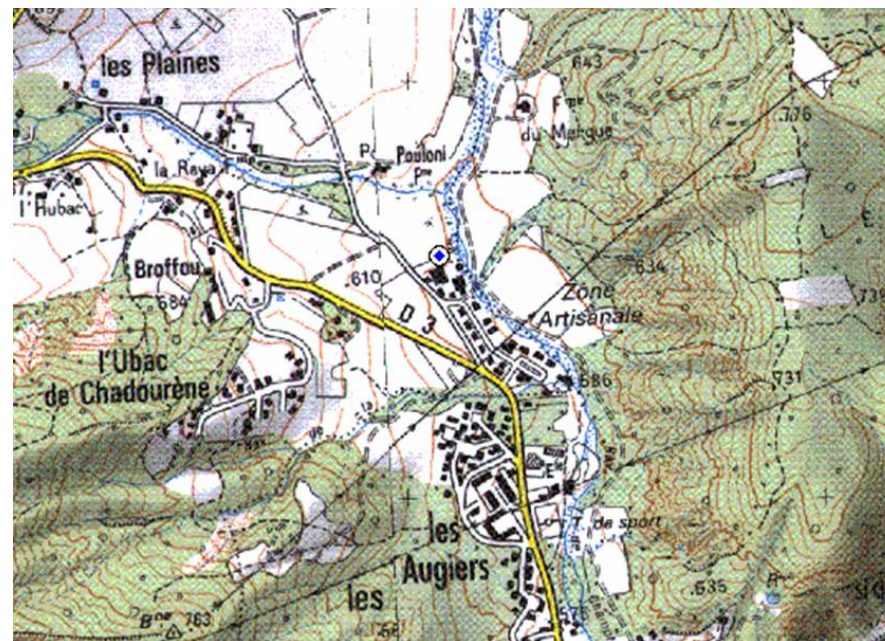
*nr : non renseigné

• Qualité

Y a t'il déjà eu des non conformités ? ☐ Oui ☐ Non

▷ Si oui, date, paramètre(s) et valeur(s) correspondante(s) :

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Bactériologie		
Nitrates		
Pesticides		
Hydrocarbures		



Situation géographique

FICHE CARACTERISTIQUE CAPTAGE AEP COMMUNE DE LE CHAFFAUT-SAINT-JURSON

• Coordonnées

X : 906 791.4 Y : 1 901 914.6 Z : 524 m

Projection Lambert II

• Informations générales

Commune : Le Chaffaut-Saint-Jurson
Propriétaire : Le Chaffaut-Saint-Jurson
Exploitant : Le Chaffaut-Saint-Jurson

Nombre d'usagers desservis : nr*

Type : ☐ Puits ☒ Forage

Type d'aquifère : Alluvions de la Bléone

Distance ouvrage/rivière (m) : 200

• Caractéristiques techniques

Profondeur totale (m) : 10.5

Diamètre (mm) : 3 000

Débit équipé (m³/h) : 24

Volume annuel prélevé (m³/an) : 63 000

Volume maximal mensuel (m³) : 8 000

Pointe journalière (m³/j) : nr

*nr : non renseigné

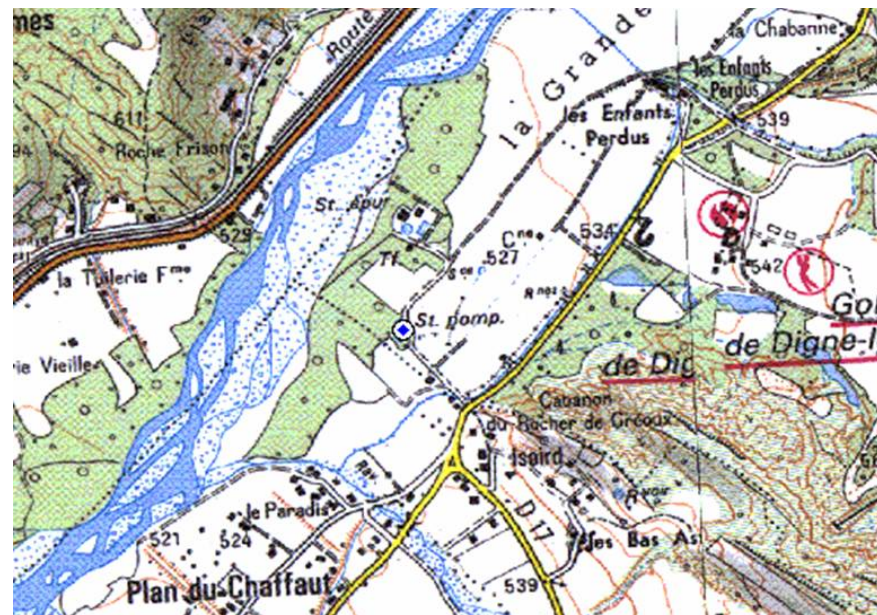
• Qualité

Y a t'il déjà eu des non conformités ? ☒ Oui ☐ Non

▷ Si oui, date, paramètre(s) et valeur(s) correspondante(s) :

fin 1999 / début 2000 : pollution au mercure

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Bactériologie	nr	nr
Nitrates	nr	nr
Pesticides	nr	nr
Hydrocarbures	nr	nr



Situation géographique

FICHE CARACTERISTIQUE CAPTAGE AEP COMMUNE DE BEAUJEU

• Coordonnées

X : 922 701.1 Y : 1 919 496.7 Z : 888 m

Projection Lambert II

• Informations générales

Commune : Beaujeu
Propriétaire :
Exploitant :

Nombre d'utilisateurs desservis :

Type : ☐ Puits ☐ Forage

Type d'aquifère :

Distance ouvrage/rivière (m) :

• Caractéristiques techniques

Profondeur totale (m) :

Diamètre (mm) :

Débit équipé (m³/h) :

Volume annuel prélevé (m³/an) :

Volume maximal mensuel (m³) :

Pointe journalière (m³/j) :

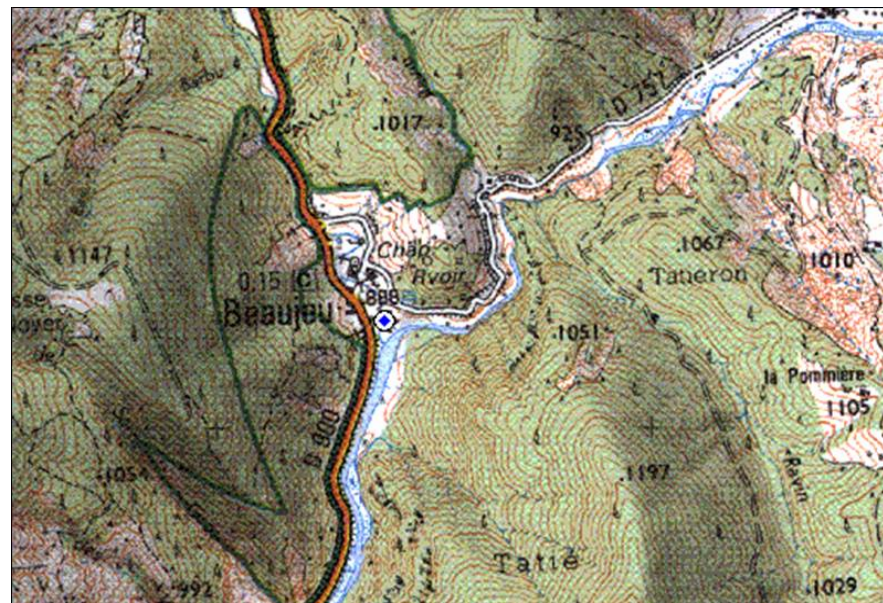
*nr : non renseigné

• Qualité

Y a-t-il déjà eu des non conformités ? ☐ Oui ☐ Non

▷ Si oui, date, paramètre(s) et valeur(s) correspondante(s) :

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Bactériologie		
Nitrates		
Pesticides		
Hydrocarbures		



Situation géographique

FICHE CARACTERISTIQUE CAPTAGE AEP COMMUNE DE MARCOUX

• Coordonnées

X : 915 055.8 Y : 1 911 481.5 Z : 667 m

Projection Lambert II

• Informations générales

Commune : Marcoux
Propriétaire : Marcoux
Exploitant : Marcoux

Nombre d'usagers desservis : nr*

Type : ☒ Puits ☐ Forage

Type d'aquifère : Alluvions de la Bléone

Distance ouvrage/rivière (m) : 124

• Caractéristiques techniques

Profondeur totale (m) : 15
Diamètre (mm) : nr
Débit équipé (m³/h) : 2 x 40

Volume annuel prélevé (m³/an) : 41 558
Volume maximal mensuel (m³) : 5 310
Pointe journalière (m³/j) : nr

* nr : non renseigné

• Qualité

Y a t'il déjà eu des non conformités ? ☐ Oui ☒ Non

▷ Si oui, date, paramètre(s) et valeur(s) correspondante(s) :

Paramètres	Valeur minimale	Valeur maximale
Bactériologie	nr	nr
Nitrates	nr	nr
Pesticides	nr	nr
Hydrocarbures	nr	nr



Situation géographique

ANNEXE 2
—
BASE DE DONNEES PIEZOMETRIQUES

Identifiant	Localisation	Bassin	Cote NGF (m)	Commune	Type d'ouvrage	Profondeur	Hauteur repère	Diamètre	Equipement	Distance à la rivière (m)	Propriétaire	Suivi antérieur
A01	Coulet des fourches	nappe perchée	704.96	Le Brusquet	puits	2.25	0.36	1080	pompe	/	Mr Paire	n
A02	L'Agachette	nappe perchée	689.84	Marcoux	puits	6.74	0.74	1600	/	530	Mr Chairat	n
A03	Carrefour Pigeon Blanc	nappe perchée	692.24	Marcoux	puits	?	0.54	1300	pompe arrosage	320	?	n
A04	Miellerie	nappe perchée	698.63	Marcoux	puits	4.3	0.63	1300	/	530	?	n
A06	Le Bourg	Mardaric	628.30	Digne	puits	5.70	0.70	1130	pompe arrosage	95	?	n
A07	GDF Eglise (Pz 70)	Mardaric	607.54	Digne	piézomètre	15.4	0.00	115	/	55	GDF	o
A08	GDF usine (Pz 60)	Mardaric	607.00	Digne	piézomètre	12.19	0.00	115	/	2	GDF	o
Ar01	La Buisnière	Arigeol	817.39	La Javie	forage	15.73	0.19	125	/	90	?	n
B01	Blégiers	Bléone	911.13	Blégiers	piézomètre	8.40	0.63	52	/	30	SMAB	n
B02	Le Plan	Merderic	794.19	La Javie	puits	3.48	0.39	1100	/	220	?	n
B02a	Décharge Brusquet	Bléone	732.00	Le Brusquet	piézomètre	7.65	0.28	80	/	20	Commune du Brusquet	o
B03	Le Guéni (Hugetto)	Bléone	715.90	Le Brusquet	puits	4.87	0.70	1000	pompe agricole	20	Mr Hugetto	n
B04	Les Ubachons	Bléone	690.38	Marcoux	puits	6.9	0.78	900	/	225	Mr Lion	n
B05	Ravin de Combe Turelle	Bléone	680.55	Marcoux	piézomètre	6.7	0.65	52	/	149	SMAB	n
B06	Chemin de St Martin	Bléone	694.00	Marcoux	piézomètre	?	0.70	52	/	157	SMAB	n
B07	Pré Piouvert	Bléone	677.70	Marcoux	piézomètre	?	0.00	52	/	213	SMAB	n
B08	AEP Digne (piézo 1)	Bléone	670.86	Marcoux	piézomètre	3.95	0.76	100	/	10	Ville de Digne	n
B09	AEP Digne (piézo 2)	Bléone	670.78	Marcoux	piézomètre	?	0.98	100	/	70	Ville de Digne	n
B10	Les Granges Sud	Bléone	666.05	Marcoux	piézomètre	7.46	0.55	52	/	126	SMAB	n
B11	Les Granges (Hugetto)	Bléone	655.07	Marcoux	puits	6.65	1.07	1600	pompe agricole	70	Mr Hugetto	n
B12	Lorion Photo	Bléone	598.20	Digne	piézomètre	7.40	0.00	45	/	560/30	Ville de Digne	o
B13	Parking couvert picine	Bléone-Eaux chaude	590.80	Digne	forage	12.25	0.00	310	pompe	140/45	Ville de Digne	o
B14	Parking Thiers	Bléone-Eaux chaude	595.30	Digne	piézomètre	9.56	0.00	52	/	130/10	Ville de Digne	o
B15	Stade	Bléone	585.00	Digne	forage	9.32	0.00	1550	pompe	30	Ville de Digne	n
B16	Plan des ferréols	Bléone	575.50	Digne	forage	13.00	0.00	600	2 pompe à 12 l/s	40	Ville de Digne	n
B17	Service Technique incinérateur	Bléone	555.45	Digne	forage	7.96	-0.65	260	/	52	Ville de Digne	n
B18	Service Technique serre (329001)	Bléone	555.69	Digne	forage	?	0.79	130	pompe arrosage serres	55	DIREN	o
B19	NEGRO	Bléone	553.90	Digne	piézomètre	?	0.60	135	/	55	?	
B20	NEGRO FACOM (329002)	Bléone	551.20	Digne	piézomètre	7.58	0.00	125	/	135	DIREN	o
B22	Lac de Gaubert	Bléone	539.62	Digne	piézomètre	6.55	0.42	130	/	270	?	
B23	STEP Digne (329004)	Bléone	526.42	Digne les Bains	piézomètre	7.75	0.12	125	/	290	DIREN	o
B24	Le Météore	Bléone	531.50	Aiglun	piézomètre	6.71	0.90	135	/	55	?	
B25	Le Paradis	Bléone	529.90	Le Chaffaut	piézomètre	11.87	0.00	52	/	370	SMAB	n
B26	La Tuilerie Vieille	Bléone	518.10	Aiglun	puits	4.1	0.20	?	pompe arrosage	155	?	n
B28	Ponti sud	Bléone	513.80	Le Chaffaut	piézomètre	5.64	0.00	52	/	274	SMAB	n
B29	Puits communale Le Chaffaut	Bléone	520.30	Le Chaffaut	puits	?	0.80	?	/	530	Commune du Chaffaut	n
B30	Pont du Chaffaut RG	Bléone	510.20	Le Chaffaut	piézomètre	7.38	0.90	52	/	285	SMAB	n
B31	Font Lèbre	Bléone	509.71	Aiglun	puits	2.98	0.81	980	/	410	Mr Tavernier	n
B32	Les Paluds Est	Bléone	506.17	Mallemoisson	forage	3.84	0.27	400	pompe 4 m3/h	680	?	n
B33	Pont du Chaffaut RD	Bléone	504.05	Mallemoisson	piézomètre	6.29	0.75	52	/	306	SMAB	n
B34	Mellano	Bléone	512.70	Le Chaffaut	puits	8.02	0.68	500	/	440	?	n
B35	Lycée Agricole	Bléone	499.20	Le Chaffaut	forage	4.60	0.50	2000	pompe agricole	100	?	n
B36	Les Paluds	Bléone	501.14	Mallemoisson	forage	6.00	0.44	200	pompe	710	Mr Tesston	n
B38	Ferraud Est	Bléone	501.00	Mallemoisson	forage	4.48	0.10	50	pompe	720	Mr Ferraud	n
B39	Les Grillons parisiens	Bléone	499.07	Mallemoisson	forage	4.80	0.27	52	pompe	560	Mr Bartolli	n
B41	Les Grillons (BRGM)	Bléone	491.66	Mallemoisson	piézomètre	5.25	0.26	210	Limnigraphe BRGM	210	BRGM	o
B42	La Tuilière	Bléone	486.70	Le Chaffaut	forage	11.5	-0.60	175	pompe	150	?	n
B44	La Cornerie (Pz4)	Bléone	485.75	Mallemoisson	piézomètre	8.00	0.65	52	/	250/190	Ville de Digne	o
B45	La Cornerie (Pz7)	Bléone	483.55	Mallemoisson	piézomètre	8.00	0.55	52	/	80/45	Ville de Digne	o
B46	La Cornerie (Pz8)	Bléone	485.00	Mallemoisson	piézomètre	8.00	0.50	52	/	280/25	Ville de Digne	o
B47	Tarrelle Sud	Bléone	475.70	Mirabeau	puits	7.80	0.70	120	/	200	?	n
B48	Plan Fontenelle (329015)	Bléone	466.05	Mirabeau	piézomètre	7.12	1.05	130	/	115	DIREN	o
B49	Parc à chevaux (329014)	Bléone	459.03	Mirabeau	piézomètre	7.5	0.93	130	/	140	DIREN	o
B50	Haras (329013)	Bléone	455.97	Mirabeau	piézomètre	7.30	1.17	130	/	100	DIREN	o
B51	Perasso RG (329016)	Bléone	449.01	Malijai	piézomètre	7.97	1.01	130	/	20	DIREN	o
B52	Perasso Est (329007)	Bléone	446.06	Mirabeau	piézomètre	7.63	1.06	130	/	170	DIREN	o
B53	Perasso Ouest (329009)	Bléone	447.11	Mirabeau	piézomètre	?	0.80	130	Limnigraphe DIREN	180	DIREN	o
B53a	Chauvet haut	Bléone	440.50	Malijai	piézomètre	?	1.00	52	/	364	?	o
B53b	Chauvet bas	Bléone	438.20	Malijai	piézomètre	?	0.60	90	/	270	?	o
B54	Barrage EDF (329010)	Bléone	434.10	Malijai	piézomètre	3.82	0.50	90	/	180	DIREN	o
B54a	Garage N85 (329017)	Bléone	433.05	Malijai	piézomètre	?	1.05	90	/	260	DIREN	o
B55	Tennis (329012)	Bléone	430.34	Malijai	piézomètre	12.40	0.94	90	/	140	DIREN	o
B56	Tennis Nord (32900?)	Bléone	430.72	Malijai	piézomètre	19.15	1.02	90	/	210	DIREN	o
B57	La Basse Plaud	Bléone-Durance	416.30	L'Escale	piézomètre	9.91	0.30	130	/	276/220	?	o
B58	Varzelles	Bléone-Durance	419.80	Les Mées	puits	?	1.10	?	pompe agricole	870/1020	?	n
Bès01	Le Vernet	Le Bès	1205.70	Le Vernet	piézomètre	?	0.00	52	/	50	SMAB	n
Bès02	Verdaches	Le Bès	1116.30	Verdaches	piézomètre	?	0.70	52	/	78	SMAB	n
Bès03	Le Moulin	Le Bès	744.80	La Robine	forage	8.00	0.00	120	/	85	Mr Melin	n
Bès03a	Le Moulin profond	Le Bès	743.90	La Robine	forage	17.00	0.60	120	pompe	79	Mr Melin	n
Bès05	Centre équestre RD	Le Bès	638.23	Digne	piézomètre	4.20	-0.70	235	/	7	Ville de Digne	o
D01	Les Patouilles	Les Duyes	790.45	Thoard	puits	7.72	0.45	1100	/	138	Mr Julien	n
D02	L'Adrech forage	Les Duyes	785.59	Thoard	forage	13.00	0.29	155	60m3/h	27	?	n
D03	La Bastide	Les Duyes	767.26	Thoard	piézomètre	12.15	0.66	52	/	53	SMAB	n
D04	Camping	Les Duyes	750.80	Thoard	puits	4.1	0.70	1100	/	35	?	n
D05	La Grande Bastide Nord	Les Duyes	749.80	Thoard	piézomètre	14.94	1.00	52	/	30	SMAB	n
D06	La Grande Bastide Sud	Les Duyes	747.95	Thoard	piézomètre	12.28	0.65	52	/	60	SMAB	n
D07	Les Bourres	Les Duyes	700.14	Thoard	forage	13.00	0.14	130	pompe 3 m3/h	120	Mr Pourriere	n
D08	Les Beauduns	Les Duyes	578.60	Barras	piézomètre	10.15	0.70	52	/	25	SMAB	n
D09	Les Thumins	Les Duyes	524.80	Mirabeau	puits	11.00	-3.50	1100	/	400	?	n

ANNEXE 3

—

DETAILS DES DONNEES EXISTANTES SUR LE RESERVOIR ALLUVIAL

VALLEE DE LA BLEONE

➤ **Commune de Prads-Haute-Bléone**

D'après une étude géotechnique sur le pont de la Favière (CD 107), des sondages montrent une épaisseur d'alluvions supérieure à 12.50 m au centre du lit, tandis qu'elle n'est que de 4.45 m en rive gauche, reposant sur les schistes du Lias.

Lors des travaux de reconnaissance, le niveau de la nappe a été mesuré à -0.50 m/TN en rive gauche, et -1.30 m/TN au centre du lit.

➤ **Commune de la Javie**

Au niveau du pont de la Bléone, les alluvions ont été identifiées sur une épaisseur minimale de 16 m en rive gauche et de 10 m dans le lit de la Bléone (CETE, 1974).

➤ **Commune de Marcoux**

La vallée de la Bléone sur la commune de Marcoux est relativement bien connue, par l'intermédiaire de nombreuses études réalisées dans le cadre des captages d'AEP pour les communes de Marcoux et de Digne-les-Bains. A cela viennent s'ajouter deux études géotechniques réalisées sur le pont de la Bléone de la RD 322 et du CD 900.

✓ Concernant l'étude du CD 900 (Pont sur le Bouinenc), une étude menée en 1987 par Fondasol donne les résultats suivants :

- en rive gauche, une épaisseur d'alluvions (galets et graviers) de 2.40 m/TN, puis 4.90 m de limons avant d'arriver au schiste formant le substratum (toit des schistes à 679.35 mNGF). Le niveau de la nappe a été mesuré à -1.80 m/TN (soit 686.05 mNGF),
- au centre du lit, les alluvions, saturées en eau, développent une puissance de 2.80m, puis viennent 5.70m de limons, et des schistes à partir de 677.75 mNGF. La cote de la rivière est à 686.45 mNGF, soit 20cm au dessus du fond du lit,
- en rive droite, les graviers limoneux atteignent 3.50m, puis 7.10m de limons, et enfin les schistes, présents à 676.50 mNGF. Le niveau de nappe est mesuré à -0.70 m/TN (soit 686.40 mNGF).

✓ Dans l'étude du pont de la RD 322 sur la Bléone (Géo+, 1997), on nous donne :

- en rive droite, 13.80m de galets et graviers sableux, avec des passées sableuses recouvrant des marnes gris noirâtres. Le niveau de la nappe est à 1m sous le TN,
- au centre du lit, les alluvions ont une épaisseur de 17.70m, reposant sur les marnes,
- en rive gauche, l'épaisseur des graviers et galets sableux n'est que de 3.60m avant de trouver les marnes.

✓ Le captage AEP de la commune de Marcoux a été l'objet d'une étude approfondie comprenant des essais de pompage, permettant de déterminer les temps de transfert de polluants, la transmissivité de l'aquifère, etc. (BRGM, 1984).

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
ANNEXES

Le puits d'un diamètre de 400mm et profond de 15m, se situe au lieu-dit les "Roubauds", en aval du pont de Marcoux sur la Bléone, à la cote NGF 669.00. Il est crépiné entre 6 et 12 mètres de profondeur, avec un niveau de nappe stabilisé à -1.70 m/TN (soit 667.30 mNGF). Le débit moyen journalier est de 100 m³/j, avec un débit maximal de pompage de 25 m³/h. Les résultats de l'étude BRGM sont les suivants :

- transmissivité de 1.10^{-1} à 3.10^{-2} m²/s,
- pente des écoulements de la nappe $i = 0.003$,
- porosité $\mu = 0.01$,
- rabattement r pour un débit donné : 4.5m pour 30m³/s, 2.3m pour 20 m³/s et 1.7m pour 16 m³/s,
- épaisseur des alluvions mouillées : 6 m,
- temps de transfert d'un polluant est estimé à 10 jours pour une distance 40 mètres en amont hydraulique.

✓ Un ancien champ captant de la commune de Digne-les-Bains, composé de 4 puits (6 à 7 m de profondeur) datant de 1950 à 1953 est situé sur la commune de Marcoux en aval du pont du même nom, en rive droite de la Bléone, et jouxtant le captage communal AEP. Ces captages sont inutilisés à l'heure actuelle, remplacés depuis 1969/1970 par un champ captant situé en amont du pont (Karpoff, 1979).

L'ancien champ captant a fait l'objet d'une campagne de pompage d'essai en 1967. Ces essais se sont effectués sur 93 heures, avec un rabattement annoncé de 0.10 m (?), pour un débit initial de 158 m³/h et un débit final de 160 m³/h. La remontée s'est effectuée de la façon suivante : 0.82 m/mn sur les trois premières minutes, puis 0.52 m/mn pour la quatrième et 0.47 m/mn durant les cinquième et sixième minutes, soit un niveau stabilisé final à - 2 m/TN, et une remontée totale de 3.92 m (Pairis, 1967).

Un essai de pompage a été réalisé sur les nouveaux forages (amont du pont) et donne des résultats similaires (BEG - BRGM, 1970).

Cet essai s'est effectué sur une durée totale de 18 heures dont 12 en pompage, pour un débit de 160 m³/h, et donne les résultats suivants :

- rabattement : 4.02 m,
- transmissivité : $1,2.10^{-1}$ m²/s,
- perméabilité : 5.10^{-3} m/s,
- coefficient d'emmagasinement : 1/1000^e.

Cette campagne d'investigations fut complétée par de la géophysique (16 sondages électriques), permettant de déterminer l'épaisseur des alluvions reposant sur un substratum formé de marnes noires, épaisseur de 20.5 m, avec un niveau de nappe mesuré à - 3.70m/TN (BEG - BRGM, 1970).

Actuellement 3 puits sont en activité, les deux puits amont depuis 1969 (appelés A et B), le puits aval depuis 1982 (appelé C), dont les caractéristiques sont les suivantes (Karpoff, 1979 ; BRGM, 1986) :

- le puits A est profond de 15.50 m pour un diamètre de 3m, avec une cote de référence de 673.69 mNGF. Il traverse des alluvions grossières sur environ 25 m avant d'atteindre le substratum. La nappe fut mesurée à 671.04 mNGF en mars 1979, 669.70 en octobre 1970,
- le puits B possède les mêmes caractéristiques que le puits A, avec une cote à 674.80. La niveau stabilisé de la nappe a été observé à la cote 671.83 mNGF en 1979, 669.80 mNGF en 1970,

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
ANNEXES

- le puits C situé à la cote 675.47 mNGF, est profond de 21 m, pour un diamètre de 3 m. Il recoupe les alluvions sur 20 m avant de trouver les marnes schisteuses à la cote 655.47 mNGF. Le niveau de la nappe a été mesuré à - 3.50 m/TN (671.97 mNGF) en 1986.

Au niveau du puits A, on note la présence de 31 m d'alluvions dont 28 mouillées, et pour le forage d'essai (F, à proximité de C), on a 21.20 m d'alluvions dont 18 mouillées (IntraofoCofor, 1980). Durant les travaux, le débit à l'exhaure varie de 200 à 220 m³/h, pour un débit d'exploitation gravitaire de 70 l/s (Karpoff, 1979).

De nombreux pompages d'essai ont été réalisés sur cette zone, les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Caractéristiques	Puits amont A	Puits amont B	Forage d'essai F
Rabattement	9 m pour 198 l/s	/	1.10 m pour 45 l/s
Transmissivité (T)	3,5.10 ⁻² m ² /s (BRGM, 1986) 1,2.10 ⁻² m ² /s (Karpoff, 1979) 3.10 ⁻² m ² /s (IntraofoCofor, 1980)	5.10 ⁻² m ² /s (BRGM, 1986)	1.10 ⁻¹ m ² /s (BRGM, 1986) 1,8.10 ⁻¹ m ² /s (Karpoff, 1979) 1,2.10 ⁻¹ m ² /s (IntraofoCofor, 1980)
Coefficient d'emménagement	4.10 ⁻³ (BRGM, 1986) 4,8.10 ⁻⁴ (Karpoff, 1979)	/	1,6.10 ⁻³ (BRGM, 1986) 1,6.10 ⁻³ (Karpoff, 1979)

Synthèse des résultats des essais de pompage menés sur le champ captant de Digne-les-Bains

Les temps de transfert d'une pollution sont estimés à 10 jours, pour une distance de :

- 15 m en provenance de la rivière,
- 170 m en provenance de l'amont.

Des analyses effectuées le 7 juillet 1986 sur eau brute, nous donne les informations suivantes (BRGM, 1986) :

- pH = 7.4,
- dureté totale = 20,
- TAC = 14,
- sulfates = 5 mg/l,
- chlorures = 75 mg/l,
- bactériologie conforme.

Des analyses d'eau (type B3C3) montrent de fortes teneurs en bicarbonates, fluor, et sulfates en raison de la présence de gypse à la base du Lias. De plus les analyses bactériologiques montrent la présence streptocoques et bactéries aérobies à 22°C (Gravost, 1999).

➤ Commune de Digne-les-Bains

✓ Au niveau du nouveau pont de Digne-les-Bains sur la RN 85 (ERG, 1997), on observe :

- en rive droite, des limons argilo-caillouteux de couleur beige sur une épaisseur de 10 m, puis des graves sableuses marron sur 6.50 m surmontant des poudingues marron beige à passées marneuses (cote du toit à 564.80 mNGF),
- au centre du lit de la Bléone (hors d'eau), des limons sableux gris sur 8.50 m, des graves sableuses marron sur 2.50 m puis les poudingues (cote de

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
ANNEXES

toit 564.70 mNGF). Le niveau de nappe a été observé à -0.60 m/TN (575.10 mNGF),

- en rive gauche, les limons sableux gris noirâtre et galets d'une épaisseur de 10.5 m puis le substratum (poudingues, cote du toit : 564.50 mNGF)

✓ Des sondages géotechniques ont été réalisés au droit du pont SNCF au sud de la ville de Digne-les-Bains, en vue de l'implantation de la déviation de la RN 85. Ces sondages font état d'une couche de cailloutis et sables limoneux sur 2.60 m, suivis de cailloutis, graviers et sables limoneux avec des passages très limoneux et quelques blocs à partir de 10 mètres de profondeur, avant d'arriver au substratum marneux avec des passages gréseux, légèrement altérées sur le premier mètre (toit des marnes à 557.50 mNGF). Le niveau de nappe a été mesuré à -3.55m/TN, soit 567.05 mNGF (Sol Provençal, 1993).

✓ La commune de Digne-les-Bains possède en outre ses captages à Marcoux, un forage au hameau des Courbons, au lieu-dit "le Gomar". Ce forage a été réalisé en 1987, sur une profondeur de 25 m pour un diamètre de 110 mm. Il n'est utilisé que lorsque le débit du captage de la source à proximité est insuffisant. Le forage est équipé d'une pompe 4", fixée à 22 m de profondeur/TN, pour un débit de 1 à 1,5 m³/h à l'étiage (Gravost, 1989). Un essai de pompage donne un débit maximal de 66.458 m³/j (soit 0.77 l/s).

La nappe exploitée est libre à semi captive avec un écoulement NE à SW. Son aquifère est composé de roches calcaires et marno-calcaires injectées de lentilles marneuses, gypses et cargneules, reposant sur un substratum semi-perméable composé de marnes, grès et conglomérats du Mio-pliocène.

✓ Au lieu-dit "Pancrace" au dessus du quartier des Seyes en rive droite de la Bléone (torrent du Rouveret), un forage nous donne 9 m d'alluvions suivis de 12 m de marnes avant d'arriver aux poudingues (Alpes Forages, 1971).

✓ Au niveau de l'hôpital psychiatrique de Digne-les-Bains en rive droite de la Bléone, un sondage ETF (1967) fait apparaître une épaisseur d'alluvions de 1.10 m, surmontant 2 m de limons avant d'atteindre le substratum argileux.

➤ Commune d'Aiglun

Les seules informations au sujet de cette commune concernent le forage AEP situé en rive droite de la Bléone, en amont de l'Espace Bléone.

En 1963, Mr Gidon, hydrogéologue agréé, indique une épaisseur d'alluvions d'environ 30m, avec un niveau de nappe à environ -4 m/TN.

En 1983, Mr Mercier, autre hydrogéologue agréé, nous donne une épaisseur d'alluvions comprise entre 20 et 30m, et reposant sur des marnes sableuses miocènes. Le niveau de nappe est mesuré à -3.50 m/TN.

Le puit d'une profondeur de 17 m et d'un diamètre de 3m est équipé de 2 pompes alternées de 100 m³/h, pour un débit moyen journalier de 510 m³/j (Mercier, 1983). L'eau du captage AEP est distribuée sans traitement.

➤ Commune du Chaffaut-Saint-Jurson

✓ La commune du Chaffaut possède un captage AEP en Bléone, situé en rive gauche directement en aval de la STEP de Digne-les-Bains.

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
ANNEXES

Le forage traverse les alluvions de la Bléone sur 8.50m avant d'atteindre les molasses (toit du substratum à 516.50 mNGF). Les eaux de la nappe se stabilisent à -1.50 m/TN (523.50 mNGF). Le débit de service est de 10 m³/h (BRGM, 1987).

Des essais de pompage ont été menés par le BRGM en juillet 1997, et donnent les résultats suivants :

- transmissivité : 5.10^{-2} m²/s,
- porosité efficace : 10%,
- pente de la nappe : 5.10^{-3} ,
- le temps de transfert d'une pollution est estimé à 3 semaines.

Les eaux captées sont de type bicarbonaté calcique et sulfaté (~ 47 mg/l de sulfates). La dureté de l'eau est de 37° français (BRGM, 1997).

✓ Au niveau du pont du Chaffaut sur la RD17, des sondages font apparaître les terrains suivants (Fondasol, 1997) :

- en rive droite, une couverture argileuse avec racines, blocs, galets et limons noirâtres sur 2.25m, puis des alluvions graveleuses avec galets et blocs sur 8.20 m, des sables graveleux et galets noirâtres (5m), puis des sables argileux gris à cailloutis plastiques. Le niveau de la nappe est observé à -2.20 m/TN,
- en rive gauche, on rencontre des limons et cailloutis sur 0.90m, des remblais sur 1.70m, puis des graviers sableux et des sables argileux à passées marneuses d'une épaisseur supérieure à 120m. Le niveau de nappe a été mesuré à -3.10 m/TN.

➤ Commune de Mallemoisson

✓ Le captage de Mallemoisson en Bléone est un captage récent situé environ 450m en aval du pont du Chaffaut, et 70m en rive droite de la Bléone. Le captage est en zone inondable à risque sismique 1b (04 Ingénierie, 1996).

Le captage est situé dans des alluvions essentiellement graveleuses et légèrement argileuses du lit majeur de la Bléone. Le substratum dont la cote du toit est inconnue, est constitué de poudingues, grès et marnes dis de Valensole (04 Ingénierie, 1996).

Le puits a été réalisé entre 1978 et 1979, et mesure 17m de profondeur pour 3 m de diamètre. Au cours des essais de puits, la perméabilité a été estimée à 10⁻³ m/s, et le rayon d'influence à 200m pour un rabattement de 2m (Durozoy, 1977).

Le débit d'exploitation est de 72 m³/h pour un débit maximum de 576 m³/j (autorisation du 17 août 1979).

✓ Un piézomètre implanté par le BRGM en 1987 dans la forêt domaniale de Mallemoisson, donne le substratum argileux à 21.5 m sous le TN.

✓ Un autre point noir concernant la nappe de la Bléone, dans la zone de Mallemoisson, est l'ancienne décharge de Digne-les-Bains, dite « de la Cornerie ».

Ce site est implanté sur des alluvions de la Bléone, épaisses d'une vingtaine de mètres, avec un niveau stabilisé de nappe compris entre 2 et 3 mètres suivants le site (-2.60 m/TN en 1977, soit 478 mNGF). Cette nappe est alimentée en partie par les apports de versants, et en partie par la Bléone, dont le lit vif est en équilibre relatif avec la nappe (la pente est

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
ANNEXES

identique à celle de la rivière). Un suivi piézométrique de 1976 montre que la nappe réagit faiblement coté Bléone face aux précipitations, tandis que coté versant, le lien est direct (Gester, 2000).

La décharge est traversée par l'*adou* des Faïsses, qui draine les massifs de déchets. Son débit est de 25 à 30 l/s (Gester, 2000).

✓ Depuis 1993, on observe régulièrement, sur le captage AEP communal, des pollutions aux hydrocarbures (HAP), solvants halogènes, et coliformes thermotolérants (Préfecture, 1998). La DDASS a décidé en 1996 d'ouvrir une enquête afin de déterminer les sources potentielles de pollutions, et a conclu que ces pollutions récurrentes pouvaient être le fruit :

- de vidanges sauvages de véhicules au sein même du périmètre de protection rapprochée,
- d'éléments polluants encore contenus dans la décharge du Chaffaut, actuellement interdite,
- de problèmes liés aux établissements COSEPI, situés en amont du captage.

A la suite de quoi, la Préfecture a menée une inspection de ces établissements, et a observés que les aires de lavage des véhicules ne comportaient pas de protection étanche, d'où des rejets directs dans le milieu naturel, la trace de brûlis de déchets en bordure de Bléone, et le colmatage partielle de la buse d'évacuation des eaux de ruissellement.

✓ La nappe alluviale au droit de la décharge de la Cornerie représente une ressource peu importante et mal protégée (Gester, 1999).

Des analyses d'eaux (Gester, 1999) montrent une faible contamination par :

- hydrocarbures (0.1 à 0.4 mg/l),
- mercure (0.004 mg/l Hg),

et ponctuellement beaucoup plus forte en :

- fer (0.34 à 0.72 mg/l),
- cyanures (0.09 mg/l),
- azote (2 à 47 mg/l),
- phosphore total (6.1 à 13 mg/l),
- DCO (110 à 450 mg/l),
- les matières en suspension (MES) varient entre 34 mg/l et 20 000 mg/l.

➤ **Commune de Malijai**

✓ Dans le cadre de la surveillance du barrage EDF installé dans le village de Malijai, de nombreux piézomètres ont été implantés autour de l'ouvrage, nous permettant d'obtenir des informations quant à la profondeur du substratum (poudingue de Valensole) et par conséquent de l'épaisseur des alluvions, ainsi que du niveau de la nappe au moment des travaux (Bureau d'Etudes Rey, 1958).

Identifiant	Cote sol NGF (m)	Cote NGF substratum (m)	Epaisseur des alluvions (m)	Niveau de nappe mesuré	Mesures de perméabilité (m/s)
-------------	------------------	-------------------------	-----------------------------	------------------------	-------------------------------

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
ANNEXES

				(mNGF)	
BL 10	430.00	425.50	4.50	429.11	nm
BL 11	429.50	423.50	6.00	428.98	nm
BL 12	432.40	423.63	8.77	429.20	$6,7.10^{-3}$ à 2.10^{-4}
BL 13	432.80	423.65	9.15	429.59	10^{-2} à 5.10^{-5}
BL 14	433.40	419.35	14.05	429.30	$1,5.10^{-2}$ à $< 10^{-6}$
BL 15	430.50	408.60	20.45	428.90	5.10^{-2} à $< 10^{-6}$
BL 16	434.30	416.45	17.85	430.85	10^{-3} à 5.10^{-4}
BL 17	431.50	403.25	28.25	429.02	10^{-3} à 5.10^{-4}

Résultats des sondages sur le site du barrage EDF de Malijai

✓ La commune de Malijai possède un forage pour l'alimentation en eau potable de la commune, situé au niveau du stade de football municipal.

Ce forage traverse les alluvions sur 23.30m avant de rencontrer les poudingues (toit du substratum 414.70 mNGF) (Cathabard, 1978).

Le niveau stabilisé de la nappe était mesuré à 9.30m en 1977, et 9.28 m en 1978. Des essais de pompage ont permis de déterminer une perméabilité de 2.10^{-3} m/s à -9.50m, et 7.10^{-4} m/s à -22m. La pente de la nappe est estimée à 0.001, avec une porosité efficace de 5%. Une pollution déclarée à 30m en amont du forage mettrait 10 jours avant d'arriver au forage, pour un débit de pompage de 40 m³/h

✓ En aval du pont sur la Bléone du CD 4 à Malijai, on rencontre des alluvions sableuses à gros éléments sur 3.50m, puis des poudingues très cimentés. Des essais de perméabilité de type Mandel-Lefranc donnent des valeurs de $3,9.10^{-3}$ m/s vers -1.40 m/TN, et 6.10^{-4} vers -2.50m. Le niveau de la nappe est situé à -1.20 m/TN (CETE, 1980).

En amont du pont, on ne traverse les alluvions que sur 2.50m avant d'atteindre les poudingues. Le niveau de la nappe a été mesuré à -0.10m, et les essais de perméabilité donne une valeur de $6,6.10^{-3}$ m/s vers -0.30 m/TN (CETE, 1980).

✓ Au niveau de la déviation de Malijai, deux séries de sondages ont été effectuées afin d'évaluer la faisabilité du projet, la première série à l'actuel rond-point amont, et la seconde au droit du pont qui enjambe la Bléone (Fondasol, 1987).

- Au niveau du rond-point, on trouve 2m d'alluvions (graviers, sables et galets), puis des argiles marron à gris sur 2.10m avant d'atteindre les poudingues (toit de l'aquifère à 431.71 mNGF, toit des poudingue à 429.61 mNGF). La nappe est observable à partir de -2 m/TN.
- Au niveau du pont de la Bléone, en rive gauche, le sondage recoupe des limons noirâtres sur 1.60m, des alluvions sur 2.50m, puis les poudingues (toit à 429.90 mNGF). Au centre du lit, les alluvions noyées sont présentes sur 6.40m avant de laisser la place à des poudingues compacts à passées argileuses (toit à 425.60 mNGF). En rive droite, l'étude fait apparaître 1.60m de limons noirâtres avant de retrouver des alluvions argileuses à compacts

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
ANNEXES

sur 7.20m, le tout surmontant des poudingues (toit à 425.37 mNGF). Le niveau de la nappe se stabilise vers -1.60 m/TN

VALLEE DU BES

➤ Commune de Verdaches

Suite à des essais géotechniques effectués sur le pont de la RD900a (Fondasol, 1997), il ressort que les alluvions, composées de graviers, sables et blocs, atteignent une épaisseur d'environ 9.50 à 10 mètres, surmontant une couche de sables limoneux (épaisseur 1.50 m), puis vraisemblablement le substratum (non identifié au cours de cette campagne).

➤ Commune de Barles

Au niveau du pont de St Clément :

- en rive gauche, les alluvions sont peu épaisses, puisque des niveaux calcaires apparaissent entre 0.30 et 1.30 m sous le terrain naturel, le tout reposant sur des marnes,
- en rive droite, le substratum marno-schisteux apparaît vers -2.70 m/TN.

➤ Confluence Bès / Bléone

C'est légèrement en amont de la confluence avec la Bléone, que la ville de Digne-les-Bains a décidé de prospecter pour l'exploitation de la nappe d'accompagnement du Bès, afin de compléter leur réseau d'AEP.

Pour ce faire, une campagne géophysique (sismique réfraction + sondages électriques) a été réalisée en juillet 1999. Cette campagne a permis de mettre en évidence une épaisseur d'alluvions variant entre 12 et 23 mètres (Ducieux, 1999).

Afin de compléter cette prospection trois forages vont être réalisés, et suivront des essais de pompage 72 heures. Cette intervention est prévue pour fin 2002.

VALLEE DES DUYES

➤ Commune de Thoard

Les données sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Localisation	Pont du Chevalet		Pont des Duyes sur la RD17		Pont du ravin des Peipin, RD3	
Rive gauche	0 – 4.20	alluvions sablo-graveleuses	0 – 3.20	argiles	0 > 12.00	alluvions gravelo-limoneux

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
ANNEXES

	> 4.20	conglomérats à passées argilo-sableuses et gréseuses	> 3.20	marnes		
Milieu du lit					0 > 12.00	alluvions
Rive droite	0 – 3.60 > 3.60	alluvions conglomérats	0 – 4.80 > 4.80	argiles marnes	0 – 11.80 > 11.80	alluvions poudingue
Remarques			Toit des marnes à 737.80 mNGF en rive gauche et 733.00 en rive droite		Toit des poudingue à 710.14 mNGF en rive droite Niveau de la nappe à - 5.40 m/TN (717.14 mNGF) en rive droite, et - 5.30 m/TN (717.35 mNGF) au centre du lit	

Synthèse des données existantes sur la vallée des Duyes

➤ **Commune de Mallemoisson**

Au niveau de la commune de Mallemoisson, on trouve au droit du pont de la RD17 :

- en rive droite, 8.40m d'alluvions puis des marnes grises formant le substratum,
- en rive gauche, 3.60m d'alluvions puis des marnes beiges à grises

AUTRES AFFLUENTS

➤ **Vallée de l'Arigéol (Commune de Beaujeu)**

✓ La commune de Beaujeu (Rousset, 1992) possède un forage situé sur un replat alluvial au confluent du ruisseau de Combe Fère et du torrent du Galèbre, près de la digue en rive droite, dans les alluvions caillouteuses du torrent. Le forage atteint 7 mètres de profondeur (873 mNGF), et présentait un niveau de nappe à -4 m/TN. Les eaux de nappe captée sont de type carbonaté calcique (Fondasol, 1987).

Le lit du torrent présente un colmatage important, ayant une influence directe sur le captage, le débit de la nappe semble en effet être tributaire des eaux du Galèbre. Toutefois, les eaux du torrent ne sont pas la seule origine des eaux de la nappe.

✓ Dans le cadre de la campagne de reconnaissance géotechnique pour la déviation de Beaujeu (CD900), cinq sondages ont été réalisés (Fondasol, 1987), et nous donnent les résultats suivants, de l'amont vers l'aval :

Localisation	Lithologie	Niveau statique mesuré (mNGF)
--------------	------------	-------------------------------

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
ANNEXES

Déviatiion rive droite	schistes	/
Déviatiion rive gauche amont	0 – 3.60 éboulis schisteux avec sables et graviers > 3.60 schistes	892.70 (-1.40 m/TN)
Déviatiion rive gauche	0 – 0.70 limons et sables 0.70 – 6.10 éboulis de schiste et graviers à matrice limoneuse > 6.10 schiste	892.00 (- 2.05 m/TN)
Eglise rive gauche	0 – 3.30 limons gris noir > 3.30 schiste	887.60 (-1.25 m/TN)
Village rive gauche	0 – 1.80 limons 1.80 – 3.70 sables 3.70 – 7.90 éboulis schisteuse à matrice limoneuse > 7.90 schistes	877.6 (-1 m/TN)

Résultats de la campagne géotechnique sur la commune de Beaujeu (1987)

On notera que le fond du lit de la rivière a été mesuré à :

- 892 mNGF au niveau du pont de la déviation,
- 887.60 mNGF en contrebas de l'église,
- 884.8 mNGF au niveau du village aval.

➤ **Vallée des Eaux Chaudes**

✓ Une étude relative à la prospection pour de nouvelles ressources en eau pour les Thermes de Digne-les-Bains, fait état du toit des calcaires à 22.10 mètres (BRGM, 1979).

✓ Au droit du pont du Pigeonnier, sur la RN20 (Digne-les-Bains), les alluvions grossières (e = 7.20m), surmontent en rive droite, des marnes gris-noir (e = 2.20 m) et des schistes gris présentant des arrivées d'eau (cote de l'aquifère marneux 598.25 mNGF, cote des schistes 596.05). Le niveau de nappe est mesuré à -1.80 m/TN ou 603.65 mNGF.

En rive gauche, les alluvions ont une puissance de 7.60 m, dont une épaisseur mouillée de 5.70m (niveau stabilisé à 603.6 mNGF). Elles reposent sur un horizon marneux de faible ampleur (0.90m) surmontant des schistes fracturés (597 mNGF).

➤ **Ravin de St Martin (Commune de Champtercier)**





La commune de Champtercier est doté d'un forage AEP situé au nord de la ZA des Augiers, en rive droite du torrent de St Martin. D'après Mr Durozoy, hydrogéologue agréé (BRGM, 1983), le captage serait totalement déconnecté du torrent, car séparés par un niveau argileux.

Le puits a été foré sur 44 mètres (fond à 548 mNGF), et traverse des argiles compactes sur 10 m, puis des galets et argiles sur 12 m avant d'atteindre des argiles noires très compacts formant le substratum de l'aquifère (toit des argiles à 570 mNGF).

La température de l'eau dans le captage avant pompage était de 8.5°C. Après travaux, le niveau de la nappe s'est stabilisé à -2.50 m/TN, soit 589.50 mNGF.








ANNEXE 4
—
COUPES LITHOLOGIQUES
DES PIEZOMETRES REALISES DURANT LA CAMPAGNE D'INVESTIGATIONS
COMPLEMENTAIRES (GEOTEC)

CF. TABLEAU 6 POUR LA CORRESPONDANCE DES NUMEROS IDENTIFIANTS

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Module Pressiométrique	Pression de fluage	Pression limite
					E (MPa)	Pf* (MPa)	Pl* (MPa)
	0.00				1 10 100 1000	0.1 1 10	0.1 1 10
		 sable, graviers et galets	1.70m 	TUB 90			
-8.60	8.60						
-9.00	9.00	 marne beige crème					
-9.50	9.50	 marne grise-bleue					




Observations : Piézomètre de 9.50m de longueur, diam 52/60
crépiné de 1.00 à 5.00m avec tête de protection

Modèle : c-pre
Sous modèle :

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Module Pressiométrique	Pression de fluage			Pression limite		
					E (MPa)	P* (MPa)			Pl* (MPa)		
	0.00				1 10 100 1000	0.1 1 10		0.1 1 10			
-2.00	2.00	 limon brun	2.60m  	ODEX 90							
-3.00	3.00	 argile à cailloutis									
-4.60	4.60	 limon brun sablo-graveleux									
-5.80	5.80	 graviers									
-7.00	7.00	 substratum (schiste ?)									

Observations : piézomètre de 7 m de long, diamètre 52/60, crépiné de -2 à -7 m avec tête de protection.

Modèle :
 Sous modèle : -c-pre

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Module Pressiométrique E (MPa)				Pression de fluage P* (MPa)			Pression limite Pl* (MPa)		
					1	10	100	1000	0.1	1	10	0.1	1	10
	0.00													
-4.70	4.70	 sable et graviers	2.70m 	ODEX 90										
-15.20	15.20	 alluvions avec passages argileux												
-15.50	15.50	substratum (schiste ?)												

Observations : piézomètre de 15.5 m de long, diamètre 52/60, crépiné de -1 à -15.5 m avec tête de protection.

Modèle : -c-pre
Sous modèle :



Sondage : ¹¹ BL1

Date : 06/08/2002

Site : DIGNE LES BAINS

x =





Echelle : 1/100

Affaire : 02/2951/TG

y =




z =

Page 1

Cote	Prof.	Nature du terrain		Eau	Outil	Module Pressiométrique E (MPa)				Pression de fluage Pf* (MPa)			Pression limite Pl* (MPa)			E
						1	10	100	1000	0.1	1	10	0.1	1	10	
-0.50	0.50		terre végétale à graviers	 1.85m	TUB 90											
			sable, graviers et galets													
-7.50	7.50															
-8.00	8.00		substratum													

Observations : Piézomètre de 8.00m de longueur, diam 52/60
crépiné de 1.00 à 3.00m avec tête de protection

Modèle : -c-pre
Sous modèle :

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Module Pressiométrique	Pression de fluage			Pression limite		
					E (MPa)	PI* (MPa)			PI* (MPa)		
	0.00				1 10 100 1000	0.1 1 10	0.1 1 10				
-2.30	2.30	 sable et graviers dans une matrice limoneuse	2.20m	TUB 90							
-5.00	5.00	 argile légèrement sableuse									
-5.50	5.50	 marne noirâtre									

Observations : Piézomètre de 5.50m de longueur, diam 52/60
crépiné de 2.50 à 5.50m avec tête de protection


Modèle : <0-pre
Sous modèle :



13

$$X =$$
 $y =$
$$Z =$$

Page 1

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Module Pressiométrique	Pression de fluage			Pression limite		
					E (MPa)	P* (MPa)			Pl* (MPa)		
	0.00				1 10 100 1000	0.1 1 10			0.1 1 10		
-6.00	6.00	 limon à blocs et quelques graviers	4.00m	TUB 90							

Observations : Piézomètre de 6.00m de longueur, diam 52/60
crépiné de 3.00 à 6.00m avec tête de protection

Modèle :
 Sous modèle : <-pre

Cote	Prof.	Nature du terrain		Eau	Outil	Module Pressiométrique E (MPa)				Pression de fluage P* (MPa)			Pression limite Pl* (MPa)		
	0.00					1	10	100	1000	0.1	1	10	0.1	1	10
-1.00	1.00	<div><div>R</div><div>R</div><div>R</div><div>R</div><div>R</div></div>	remblais	5.50m	TUB 90										
-2.30	2.30	<div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div></div>	limon noir à forte odeur d'hydrocarbure												
-2.60	2.60	<div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div></div>	argile noirâtre												
		<div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</div><div>-----</</div></div>													




15
$$Z =$$

Echelle : 1/100

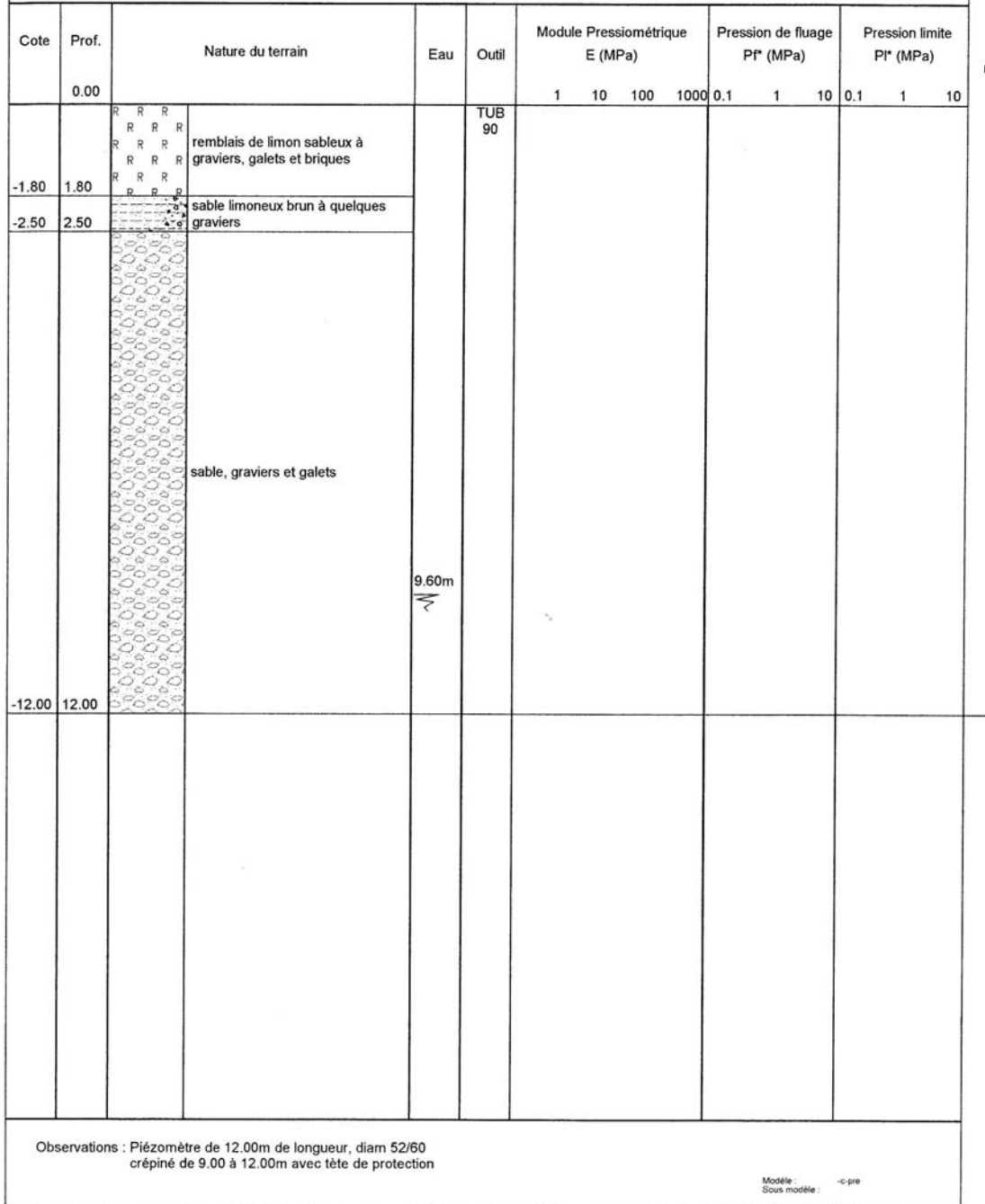
Affaire : 02/2951/TG

Page 1

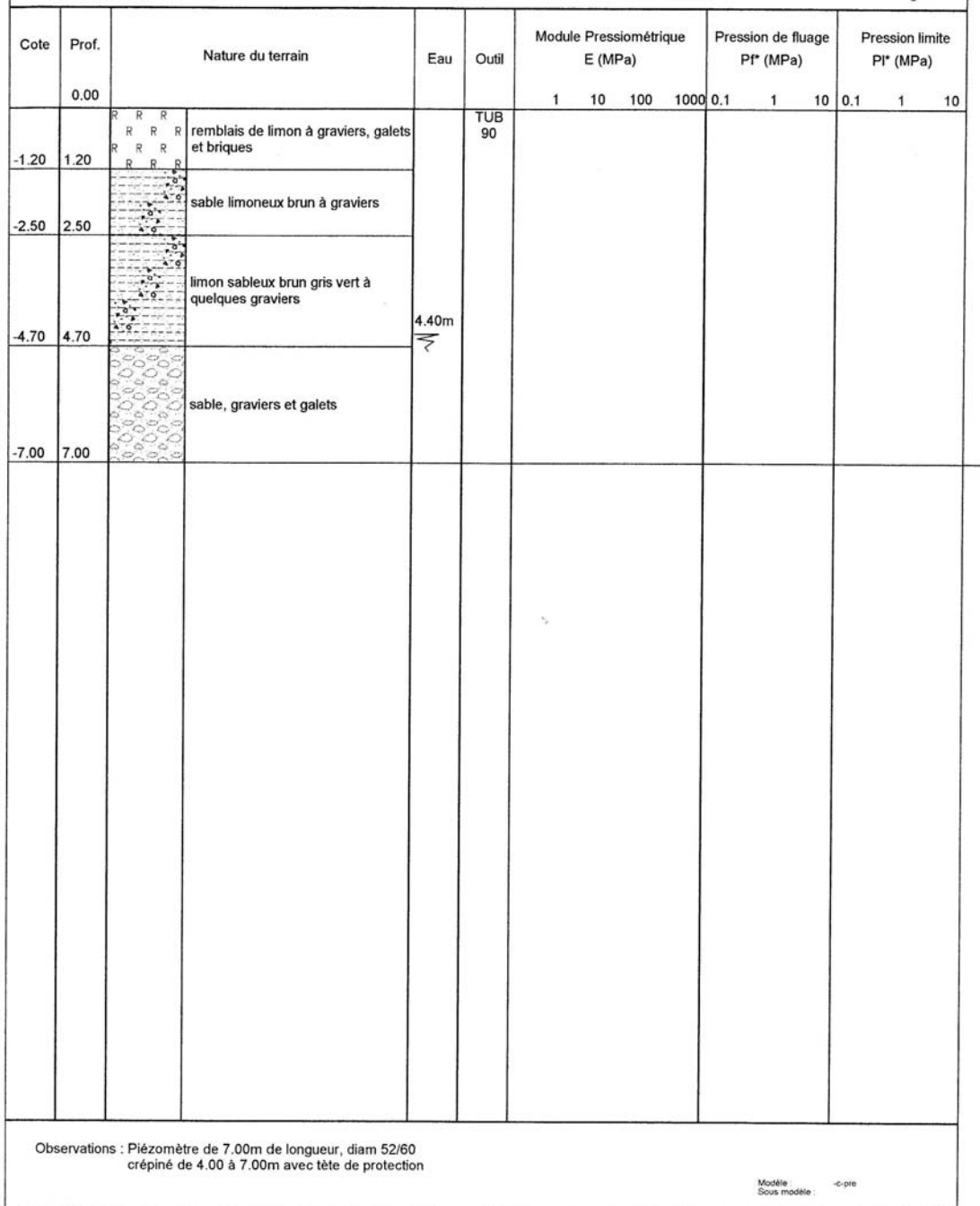
Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Module Pressiométrique	Pression de fluage			Pression limite		
					E (MPa)	P* (MPa)			Pl* (MPa)		
	0.00				1 10 100 1000	0.1 1 10		0.1 1 10			
-7.00	7.00	 limon à blocs et quelques graviers	5.00m	TUB 90							



Observations : Piézomètre de 7.00m de longueur, diam 52/60
crépiné de 4.00 à 7.00m avec tête de protection

Modèle : -c-pre
Sous modèle :




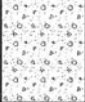


Modèle : -c-pre
Sous modèle :



Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Module Pressiométrique	Pression de fluage	Pression limite
					E (MPa)	P* (MPa)	Pl* (MPa)
	0.00				1 10 100 1000	0.1 1 10	0.1 1 10
-1.00	1.00	sable limoneux brun	 2.20m	TUB 90			
-5.70	5.70	 graviers et galets dans une matrice légèrement limoneuse					

Observations : Piézomètre de 5.70m de longueur, diam 52/60
avec tête de protection.
Eboulement du forage à 1.90m

Modèle : <- pre
Sous modèle :

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Module Pressiométrique	Pression de fluage			Pression limite		
					E (MPa)	P _f * (MPa)			P _l * (MPa)		
	0.00				1 10 100 1000	0.1 1 10		0.1 1 10			
-0.40	0.40	 limon sableux noir à graviers	8.90m	TUB 90							
		 sable brun à quelques graviers									
-2.30	2.30	 sable, graviers et galets									
-4.90	4.90	 blocs dans une matrice limono-argileuse									
-11.50	11.50										





Observations : Piézomètre de 11.50m de longueur, diam 52/60
 crépiné de 8.50 à 11.50m avec tête de protection

Modèle :
 Sous modèle : -c-pre



8

Page 1

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Module Pressiométrique	Pression de fluage			Pression limite		
					E (MPa)	P* (MPa)			Pl* (MPa)		
	0.00				1 10 100 1000	0.1 1 10		0.1 1 10			
-6.20	6.20	 sable brun à graviers et galets	10.50m 	TUB 90							
-14.00	14.00	 blocs et graviers dans une matrice limoneuse									
-15.00	15.00	 marne beige crème									

Observations : Piézomètre de 15.00m de longueur, diam 52/60
crépiné de 12.00 à 15.00m avec tête de protection

Modèle : -c-pre
Sous modèle :



9




$$X =$$

Echelle : 1/100

 $y =$

Page 1

$$Z =$$

Cote	Prof.	Nature du terrain	Eau	Outil	Module Pressiométrique	Pression de fluage			Pression limite		
					E (MPa)	P* (MPa)			Pl* (MPa)		
	0.00				1 10 100 1000	0.1 1 10		0.1 1 10			
-3.00	3.00	 limon à quelques petits graviers	NEANT	TUB 90							
-9.50	9.50	 sable, graviers et galets à passage de blocs									
-11.50	11.50	 marno-calcaire		RTP 64							

Observations : Piézomètre de 11.50m de longueur, diam 52/60
crépiné de 6.50 à 11.50m avec tête de protection

Modèle : -c-pre
Sous modèle :

ANNEXE 5

–

Résultats des mesures physico-chimiques *in situ* réalisées dans le
cadre de la campagne piézométrique de mai 2003

MESURES DES PARAMETRES
PHYSICO-CHIMIQUES REALISE SUR
LE BASSIN VERSANT DE LA BLEONE
MAI 2003

IDENTIFICATION			Milieu prélevé	PK (km)	Paramètres physico-chimiques					observations
					température (°C)	pH	conductivité (µS/cm)	redox (mV)	nitrate (mg/l)	
Bléone	B01	Blégiers	nappe	0.00	9.8	8.22	210	-68	<10	
	B01 Bléone		rivière	0.00	13.4	8.41	198	-80		
	B02a	Décharge Brusquet	nappe	11.09	11.5	8.03	285	-58	<10	
	B02a Bléone		rivière	11.09	16.4	8.52	259	-89		
	B03	Le Guéni (Hugetto)	nappe	12.24	13.2	7.91	303	-52	<10	
	B03 Bléone		rivière	12.24	15.6	8.46	262	-83		
	B05	Ravin Combe de Tarelle	nappe	14.61	11.4	7.98	290	-55	<10	
	B05 Bléone		rivière	14.61	13.6	8.51	270	-86		
	B06	Chemin St Martin	nappe	14.61	10.1	7.41	993	-23	<10	
	Bouinenc	Bouinenc	rivière Bouinenc	14.95	21.1	8.60	492	-95		
	B07	Pré Piouvert	nappe	15.53	11.0	7.43	820	-24	<10	
	B07 Bléone	Pont de Marcoux	rivière	16.27	13.8	8.54	268	-88		
		Adou Clos Jaline	adou	16.60	11.4	7.94	365	-53		
	B11	Les Granges (Hugetto)	nappe	16.60	12.7	7.80	405	-46	<10	
	B11 Bléone		rivière	16.60	14.2	8.49	291	-85		
	confluence Bléone / Bès		rivière	19.02	14.8	8.31	480	-62		
	B14 Bléone		rivière	22.72	15.3	8.50	418	-86		
	B14 Eaux Chaudes		rivière Eaux Chaudes	23.20	13.2	8.60	1899	-91		conductivité très élevée
	B14	Parking Thiers	nappe	23.30	12.8	7.54	915	-31	<10	
	B15	Stade Rolland	nappe	14.18	10.7	7.78	614	-45	<10	
	B15 Bléone		rivière	24.18	10.7	8.45	508	-83		
	B17 Bléone		rivière	26.72	17.5	8.57	495	-91		
	B19	NEGRO	nappe	27.52	12.4	7.50	690	-28	<10	
	adou de Gaubert amont		adou	27.52	12.9	8.61	484	-91		
	adou de Gaubert aval		adou	28.28	12.7	8.21	540	-69		
	B22 Bléone		rivière	28.54	10.6	8.57	483	-88		
	B22	Lac de Gaubert	nappe	28.80	11.5	7.56	726	-31	<10	
	B22 lac	Lac de Gaubert	Lac	28.80	14.8	8.10	612	-63		
	B23	STEP Digne (329004)	nappe	30.13	12.1	7.52	770	-30	<10	
	B24	Le Météore	nappe	30.46	11.8	8.05	730	-59	<10	
	B24 Bléone		rivière	30.46	17.9	8.56	488	-90		
	B30 Bléone	Pont du Chaffaut	rivière	32.40	18.6	8.48	500	-86		
	B30	Pont du Chaffaut RG	nappe	32.40	12.1	7.31	860	-18	<10	
	B31	Font Lèbre	nappe	32.40	12.3	7.58	625	-33	<10	
	B33	Pont du Chaffaut RD	nappe	32.90	10.0	7.80	537	-44	<10	
	B38	FERAUD est	nappe	33.46	12.8	7.23	750	-13	<10	
	B39	Les Grillons parisiens	nappe	33.46	12.5	7.58	716	-34	<10	
	B41 canal	Les Grillons	canal	34.25	11.5	7.54	723	-30	<10	
	B41 adou des Fâisse		adou	34.25	12.9	8.42	641	-81		
	B42 bléone		rivière	35.01	15.1	8.12	531	-65		
	B42 Forage	La Tuilière	nappe	35.01	14.0	8.17	373	-67	<10	
	B44	La Cornerie (Pz4)	nappe	36.02	11.3	7.66	532	-37	<10	
	Adou des Fâisse		adou	36.02	12.0	7.92	663	-53		
	B44 Duyes		rivière Duyes	36.18	16.2	8.30	438	-75		
	Adou de Fontanelle		adou	37.95	11.7	7.60	570	-34		
	B48	Plan Fontanelle (329015)	nappe	37.95	12.4	7.78	579	-45	<10	
	B48 Bléone		rivière	37.95	15.5	8.46	507	-84		
	adou de Beauveset		adou	38.96	13.9	7.86	578	-49		
	B51 Bléone		rivière	39.28	15.5	8.55	510	-88		
	B51	Perasso RG (329016)	nappe	39.28	10.4	7.71	544	-41	<10	
	B52	Perasso est (329007)	nappe	39.28	11.3	7.81	617	-41	<10	
	B52 Bléone		rivière	39.28	15.5	8.55	510	-88		
	canal de l'Escale amont		canal	41.03	16.3	8.50	516	-86		
	B53a canal	canal de l'Escale aval	canal	41.46	12.2	7.90	562	-51		
	B53a	Chauvet haut	nappe	41.46	12.2	7.90	562	-51	<10	
	B55 Bléone EDF	Barrage EDF	rivière	41.83	13.1	8.39	509	-77		
	B57	La Basse Palud	nappe	45.01	13.1	7.37	711	-21	<10	
	confluence Bléone / Durance		rivière	45.01	13.8	7.54	719	-32		
Bès	Bès01	Le Vernet	nappe	0.00	7.2	7.20	815	-12	<10	
	Bès01 Bès		rivière	0.00	12.1	8.37	370	-78		
	Bès02	Verdaches	nappe	4.26	7.2	7.97	421	-53	<10	
	Bès02 Bès		rivière	4.26	13.6	8.40	419	-80		
	Bès03 Bès		rivière	20.13	14.3	8.55	588	-88		
	Bès03	Le Moulin	nappe	20.74	11.1	7.31	885	-18	<10	
Duyes	Bès05 bès		rivière	28.4	17.0	8.32	615	-62	<10	
	Les Graves	Torrent des Graves	torrent	0.00	12.6	8.14	389	-65		
	Adou des Graves		adou	0.34	10.4	7.73	398	-42		
	Adou de Valgelade		adou	0.81	10.2	7.61	413	-34		
	D02	L'Adrech forage	nappe	2.12	13.5	7.75	389	-43	<10	
	D02 Les Graves		torrent	2.12	18.5	8.41	342	-82		
	D04	Camping	nappe	2.23	10.4	7.53	648	-29	<10	
	D04 Duyes		rivière	2.23	22.2	8.39	629	-81		
	D07	Les Bourres	nappe	3.39	10.4	7.70	560	-81	<10	
	adou de saint Domin		adou	5.93	10.6	7.62	437	-34		
	Adou de Barras		adou	9.35	13.8	8.04	460	-59		
	Barras Duyes		rivière	10.96	16.9	8.27	466	-73		
	adou de Beauduns amont		adou	12.63	11.8	7.69	506	-40		
	adou de Beauduns aval		adou	13.03	13.4	8.13	504	-64		
	D08	Les Beauduns	nappe	13.03	12.1	7.81	476	-47	<10	
	D08 Duyes		rivière	13.03	18.4	8.29	447	-75		
	canal du Moulin		canal	15.90	19.2	8.44	426	-84		
	Les Thumins - Duyes		rivière	16.55	19.4	8.24	435	-72		
	adou des Thumins		adou	17.18	13.0	7.72	520	-41		
Mardaric	A06	Le Bourg	nappe		10.0	7.64	1130	-36	25-50	conductivité élevée et présence de nitrate
	A06 Mardaric		rivière		10.1	8.54	339	-87		
	A07	GDF Eglise (Pz 70)	nappe		11.8	7.51	740	-29	<10	
	A07 Mardaric		rivière		10.3	8.58	405	-89		

ANNEXE 6

–

PLAN DE LOCALISATION DES SONDAGES ELECTRIQUES ET COUPES
D'INTERPRETATIONS DES TROIS SECTEURS ETUDIES (GEOGEO φ)

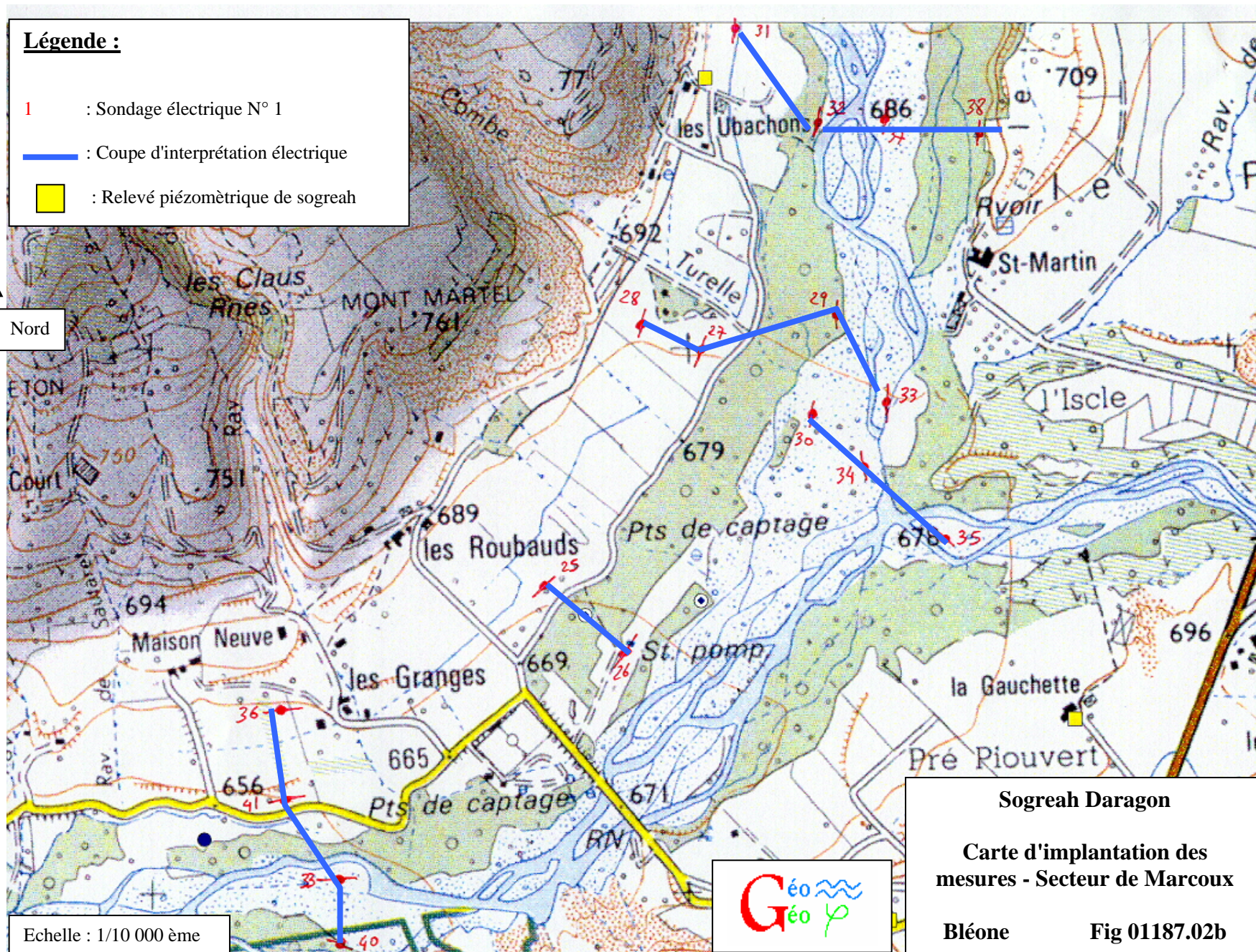
Légende :

1 : Sondage électrique N° 1

— : Coupe d'interprétation électrique

■ : Relevé piézométrique de sogreah

Nord



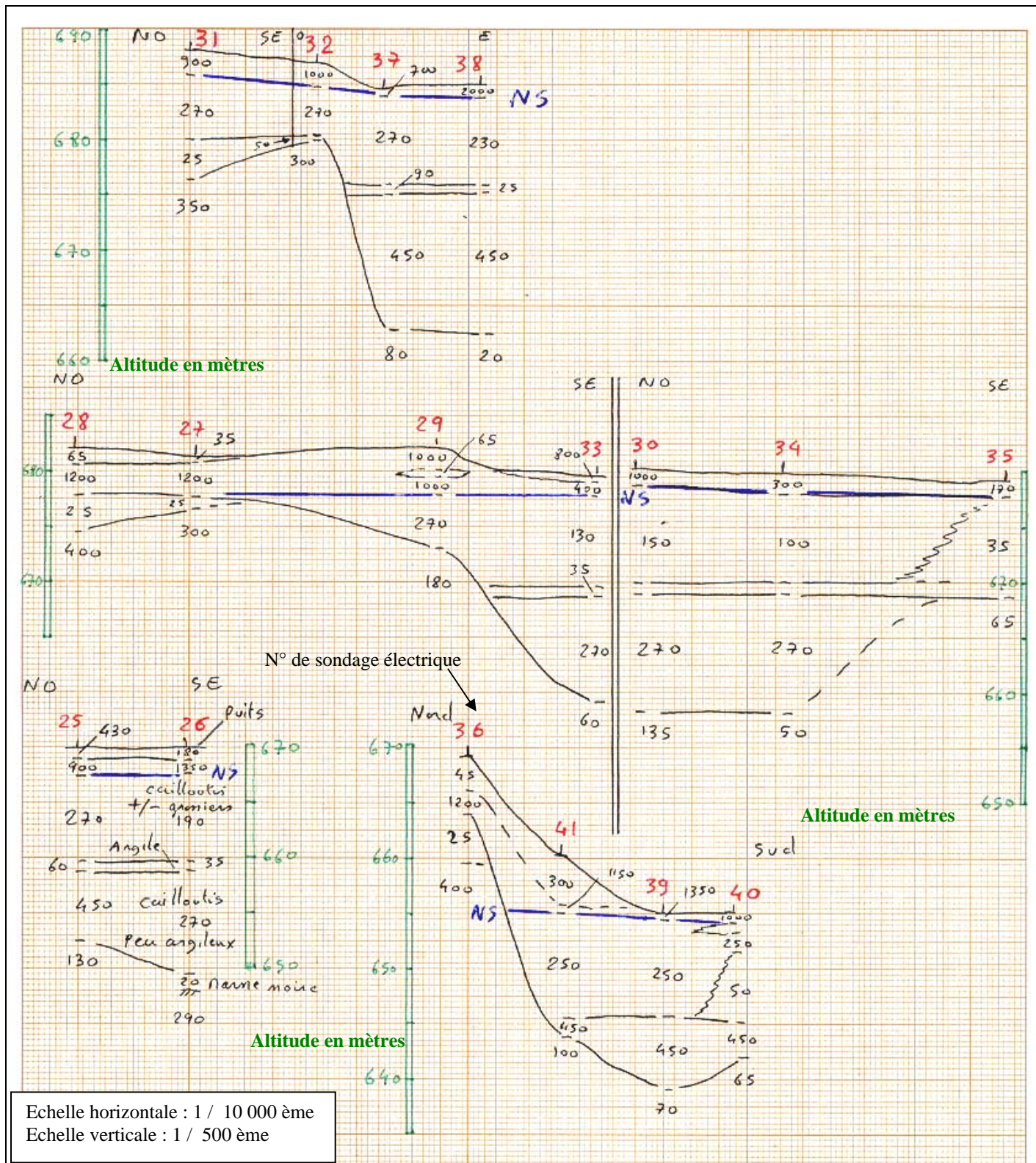
Echelle : 1/10 000 ème

Sogreah Daragon

Carte d'implantation des
mesures - Secteur de Marcoux

Bléone

Fig 01187.02b

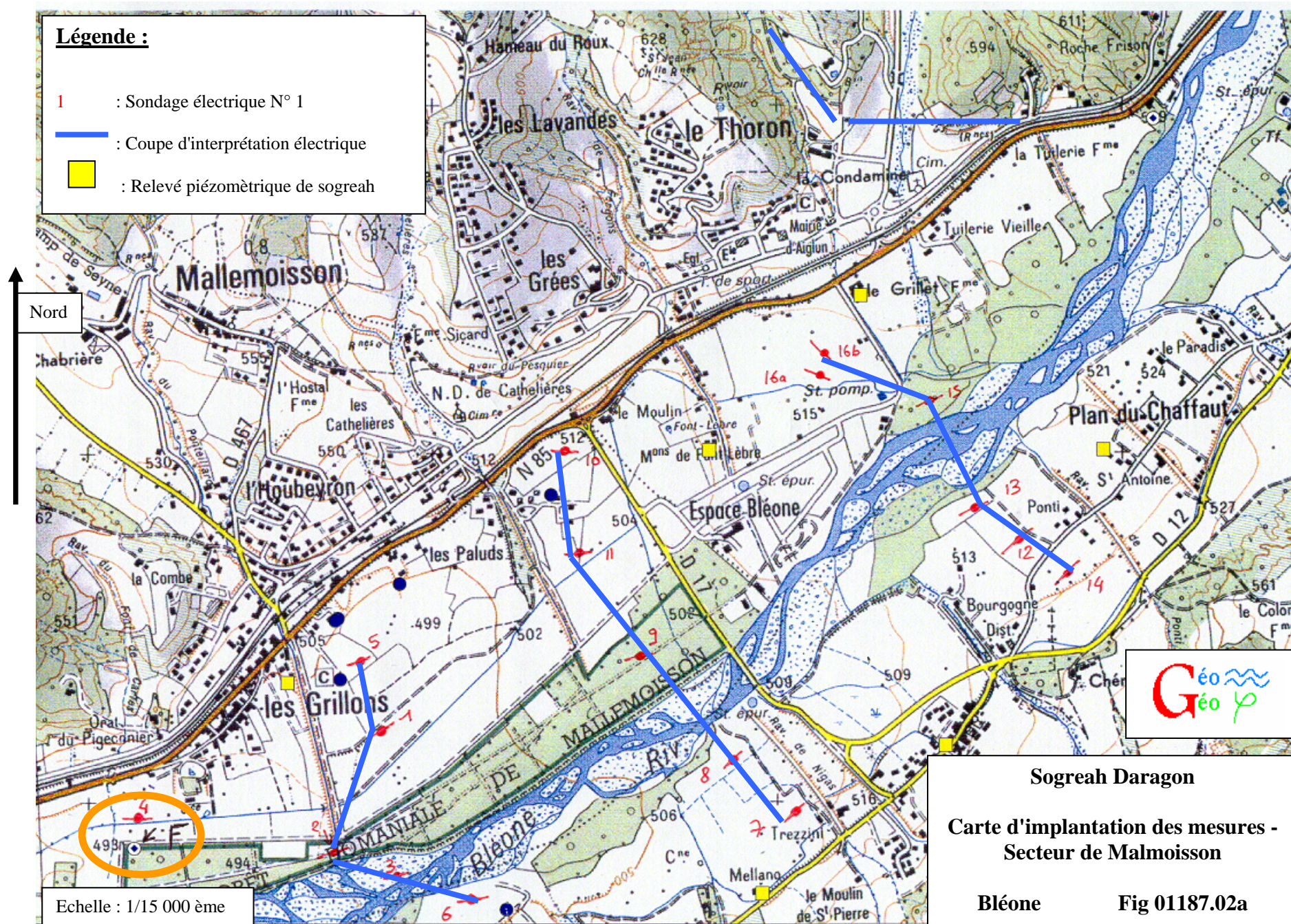


Les résistivités sont
exprimées en Ohm.m



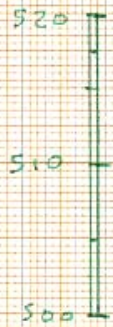
Légende :

- 1 : Sondage électrique N° 1
- : Coupe d'interprétation électrique
- : Relevé piézométrique de sogreah

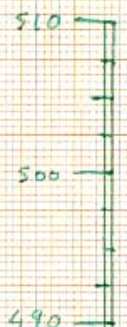


NORD

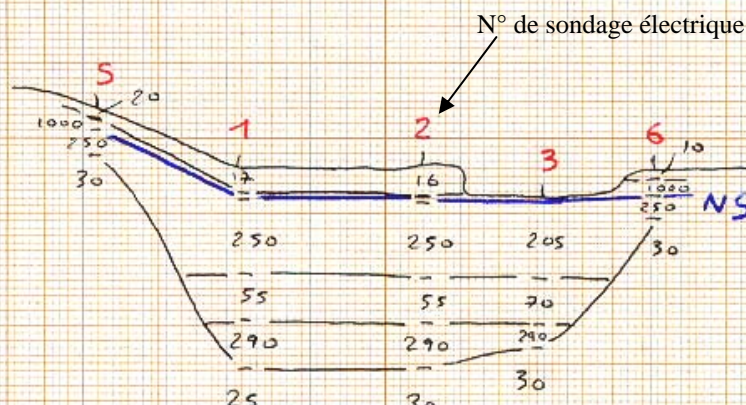
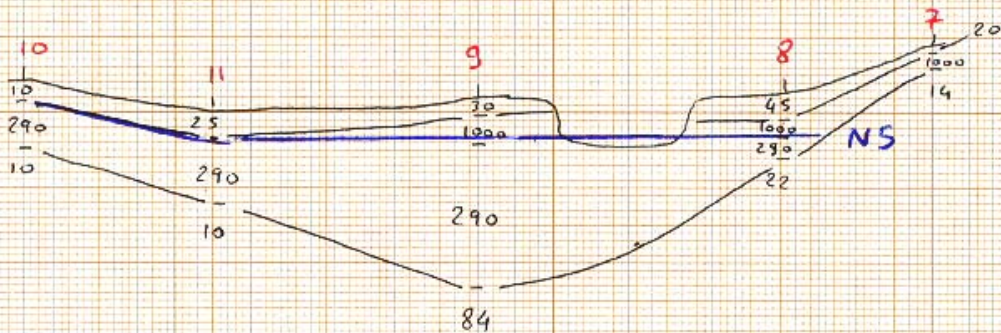
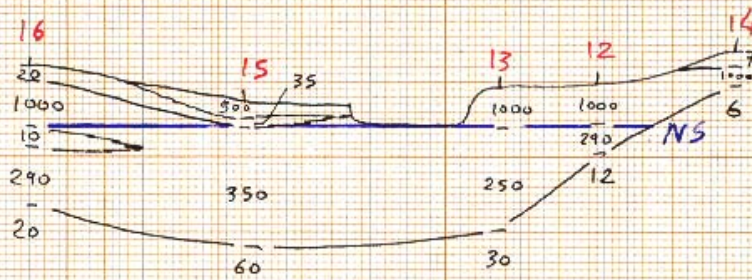
SUD



Altitude en mètres



Altitude en mètres



4 Etalonnage
1200
1200 alluvions
250 groniers
55 alluvions
sablo-graveleux
Alluvions
290 groniers
25 Argile
grise

Echelle horizontale : 1 / 15 000 ème
Echelle verticale : 1 / 500 ème

Les résistivités sont
exprimées en Ohm.m

Géo

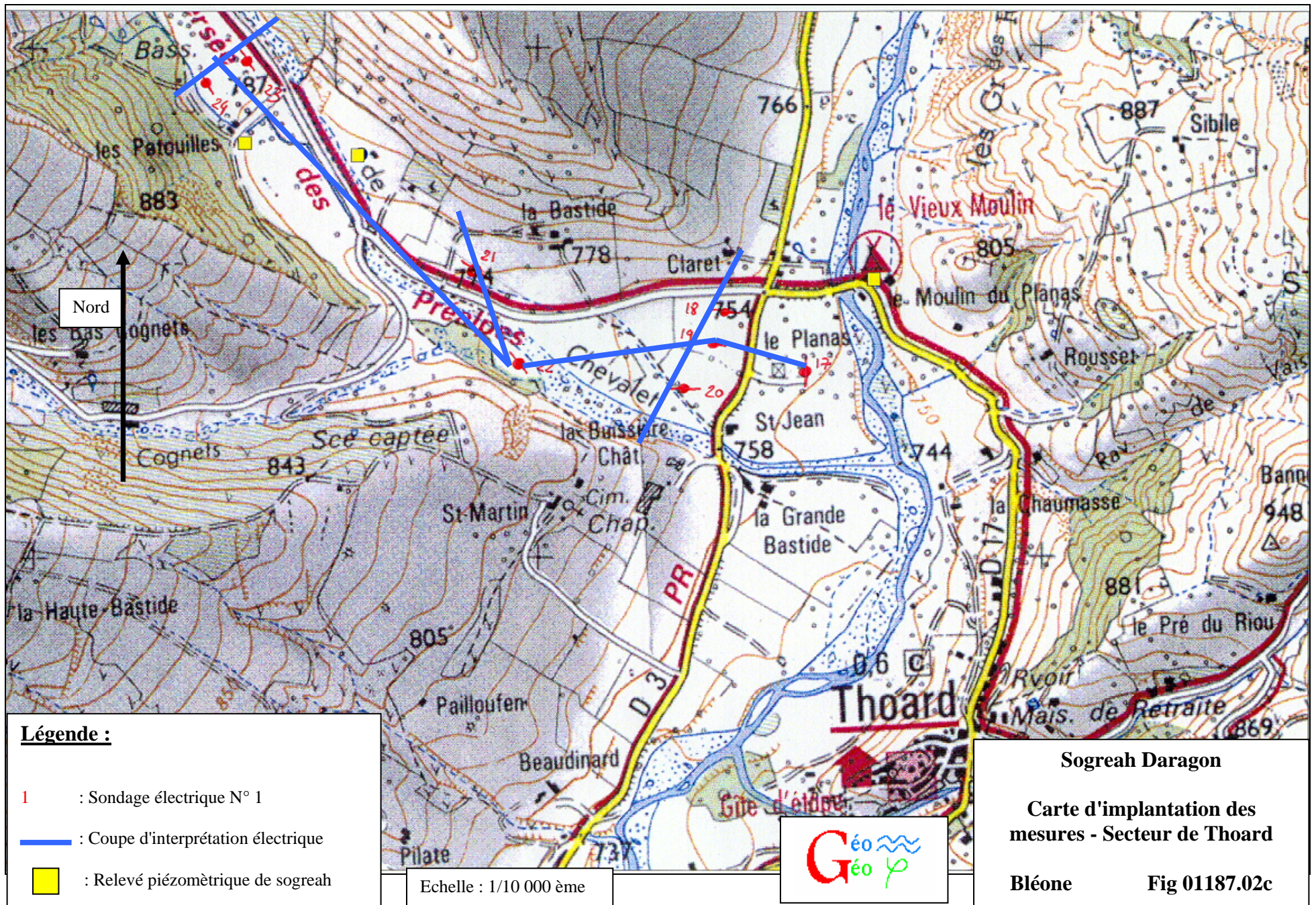
Sogreah Daragon

Coupes d'interprétations des sondages électriques

Secteur de Mallemoisson

Bléone

Fig 01187.03a



ANNEXE 7

—

DONNEES ET RESULTATS DES ESSAIS DE POMPAGE

Schéma de restauration et de gestion de la Bléone et de ses affluents
Etude de nappe - Diagnostic
Essai de pompage

⇒ Commune de Mallemoison

Lieu : Captage AEP communal

Date : du 2 au 3/10/2002

Météo : Soleil

Température (°C) :

Durée totale de l'essai de pompage : 25 h 55 mn

Débit durant l'essai (m³/h) : 140

Pompage

Durée de pompage : 10 h 29 mn

Heure	t (min)	Niveau de nappe mesuré (m)									
		Puits	B33	B39	B38	B36	B32	B35	B29	B30	
7h30	0	1.83	2.97	2.81	3.31	2.38	2.90	1.23	13.34	5.29	
	1	1.84									
	47	2.46	2.98	2.80	3.33	2.28	2.90	1.23	13.34	5.30	
8h20*	50	2.47									
9h22	102	1.77	2.97	2.79	3.30	2.27	2.92	1.22	13.33	5.30	
	139	2.53									
	143	2.54	2.99	2.80	3.30	2.28	2.91	1.23	13.36	5.30	
	179	2.63									
	185	2.64	2.98	2.80	3.30	2.30	2.92	1.23	13.37	5.30	
	219	2.70									
11h20*	230	2.70	3.00	2.80	3.31	2.28	2.90	1.23	13.37	5.30	
12h04	274	2.28									
	288	2.27	2.98	2.81	3.30	2.28	2.90	1.23	13.37	5.30	
	330	2.49									
	337	2.34	2.98	2.81	3.30	2.28	2.90	1.23	13.37	5.30	
	381	2.30									
	400	2.30	2.99	2.81	3.30	2.28	2.90	1.23	13.37	5.30	
	428	2.33									
	440	2.32	3.00	2.81	3.31	2.29	2.90	1.24	13.37	5.30	
	449	2.33									
	480	2.39	3.01	2.80	3.31	2.28	2.91	1.24	13.37	5.32	
	525	2.34									
	534	2.35	3.01	2.81	3.30	2.28	2.91	1.24	13.37	5.31	
	575	2.37									
	590	2.37	3.01	2.81	3.31	2.30	2.91	1.24	13.37	5.31	
17h59	629	2.37									
18h06**	636	2.37	3.03	2.81	3.30	2.30	2.91	1.25	13.38	5.31	

* Arrêt interpestif des pompes

** Fin de pompage, arrêt total des pompes

Remontée

Durée de remontée : 15 h 26 mn

Heure	t (min)	t' (mn)	Niveau de nappe mesuré (m)								
			Puits	B33	B39	B38	B36	B32	B35	B29	B30
18h06	636	0	2.37	3.03	2.81	3.30	2.30	2.91	1.25	13.38	5.31
	654	18	2.25								
	657	21	1.95	3.03	2.81	3.31	2.30	2.90	1.25	13.37	5.30
	704	68	1.58								
	707	71	1.57	3.04	2.81	3.31	2.31	2.90	1.25	13.37	5.30
	749	113	1.55								
	766	130	1.51	3.04	2.81	3.30	2.31	2.90	1.25	13.37	5.30
21h02	812	176	1.55								
6h21	1371	735	1.38	3.03	2.81	3.31	2.28	2.90	1.28	13.38	5.31
	1415	779	1.38								
	1429	793	1.38	3.04	2.81	3.31	2.28	2.90	1.25	13.38	5.31
	1471	835	1.38								
	1485	849	1.38	3.04	2.81	3.31	2.28	2.91	1.25	13.38	5.31
10h28	1528	892	1.37								

	Puits	B33	B39	B38	B36	B32	B35	B29	B30
Niveau initial/TN (m)	1.83	2.97	2.81	3.31	2.38	2.9	1.23	13.34	5.29
Niveau fin pompage/TN (m)	2.37	3.03	2.81	3.3	2.3	2.91	1.25	13.38	5.31
Niveau final/TN (m)	1.37	3.04	2.81	3.31	2.28	2.91	1.25	13.38	5.31

Schéma de restauration et de gestion de la Bléone et de ses affluents
Etude de nappe - Diagnostic
Essai de pompage

⇒ Commune de Malijai

Lieu :	Captage AEP communal
Date :	du 8 au 9/10/2002
Météo :	Soleil
Température (°C) :	

Durée totale de l'essai de pompage :	24 h 03 mn
Débit durant l'essai (m³/h) :	56

Pompage

Durée de pompage : 10 h 31 mn

Heure	t (min)	Niveau de nappe mesuré (m)											
		Puits	B54'	B55	B56								
6h50	0	18.96	8.96	3.68	5.60								
	29	17.10	8.97	3.69	5.60								
	48	18.90	8.99	3.69	5.61								
7h50*	60	19.04											
8h13	83	18.80	8.99	3.70	5.62								
	94	18.65	9.00	3.70	5.63								
	117	18.20											
	129	18.60	9.01	3.70	5.64								
	154	18.65	9.01	3.70	5.65								
	179	18.38											
	204	18.40	9.01	3.70	5.65								
	218	18.55	9.01	3.70	5.65								
	239	18.60											
	249	18.58	9.02	3.71	5.65								
	270	18.57											
	288	18.60	9.02	3.71	5.65								
	307	18.58	9.02	3.71	5.65								
	343	18.60	9.02	3.71	5.65								
	359	18.60											
	369	18.57	9.03	3.71	5.65								
	405	18.60	9.03	3.71	5.65								
	424	18.58											
	445	18.60	9.04	3.71	5.66								
	471	18.60	9.04	3.71	5.66								
	489	18.60											
	501	18.56	9.04	3.71	5.66								
	521	18.55											
	535	18.55	9.05	3.71	5.66								
	542	18.56	9.05	3.71	5.66								
	568	18.55											
	588	18.55	9.05	3.71	5.66								
	608	18.58	9.06	3.72	5.66								
	631	18.58	9.07	3.71	5.66								
17h21**	658	18.58	9.07	3.71	5.66								

* Arrêt intempestif des pompes

** Fin de pompage, arrêt total des pompes

Remontée

Cf. page suivante

Schéma de restauration et de gestion de la Bléone et de ses affluents
Etude de nappe - Diagnostic
Essai de pompage

Remontée

Durée de remontée : 13 h 32 mn

Heure	t (min)	t' (mn)	Niveau de nappe mesuré (m)							
			Puits	B54'	B55	B56				
17h21	658	0	18.58	9.07	3.71	5.66				
	660	2	15.25							
	672	14	11.82	9.06	3.71	5.67				
	677	19	11.62							
	682	24	11.52							
	687	29	11.45							
	690	32	11.42	9.05	3.71	5.63				
	706	48	11.30							
	716	58	11.23							
	720	62	11.21							
	726	68	11.19	9.04	3.71	5.62				
	741	83	11.14							
	750	92	11.10	9.03	3.70	5.62				
	765	107	11.06							
19h23	780	122	11.02	9.03	3.70	5.62				
5h23	1380	722	10.56	9.00	3.70	5.57				
	1410	752	10.57	8.99	3.72	5.57				
	1440	782	10.55	9.01	3.70	5.57				
6h53	1470	812	10.54	9.00	3.72	5.57				

	Puits	B54'	B55	B56					
Niveau initial/TN (m)	18.96	8.95	3.68	5.58					
Niveau fin pompage/TN (m)	18.58	9.07	3.71	5.66					
Niveau final/TN (m)	10.54	9.00	3.72	5.57					

Schéma de restauration et de gestion de la Bléone et de ses affluents
Etude de nappe - Diagnostic
Essai de pompage

⇒ **Commune de Le Chaffaut**

Lieu : Captage AEP communal
Date : du 10 au 11/10/2002
Météo : Averses jusqu'à 13h, puis couvert
Température (°C) :

Durée totale de l'essai de pompage : 22 h 51 mn
Débit durant l'essai (m³/h) : 25

Pompage

Durée de pompage : 7 h 29 mn

Heure	t (min)	Niveau de nappe mesuré (m)									
		Puits	B23	B25	B26	B24					
8h10	0	4.37	2.76	9.86	3.56	6.27					
	8	4.45	2.76	9.87	3.61	6.26					
	51	4.52	2.76	9.87	3.61	6.26					
	81	4.54									
	111	4.55	2.77	9.87	3.61	6.26					
	142	4.58									
	173	4.57	2.77	9.87	3.62	6.26					
	206	4.57									
	231	4.58	2.77	9.89	3.62	6.26					
13h11*	301	4.58									
14h01	351	4.48	2.77	9.93	3.62	6.27					
	373	4.44									
	381	4.50	2.77	10.04	3.61	6.27					
	413	4.53									
15h39**	449	4.55	2.77	9.87	3.62	6.27					

* Arrêt intempestif des pompes

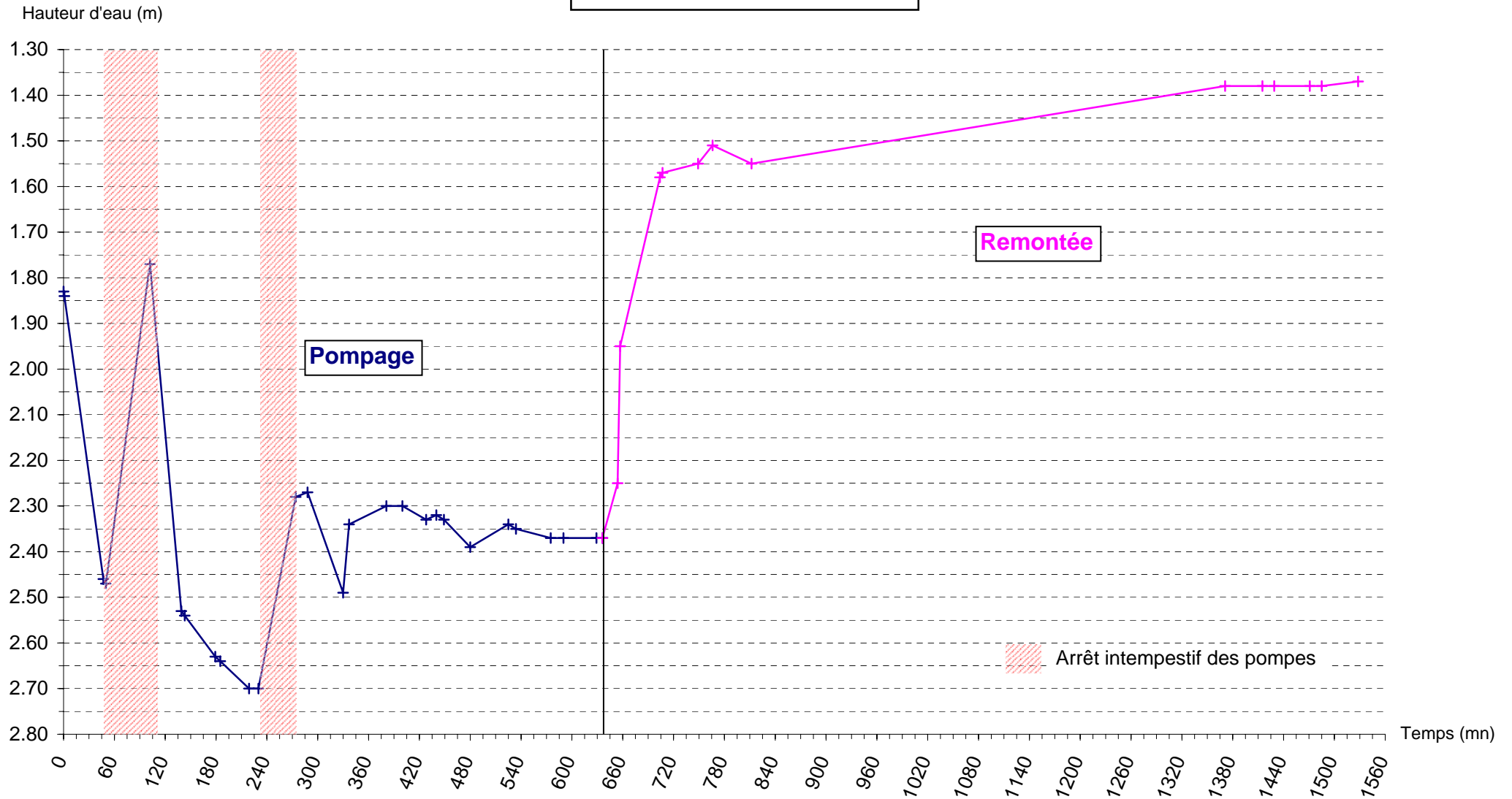
** Fin de pompage, arrêt total des pompes

Remontée

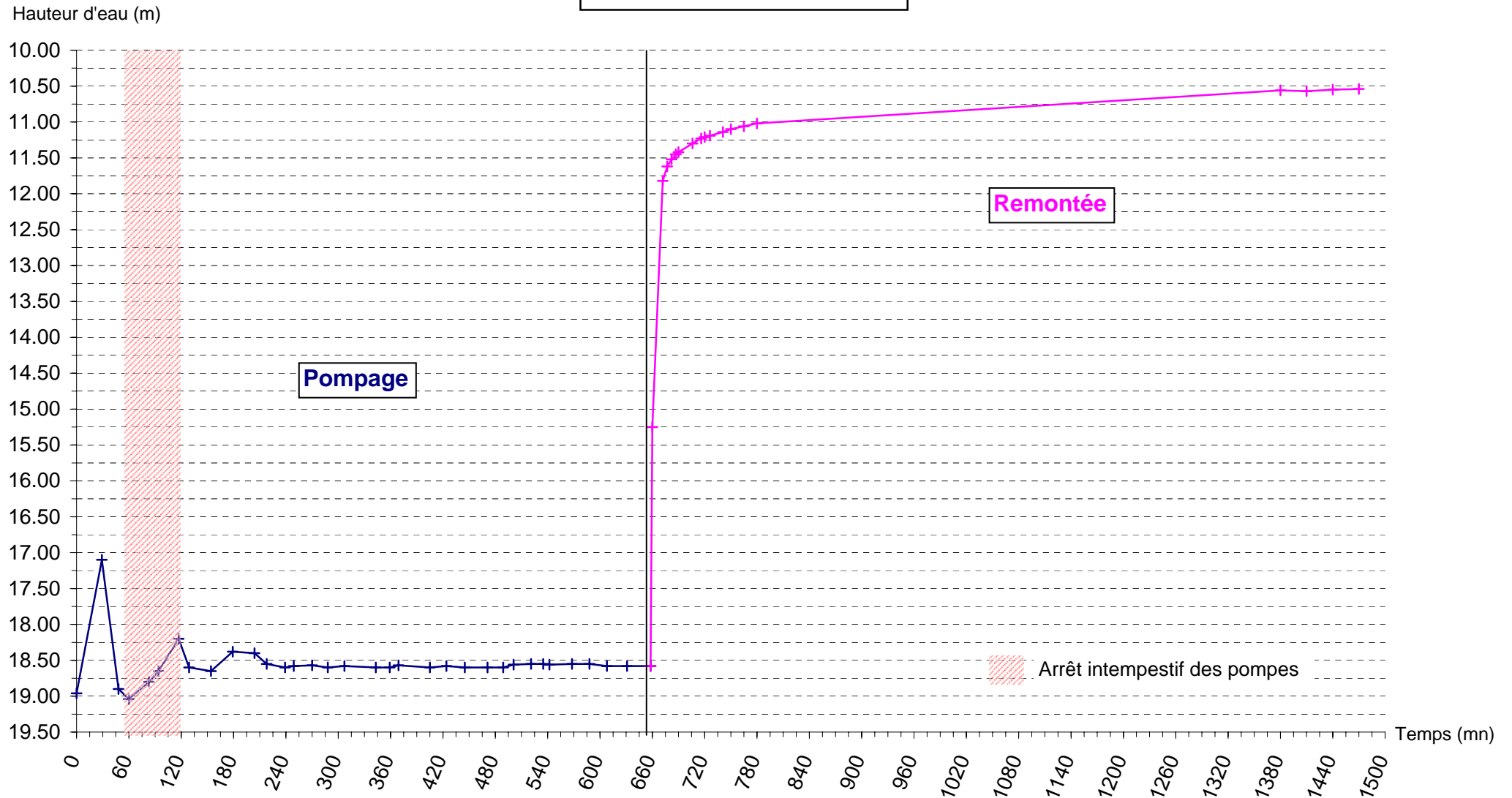
Durée de remontée : 15 h 22 mn

Heure	t (min)	t' (mn)	Niveau de nappe mesuré (m)									
			Puits	B23	B25	B26	B24					
15h39	449	0	4.55	2.77	9.87	3.62	6.27					
	488	39	4.48									
	499	50	4.44	2.77	9.95	3.62	6.27					
	524	75	4.41									
	531	82	4.40									
	563	114	4.39	2.77	9.87	3.60	6.27					
	574	125	4.39									
	591	142	4.38	2.77	9.86	3.60	6.27					
	627	178	4.38									
19h03	653	204	4.38	2.77	9.86	3.60	6.27					
6h11	1321	872	4.29	2.67	9.86	3.54	6.27					
	1354	905	4.29									
7h01	1371	922	4.29	2.68	9.87	3.54	6.27					
			Puits	B23	B25	B26	B24					
Niveau initial/TN (m)			4.37	2.76	9.86	3.56	6.27					
Niveau fin pompage/TN (m)			4.55	2.77	9.87	3.62	6.27					
Niveau final/TN (m)			4.29	2.68	9.87	3.54	6.27					

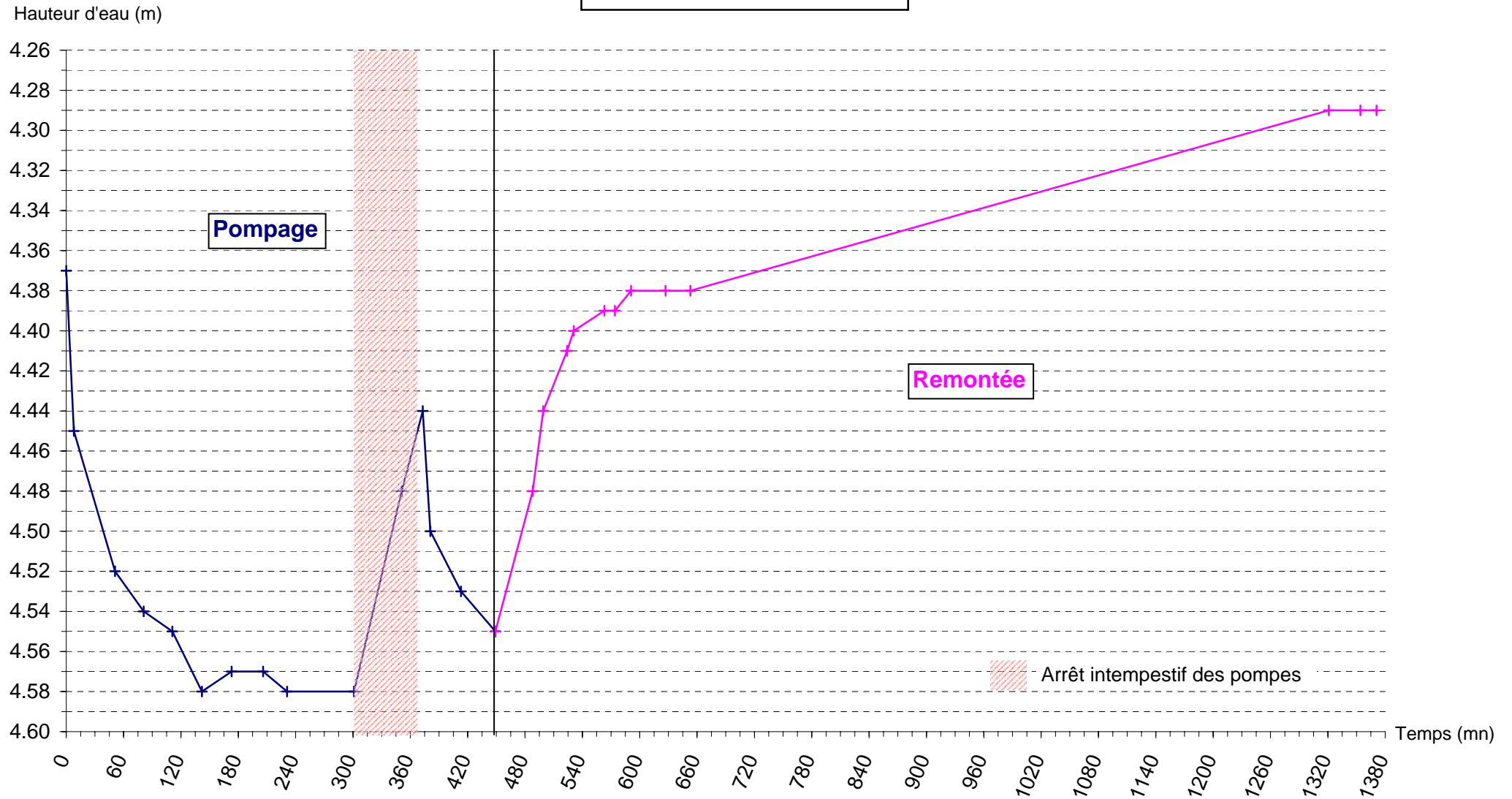
Courbe de rabattement
Puits AEP Mallemoisson



Courbe de rabattement
Puits AEP Malijai



Courbe de rabattement
Puits AEP Le Chaffaut



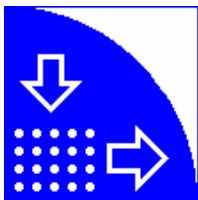
ANNEXE 8
—
SUIVI PIEZOMETRIQUE DE MAI 2002 A MAI 2003



SUIVI PIEZOMETRIQUE REALISE SUR LE BASSIN VERSANT DE
LA BLEONE ENTRE MAI 2002 ET MAI 2003

IDENTIFICATION			équipé	COTE PIEZOMETRIQUE (mNGF)												Minimum	Maximum
				27/05/02	26/06/02	01/08/02	05/09/02	01/10/02	05/11/02	04/12/02	03/01/03	11/02/03	05/03/03	03/04/03	06/05/03		
Mardac Nappe perchées	A01	Coulet des fourches	X	703.66	703.63	703.62	703.62	703.62	703.60	703.63	703.62	703.64	704.96	704.96	704.96	703.60	704.96
	A02	L'Agachette		687.99	687.66		687.31	687.20	687.41			688.36	689.84	689.84	689.84	687.20	689.84
	A03	Carrefour Pigeon Blanc	X	690.46	690.58								692.24	692.24	692.24	690.46	692.24
	A04	Miellerie		695.38	695.01	694.53	694.54	694.47	694.39	695.41	695.84	696.68	698.63	698.63	698.63	694.39	698.63
	A06	Le Bourg	X		624.07	623.61			622.55	623.92	623.59	624.11	628.30	628.30	628.30	622.55	628.30
	A07	GDF Eglise (Pz 70)		602.16	602.04	601.61	603.13	601.45	601.47	602.47	602.01	602.49	607.54	607.54	607.54	601.45	607.54
	A08	GDF usine (Pz 60)		602.99	602.82		600.35	602.68	602.66	603.52	603.28	603.28	607.00	607.00	607.00	600.35	607.00
Bléone	B01	Blégiers					909.02	908.90	908.90	908.91	908.94	908.89	911.13	911.13	911.13	908.89	911.13
	B02	Le Plan			791.76	792.64	792.39	791.26		792.38	792.66	792.75	794.19	794.19	794.19	791.26	794.19
	B02a	Décharge Brusquet										730.61	732.28	732.28	732.28	730.61	732.28
	B03	Le Guéni (Hugetto)	X		713.98		713.90	713.96	713.87	714.08	713.94	714.01	715.90	715.90	715.90	713.87	715.90
	B04	Les Ubachons		684.45	684.19	683.92		684.02	684.34	684.61	684.55	684.52	690.38	690.38	690.38	683.92	690.38
	B05	Ravin Combe de Tarelle				675.95	674.35	676.15	675.96	677.00	677.02	676.69	680.55	680.55	680.55	674.35	680.55
	B06	Chemin St Martin					690.90	690.94	690.93	692.02	691.68	691.81	694.00	694.00	694.00	690.90	694.00
	B07	Pré Piouvert						673.57	673.51	676.58	676.74	676.69	677.70	677.70	677.70	673.51	677.70
	B08	AEP Digne (piézo 1)		667.21							667.00		670.86	670.86	670.86	667.00	670.86
	B09	AEP Digne (piézo 2)		666.55	666.28		665.32	665.19	665.29		666.73	666.55	670.78	670.78	670.78	665.19	670.78
	B10	Les Granges sud				660.31	659.93	660.42	660.40	660.97	660.86	660.72	666.05	666.05	666.05	659.93	666.05
	B11	Les Granges (Hugetto)	X		653.02	653.06	652.99	653.11	653.01	653.21	653.22	653.20	655.07	655.07	655.07	652.99	655.07
	B12	Lorion Photo			595.76	595.77	595.07	595.67	595.21	596.04	595.76	595.78	598.20	598.20	598.20	595.07	598.20
	B13	Parking couvert piscine	X		588.46		588.10	588.35	588.73	589.12		588.49	590.80	590.80	590.80	588.10	590.80
	B14	Parking Thiers			591.32	592.20	590.86	591.22	591.21	591.62	591.56	591.39	595.30	595.30	595.30	590.86	595.30
	B15	Stade Rolland	X		581.05	580.93	580.93	580.89	580.82	581.48	580.46	580.37	585.00	585.00	585.00	580.37	585.00
	B16	Plan des Ferréols	X		569.89	569.30	569.80	569.34	570.15	571.18	571.16	571.07	575.50	575.50	575.50	569.30	575.50
	B17	Serv Technique incinérateur			551.61	551.36	551.22	551.54	551.40	551.66		551.44	555.45	555.45	555.45	551.22	555.45
	B18	Serv Technique serre (329001)	X		551.23		551.56	551.70	551.61	551.87	551.74	551.66	555.69	555.69	555.69	551.23	555.69
	B19	NEGRO			549.79		549.45	549.70	549.69	550.08	549.95	549.91	553.90	553.90	553.90	549.45	553.90
	B20	NEGRO FACOM (329002)		548.10	547.73	547.49	547.46	547.66	547.64	548.05	547.93	547.91	551.20	551.20	551.20	547.46	551.20
	B22	Lac de Gaubert		535.93	536.02	535.91	535.85	535.85	535.85	535.92	535.81	535.94	539.62	539.62	539.62	535.81	539.62
	B23	STEP Digne (329004)		523.98	524.77	523.99	523.82	523.72	523.69	524.18	523.89	523.97	526.42	526.42	526.42	523.69	526.42
	B24	Le Météore		525.34	526.26	525.13	525.37	525.28	525.15	525.34	525.27	525.33	531.50	531.50	531.50	525.13	531.50
	B25	Le Paradis				520.24	520.07	520.13	520.17	520.50	520.39	520.38	529.90	529.90	529.90	520.07	529.90
	B26	La Tuilerie Vieille				514.51	514.48	514.54	513.44	514.98	514.89	514.74	518.10	518.10	518.10	513.44	518.10
	B28	Ponti sud				510.17	509.32	509.99	509.73	510.65	510.29	510.20	513.80	513.80	513.80	509.32	513.80
	B29	Puit communale Le Chaffaut					506.22	506.98		508.29	508.05	508.17	520.30	520.30	520.30	506.22	520.30
	B30	Pont du Chaffaut RG				505.07	504.25	504.91	504.86	505.44	505.33	505.28	510.20	510.20	510.20	504.25	510.20
	B31	Font Lèbre		507.54	507.12			506.65		507.64	507.43	507.43	509.71	509.71	509.71	506.65	509.71
	B32	Les Paluds est	X		503.61		503.10	503.26	503.23	504.00	503.74	503.82	506.17	506.17	506.17	503.10	506.17
	B33	Pont du Chaffaut RD				501.29	500.51	501.08	501.05	501.95	501.71	501.67	504.05	504.05	504.05	500.51	504.05
	B34	Mellano		507.44	505.97			504.76	504.82	506.98	506.94	507.16	512.71	512.71	512.71	504.76	512.71
	B35	Lycée Agricole	X			498.03	497.98	498.02	498.08	498.63	498.48	498.50	499.20	499.20	499.20	497.98	499.20
	B36	Les Paluds	X	499.23	498.99		498.83	498.87	498.84	499.42	499.23	499.26	501.14	501.14	501.14	498.83	501.14
	B38	FERAUD est	X	498.15			498.56	497.70	497.70	498.30	498.11	498.18	501.00	501.00	501.00	497.70	501.00
	B39	Les Grillons parisiens	X		496.28		496.31	496.26	496.27	496.67	496.50	496.54	499.07	499.07	499.07	496.26	499.07
	B41	Les Grillons (BRGM)		490.12	489.99	#VALEUR!	489.95	489.90	489.91	490.17	490.05	490.03	491.66	491.66	491.66	#VALEUR!	#VALEUR!
	B42	La Tuillère	X	484.44	484.68			484.57	484.63	485.08	485.01	485.09	486.70	486.70	486.70	484.44	486.70
	B44	La Cornerie (Pz4)		481.69		481.04	481.02	481.10	481.06	480.99	481.67	481.74	485.75	485.75	485.75	480.99	485.75
	B45	La Cornerie (Pz7)								481.01	480.98	480.95	483.55	483.55	483.55	480.95	483.55
	B46	La Cornerie (Pz8)								480.37	480.24	480.17	485.00	485.00	485.00	480.17	485.00
	B47	Tarelle sud			468.62		468.39	468.33	468.33	468.62	468.47	468.48	475.70	475.70	475.70	468.33	475.70
	B48	Plan Fontenelle (329015)		461.63	461.55		461.76	461.58	461.52	461.91	461.81	461.73	466.05	466.05	466.05	461.52	466.05
	B49	Parc à chevaux (329014)		455.11	455.09	455.05	455.19	455.00	455.01	455.23							

ANNEXE 9
-
PRESENTATION DU LOGICIEL FLOWPATH



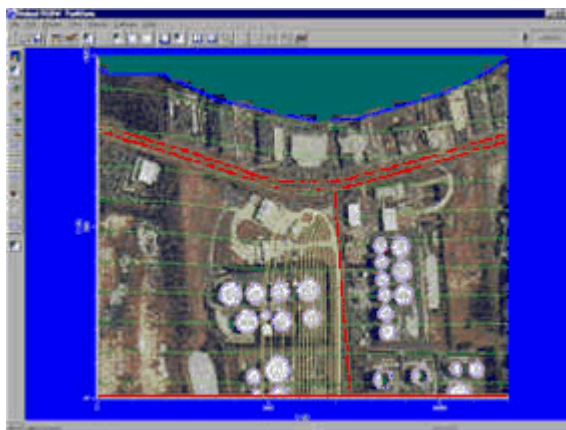
FLOWPATH II

MODELISATION BIDIMENSIONNELLE DES ECOULEMENTS SOUTERRAINS ET DU TRANSPORT
DE POLLUANTS – MISE EN PLACE DES PERIMETRES DE PROTECTION



- **INTRODUCTION**

Flowpath II est un standard international dans le domaine de la modélisation bidimensionnelle des écoulements souterrains et du transport de polluants.



Flowpath II est la dernière génération des modèles hydrogéologiques bidimensionnels. Cette version de Flowpath a été améliorée avec de nouvelles fonctions permettant de disposer d'un environnement graphique de très haute qualité. Cette nouvelle interface possède toutes les caractéristiques nécessaires à une utilisation optimisée : zoom, cartographie couleur des résultats, ...

Flowpath II permet de créer à la fois des modèles complexes mais également des modèles hydrodynamiques ou hydrodispersifs plus simples, répondant ainsi à l'ensemble des problématiques liées à la gestion des eaux souterraines.



- **APPLICATIONS PROFESSIONNELLES DE FLOWPATH II**

Flowpath II est le système de modélisation le plus adapté pour la simulation des écoulements souterrains et le transport de contaminants pour les nappes libres, semi-captives et captives en régime permanent. Il permet notamment de prendre en compte les

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
ANNEXES

hétérogénéités des caractéristiques des terrains, plusieurs puits de pompage et des conditions hydrauliques complexes aux limites.

Les applications professionnelles de ce logiciel sont donc très variées et répondent aux différents problèmes environnementaux rencontrés sur le terrain :

- Détermination des zones d'appel des forages ;
- Délimitation des périmètres de protection des captages ;
- Définition et optimisation des régimes de pompages ;
- Estimation des débits de pompage pour les projets nécessitant des rabattements de nappe (travaux publics, ...) ;
- Evaluation du devenir d'un panache de pollution permettant de réaliser des évaluations des risques sur la santé humaine (ESR, EDR).

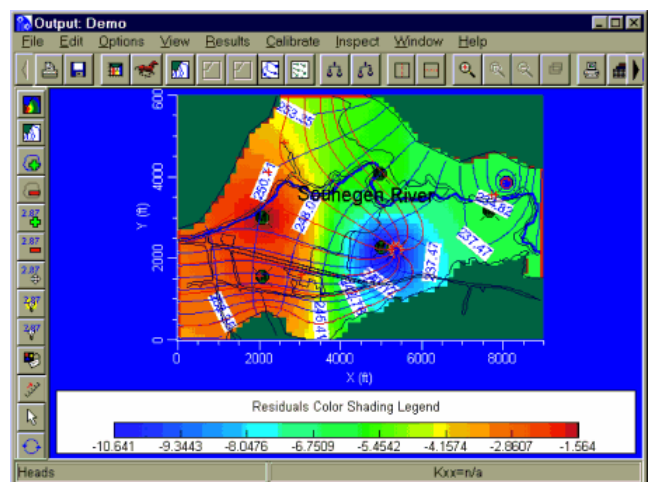
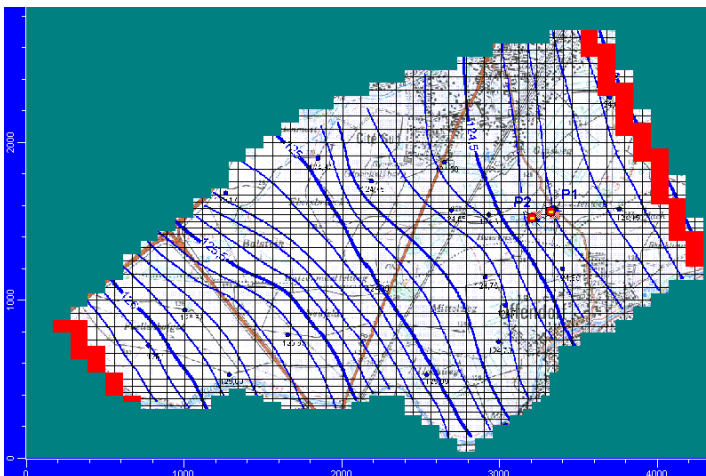


- **A PROPOS DE L'INTERFACE FLOWPATH II**

Cette interface a été conçue spécialement pour diminuer la complexité de construction d'un modèle hydrogéologique. Cette interface est divisée en 3 modules distincts :

- un module d'entrée des données ;
- un module d'exécution du code de calcul du modèle ;
- un module de visualisation des résultats.

Les résultats de cette modélisation peuvent être imprimés à partir d'une fenêtre adaptée ou exportés vers un fichier dessin (bitmap) ou vers un fichier vectoriel compatible avec des logiciels de DAO (Autocad ou autres).



- **CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DE FLOWPATH II**

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
ANNEXES

La construction du modèle peut être réalisée à l'aide d'un fond de plan géoréférencé.

Ce fond de plan peut correspondre à un fond de carte géographique, à une photographie aérienne, à une image satellite ou à un plan cadastral.

Ce fond de plan permet ensuite de présenter les résultats de la modélisation de façon précise et compréhensible de la part d'un public de néophytes.

Le modèle hydrogéologique conceptuel est traduit en modèle numérique en discrétisant l'espace de la zone étudiée à l'aide d'un maillage.

Le maillage rectangulaire peut être raffiné au niveau de certaines zones ou conditions aux limites. Il est, par exemple, possible en raffinant de mieux cerner les relations nappe-rivière ou les rabattements à proximité d'un ouvrage de pompage. Afin d'intégrer au mieux les conditions aux limites, il est également possible d'orienter le maillage suivant un angle adapté aux caractéristiques hydrogéologiques.

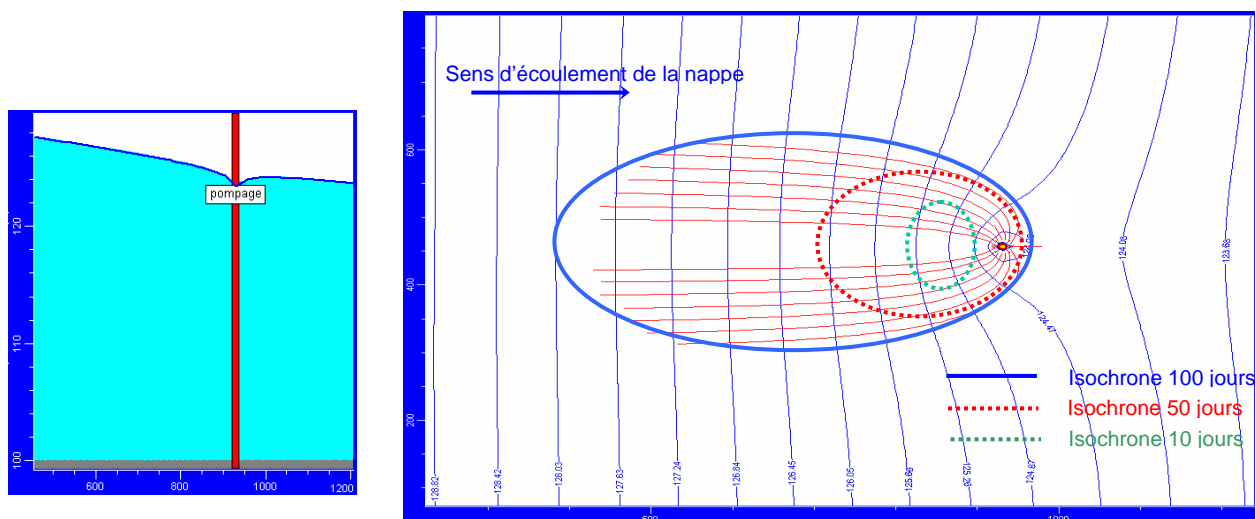
Le code de calcul permet de prendre en compte l'ensemble des caractéristiques de l'aquifère, aussi bien au niveau des conditions aux limites qu'au niveau des propriétés de l'aquifère :

Conditions de potentiels imposés : lac, mer, rivière (colmatage) ;

Conditions de flux imposés : apport nappe amont, recharge par les pluies, puits de pompage ou d'injection ;

Propriétés hydrodynamiques : perméabilité, porosité, coefficient d'emmagasinement ;

Paramètres hydrodispersifs de l'aquifère (dispersivités longitudinal et transversal, coefficient de retard, ...).



Les principales caractéristiques du logiciel FLOWPATH II sont présentées ci-après :

Importation d'anciens modèle FLOWPATH ;

Rotation du maillage pour prendre en compte de façon optimale les conditions aux limites du modèle ;

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE LA BLEONE
SCHEMA DE RESTAURATION ET DE GESTION DE LA BLEONE ET DE SES AFFLUENTS
ETUDE DE NAPPE - DIAGNOSTIC
ANNEXES

Visualisation du modèle en plan ou en coupes ;
Visualisation des vecteurs vitesses des écoulements, ainsi que les lignes de courants ;
Calcul des temps de transfert des particules d'eau ou isochrones nécessaires à la délimitation des périmètres de protection des captages d'Alimentation en Eau Potable (AEP) ;
Visualisation des rabattements par rapport à une situation piézométrique de référence ;
Présentation des résultats avec des dégradés de couleur ;
Animation du suivi des particules d'eau et du transport des contaminants en fonction du temps.

Tous les résultats de ce logiciel de modélisation peuvent être contrôlés en réalisant un bilan de masse des entrées/sorties d'eau dans le système (Flow Budget). Ceci permet alors de maîtriser les incertitudes sur les résultats de ces modèles numériques.