



Quartier les Drets
26 300 BOURG-DE-PEAGE
Tél. : 04.75.47.17.17 - Fax : 04.75.47.07.07
Site Internet : www.ideeseaux.com



Route de St Geniès
30730 SAINT-BAUZELY
Tél / fax : 04.66.02.44.45
Site internet : www.hydrriad.com

SYNDICAT DES EAUX REGION RHÔNE-VENTOUX SYNDICAT DES EAUX RHÔNE-AYGUES-OUVEZE

– Nappe du Miocène –

***Etude sur l'identification et la caractérisation de
zones prioritaires à préserver pour l'alimentation
en eau potable***



Rapport final

Volume 3 – Bassin de Valréas

Mai 2011

**SYNDICAT MIXTE DES EAUX DE LA REGION
RHÔNE-VENTOUX**

595, Chemin de L'Hippodrome
BP 22 – 84 201 CARPENTRAS
Tél. : 04.90.60.81.81 / Fax : 04.90.63.52.95

**SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX DE LA
REGION RHÔNE-AYGUES-OUVEZE**

32 cours Maurice Trintignant – BP 36
84 290 STE-CECILE-LES-VIGNES
Tél. : 04.90.30.16.18 / Fax : 04.90.30.58.97

**AGENCE DE L'EAU RHÔNE-MEDITERRANEE-
CORSE – DELEGATION DE LYON**

2-4 Allée de Lodz – 63 363 LYON cedex 07
Tél. : 04.96.11.36.24

Toutes les cartes mentionnées sont regroupées dans le
Volume 5 – Bassin de Valréas – Annexes du rapport final.

SOMMAIRE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PHASE 1 : SYNTHÈSE DES DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 5 |
| 1.1 | STRUCTURE | 5 |
| 1.2 | CRITÈRE PRODUCTIVITÉ | 5 |
| | 1.2.1 Débits..... | 5 |
| | 1.2.2 Piézométrie..... | 5 |
| 1.3 | QUALITÉ | 5 |
| | 1.3.1 Fer | 6 |
| | 1.3.2 Chlorures..... | 6 |
| | 1.3.3 Sulfates | 6 |
| | 1.3.4 Nitrates..... | 6 |
| | 1.3.5 Pesticides..... | 13 |
| 1.4 | VULNERABILITÉ | 13 |
| | 1.4.1 Vulnérabilité intrinsèque..... | 13 |
| | 1.4.2 Vulnérabilité extrinsèque | 14 |
| 1.5 | PRESSION DE PRÉLEVEMENTS | 14 |
| 1.6 | CARTES À DIRE D'EXPERTS | 15 |
| | 1.6.1 Foreurs et installateurs de pompes..... | 15 |
| | 1.6.2 Georges TRUC..... | 15 |
| 1.7 | CARTE SYNTHÉTIQUE DE PRÉ-IDENTIFICATION DES ZONES SUR LE BASSIN DE VALREAS ... | 16 |
| 1.8 | CONCLUSION SUR LE BASSIN DE VALREAS | 19 |
| 2 | PHASE 2 : CARACTÉRISATION DES ZONES STRATÉGIQUES..... | 20 |
| 2.1 | ZONES RETENUES À L'ISSUE DE LA PHASE 1 | 20 |
| | 2.1.1 Zones d'étude..... | 20 |
| | 2.1.2 Formation aquifère..... | 20 |
| | 2.1.3 Productivité..... | 20 |
| | 2.1.4 Piézométrie..... | 21 |
| | 2.1.5 Occupation du territoire | 21 |
| | 2.1.6 Qualité des eaux | 21 |
| | 2.1.7 Usage de la ressource | 23 |
| | 2.1.8 Statut des documents d'urbanisme..... | 23 |
| 2.2 | FICHES SYNTHÉTIQUES DES ZONES STRATÉGIQUES | 24 |
| | 2.2.1 Zone Nord (6)..... | 24 |

| | | | |
|----------|-------|--|-----------|
| | 2.2.2 | Zone Sud (7)..... | 25 |
| 3 | | PHASE 3 : PROPOSITION D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES..... | 27 |
| | 3.1 | OBJECTIFS DE LA PHASE 3..... | 27 |
| | 3.2 | A L'ECHELLE DU BASSIN DE VALREAS | 27 |
| | | 3.2.1 Aspects 'Quantité' | 28 |
| | | 3.2.2 Aspects 'Qualité' | 29 |
| | | 3.2.3 Modélisation | 29 |
| | 3.3 | SUR LES ZONES PRIORITAIRES DU BASSIN DE VALREAS SUD | 32 |
| | | 3.3.1 Détail des investigations prioritaires..... | 32 |
| | | 3.3.2 Budget des investigations prioritaires..... | 33 |

LISTE DES FIGURES

| | | |
|-------------|--|----|
| Figure 1 : | Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Montségur-sur-Lauzon..... | 7 |
| Figure 2 : | Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Grignan | 8 |
| Figure 3 : | Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Saint-Pantaléon-les-Vignes..... | 8 |
| Figure 4 : | Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Taulignan | 9 |
| Figure 5 : | Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Venterol..... | 9 |
| Figure 6 : | Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Chantemerle-les-Grignan..... | 10 |
| Figure 7 : | Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Valréas | 10 |
| Figure 8 : | Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Cairanne | 11 |
| Figure 9 : | Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Sainte-Cécile-les-Vignes | 11 |
| Figure 10 : | Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Visan | 12 |
| Figure 11 : | Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Violès | 12 |
| Figure 12 : | Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Tulette | 13 |

LISTE DES TABLEAUX

| | | |
|-------------|---|----|
| Tableau 1 : | Concentrations maximales admissibles dans les eaux | 5 |
| Tableau 2 : | Hiérarchisation des zones | 18 |
| Tableau 3 : | Documents d'urbanisme en vigueur | 23 |
| Tableau 4 : | Chiffrage des investigations prioritaires sur les zones retenues..... | 33 |

1 PHASE 1 : SYNTHÈSE DES DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

1.1 Structure

La structure du bassin a pu être établie à partir de l'étude ANDRA réalisée en 1998. D'après la carte des isobathes des murs du Miocène et du Pliocène, le miocène est moins épais sur les bordures du bassin et atteint au moins 400 m d'épaisseur dans sa partie centrale. Les isobathes du mur du pliocène mettent en évidence deux paléo-rias situées au centre et au Sud du bassin, avec des épaisseurs pouvant aller jusqu'à 400 m.

1.2 Critère Productivité

1.2.1 Débits

Une carte de la productivité de la nappe a été réalisée à partir des données issues de la thèse de Roudier (1987). Y sont représentés les débits spécifiques et les débits air-lift mesurés. Les débits spécifiques maximum sont légèrement supérieurs à 2 m³/h/m, les débits air-lift pouvant atteindre plus de 100 m³/h autour de Sainte-Cécile-les-Vignes. On remarque un couloir très productif, en terme de débit spécifique et de débit air-lift, partant entre Grillon et Valréas pour aller jusqu'à Sainte-Cécile-les-Vignes en passant par Tulette.

1.2.2 Piézométrie

Deux cartes piézométriques sont disponibles : la carte réalisée par Roudier en 1987 et celle réalisée par l'ANDRA en 1998. Ces deux cartes relèvent des niveaux quasi-identiques à plus de 10 ans d'intervalle. Quelques différences sont cependant à noter à l'aval, à partir de l'axe La Baume de Transit-Tulette, mais celles-ci semblent mineures. L'écoulement général est orienté Nord-Ouest Sud-Est sur l'ensemble du bassin, à part vers Malaucène où on remarque une orientation plutôt Sud-Nord, dans un couloir jusqu'à Vaison-la-Romaine

La piézométrie de l'ANDRA a été reprise dans la carte, car elle est considérée comme la plus récente et la plus complète.

1.3 Qualité

Le *Tableau 1* récapitule les valeurs seuils imposées par la législation pour les concentrations maximales dans les eaux distribuées (CMAd) et sur les eaux brutes (CMAb) :

| Paramètre | CMA eaux distribuées | CMA eaux brutes |
|-----------|----------------------|-----------------|
| Fer | 200 µg/l | - |
| Manganèse | 50 µg/l | - |
| Chlorures | 250 mg/l | 200 |
| Sulfates | 250 mg/l | 250 |
| Sodium | 200 mg/l | 200 |
| Nitrates | 50 mg/l | 100 mg/l |

Tableau 1 : Concentrations maximales admissibles dans les eaux

Etude sur l'identification et la caractérisation de zones prioritaires à préserver pour l'alimentation en eau potable – Nappe du Miocène

Rapport final – Volume 3 – Bassin de Valréas – Mai 2011

Sur l'ensemble des cartes, pour chaque paramètre, les teneurs supérieures à la Concentration Maximale Admissible sont en orange ou en rouge.

1.3.1 Fer

La carte d'isoteneurs en fer a été établie à partir des cartes de Roudier (1987). On note des concentrations assez élevées, allant jusqu'à 300 µg/l autour de Malaucène. Les concentrations atteignent entre 200 et 300 µg/l entre Sainte-Cécile-les-Vignes et l'Est de La Baume de Transit, et entre 50 et 200 µg/l dans la partie Nord-Est du bassin, ainsi qu'au Sud de Malaucène. Sur tout le reste du bassin, les concentrations en fer sont inférieures à 50 µg/l. On remarque ainsi que toutes les concentrations en fer connues sur le bassin de Valréas restent élevées mais malgré tout traitables.

1.3.2 Chlorures

La thèse de Roudier, en 1987 et la thèse de Huneau, en 2000, présentent des concentrations en chlorures.

Les données de la thèse de Roudier mettent en évidence des concentrations en chlorures entre 30 et 100 mg/l autour de Suze la Rousse, au Sud de Valréas, à l'Est de Vaison-la-Romaine et autour de Malaucène. Les concentrations sont supérieures à 100 mg/l à l'Est de Vaison-la-Romaine.

En revanche, plus de dix ans après les données de Roudier, Huneau présente des concentrations moins élevées en chlorures autour de Suze la Rousse. Les concentrations supérieures à 30 mg/l au Sud de Valréas sont cependant toujours présentes.

1.3.3 Sulfates

Les données de concentrations en sulfates ont été réalisées à partir des cartes de Roudier (1987).

La présence de sulfates est relativement bien corrélée avec celle des chlorures, notamment à Suze la Rousse, au Sud de Valréas, autour de Malaucène et à l'Est de Vaison-la-Romaine.

On note également la présence de sulfates autour de Sainte-Cécile-les-Vignes, Bouchet, Visan, Sérignan-du-Comtat ainsi que Saint Pantaléon les Vignes.

On peut ainsi s'interroger sur l'origine de ces chlorures et sulfates. Elle pourrait être naturelle autour de Suze la Rousse (en effet, la présence d'eau salée a été notée autour de Suze la Rousse), mais plutôt anthropique au Sud de Valréas. Cependant les concentrations en chlorures et sulfates restent très acceptables sur l'ensemble du bassin (excepté à l'Est de Vaison-la-Romaine) car elles ne dépassent pas 250 mg/l, référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

1.3.4 Nitrates

1.3.4.1 Carte des teneurs en Nitrates

Plusieurs sources de données permettent de connaître les concentrations en nitrates sur le bassin de Valréas.

En 1987, Roudier présente une première carte de concentration en nitrates. On note des concentrations élevées en nitrates au Sud de Valréas, autour de Sainte-Cécile-les-Vignes et autour de Vaison-la-Romaine.

En 2000, Huneau fait un état des lieux des concentrations en nitrates sur le bassin de Valréas. On remarque une diminution des concentrations, notamment autour de Sainte-Cécile-les-Vignes, par contre la zone de concentrations supérieures à 25 mg/l s'agrandit au Sud de Valréas.

Les données issues de la ARS Drôme et Vaucluse, les points de suivi par ADES et les données issues de la thèse de Doukouré (2005) permettent également de réaliser une carte de concentrations en nitrates des points analysés. Celles-ci se superposent sensiblement aux cartes issues de Roudier et Huneau.

1.3.4.2 Courbes d'évolution des teneurs en Nitrates

A partir des résultats du suivi d'analyses de la ARS et de la base de données ADES pour les teneurs moyennes ponctuelles sur la période 1987-2009, nous avons tracé des courbes d'évolution des teneurs en Nitrates par point de suivi sur la période d'analyses disponibles. Ces points de suivi ont été regroupés par commune dans les graphiques présentés ci-dessous dans les **Figure 1** à **Figure 12**.

Le forage Barquets (ou St Chande) à Montségur-sur-Lauzon (**Figure 1**) présente des teneurs en nitrates variant de 5 à 15 mg/l entre 1991 et 2007.

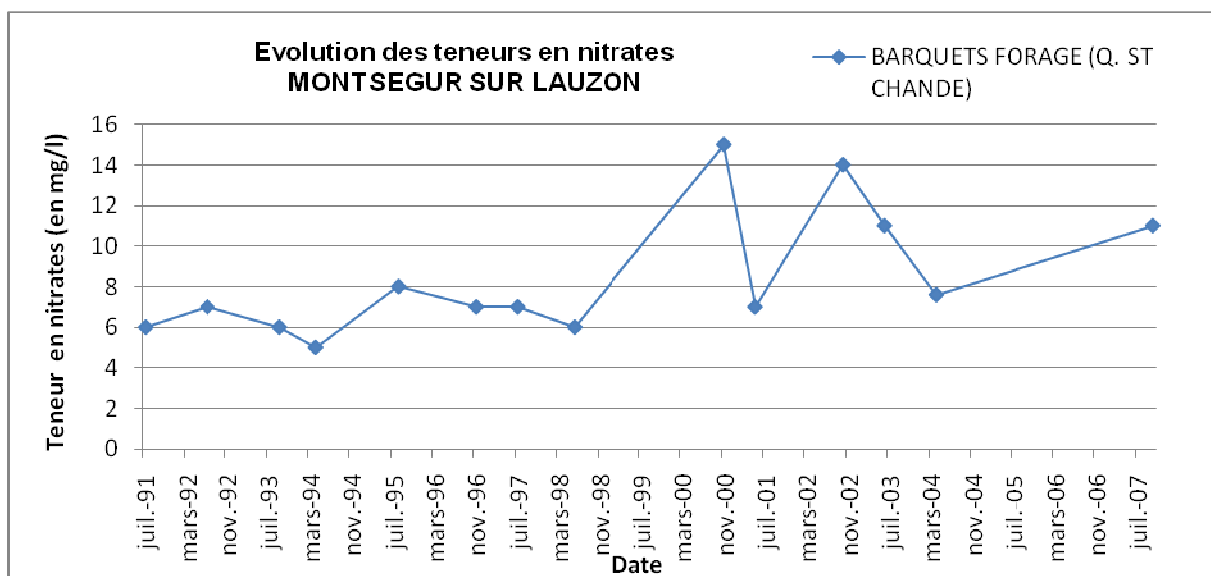


Figure 1 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Montségur-sur-Lauzon

A Grignan (**Figure 2**), les teneurs en nitrates sont très faibles (inférieures à 4mg/l) sur la période 1989 – 2008 et quasi constantes depuis 2000 sur le forage AEP Cros Du mas

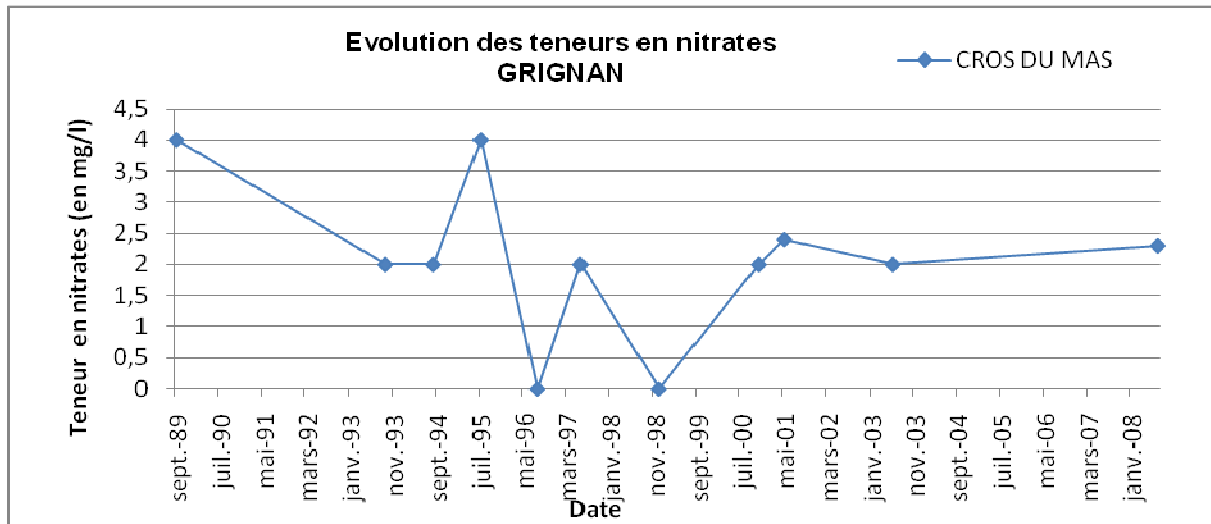


Figure 2 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Grignan

A Saint-Pantaléon-les-Vignes (**Figure 3**), les teneurs en nitrates sont très faibles (inférieures à 5 mg/l) et quasi constantes entre 1989 et 2008 pour le forage privé du CAT les Tilleuls. En revanche, elles varient entre 12 et 21 mg/l pour l'ouvrage BSS n° 08911X0014/HY et pour le forage Roussin, du camping les Cyprès, sur leur période de suivi respective, 1989 – 2003 et 2005-2008. Les teneurs en nitrates du forage AEP Grand'Grange augmentent entre 1992 et 2006 pour atteindre environ 7 mg/l en 2006.

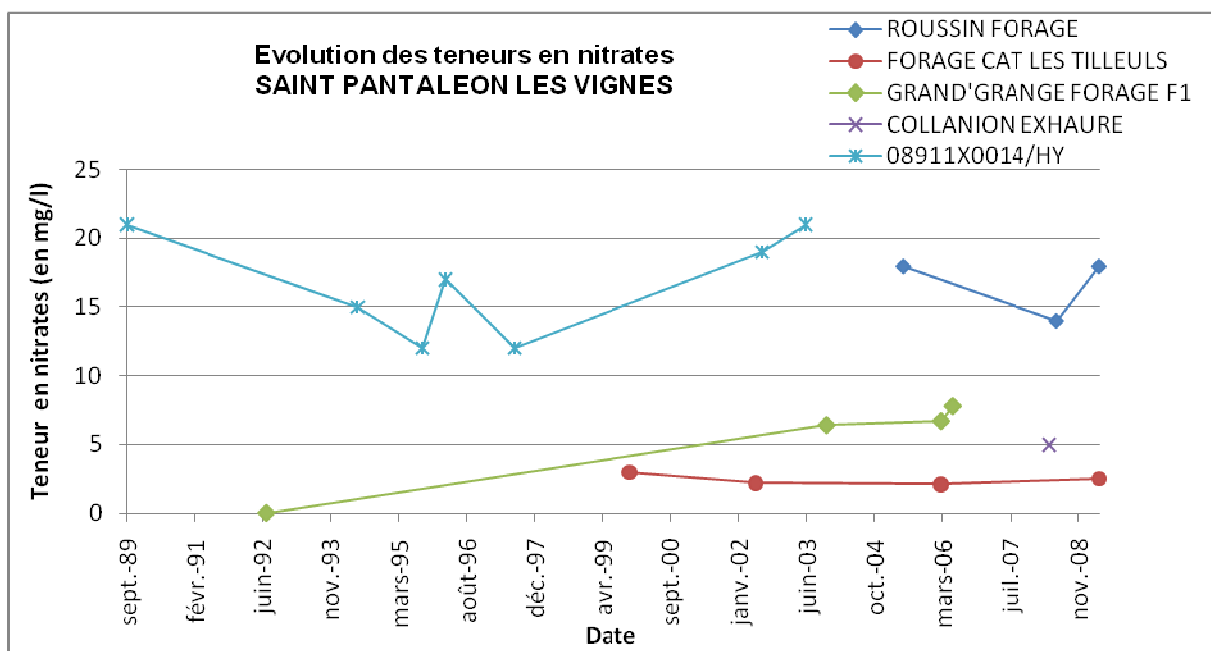


Figure 3 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Saint-Pantaléon-les-Vignes

Les teneurs en nitrates du forage AEP Sainte Font à Taulignan (**Figure 4**) varient entre 5 et 10 mg/l sur la période 1990 et 2007. Le forage privé Camphil le Beal a des teneurs en nitrates quasi constantes, environ égales à 6 mg/l sur la période 1994 et 2005, mais il présente un pic important en nitrates, égal à 45 mg/l en 2007. L'ouvrage BSS n° 08904X1005/F présente des teneurs en nitrates constantes autour de 6 mg/l sur l'année 2009.

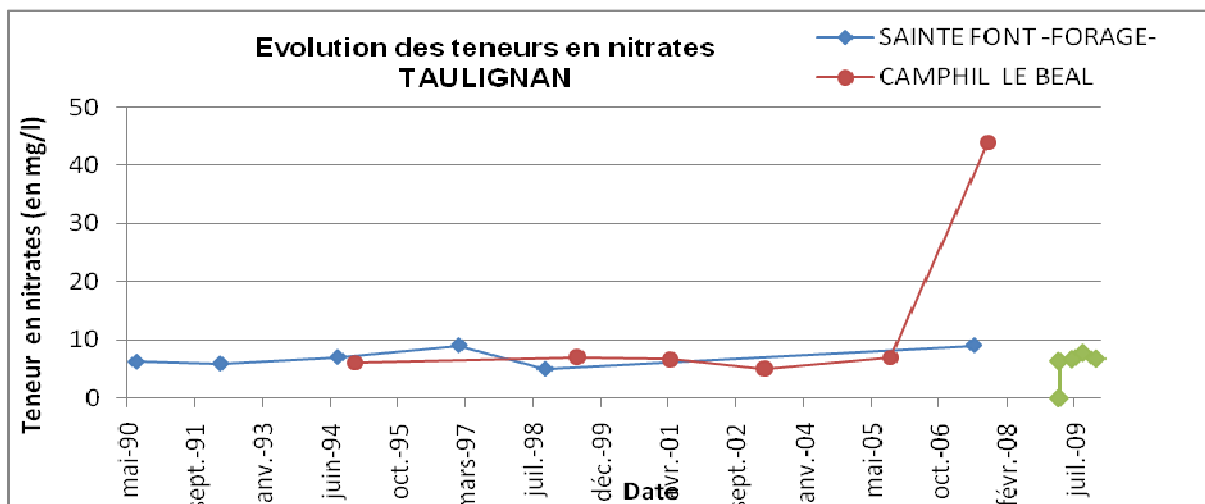


Figure 4 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Taulignan

Le forage AEP des Barroux, sur la commune de Venterol (**Figure 5**), présente une concentration en nitrates nulle sur la période 2002 – 2004.

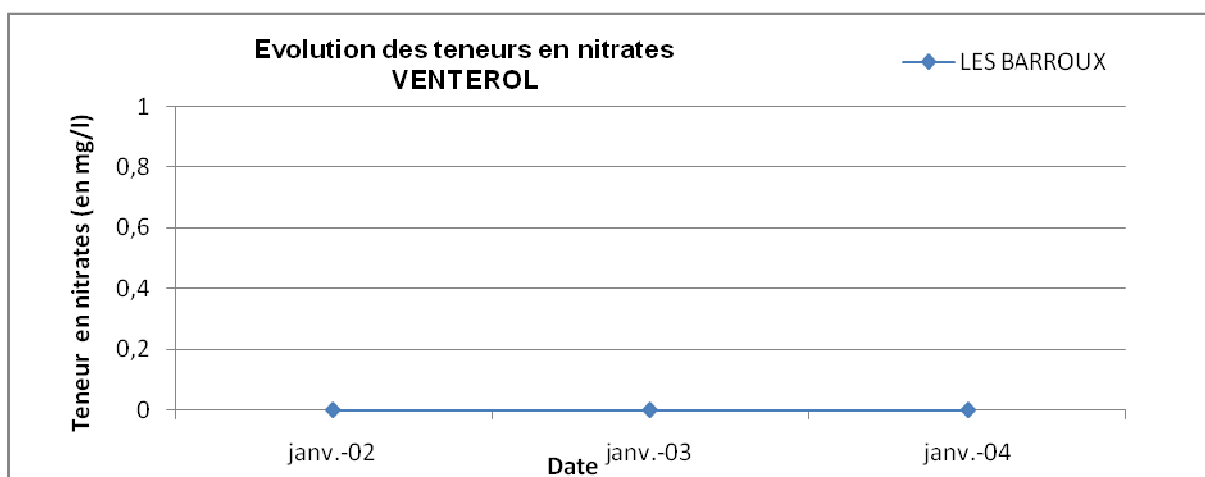


Figure 5 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Venterol

A Chantemerle-les-Grignan (**Figure 6**), le forage AEP Saint Maurice présente des teneurs en nitrates qui augmentent jusqu'à 16 mg/l sur la période 1987-2007.

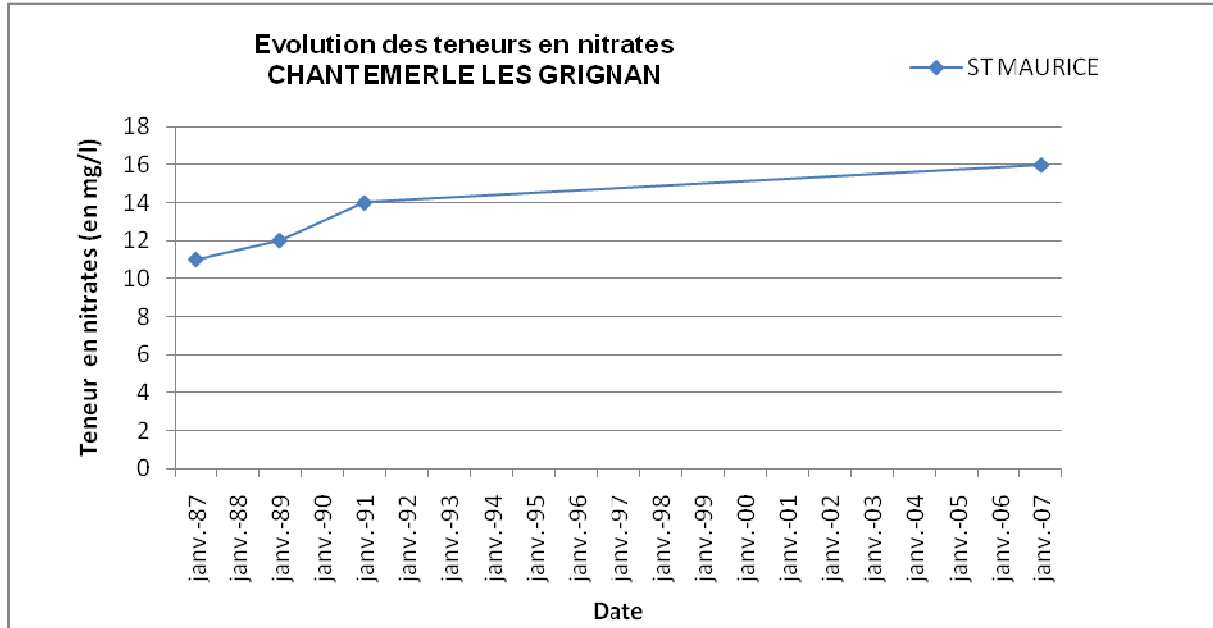


Figure 6 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Chantemerle-les-Grignan

Le forage AEP de Bavène à Valréas (**Figure 7**) présente des teneurs en nitrates légèrement supérieures à 5 mg/l entre 2002 et 2006 et qui sont constantes et égales à 1 mg/l depuis 2006 jusqu'à 2009. En revanche, le forage Montmartel présente des teneurs élevées en nitrates depuis 2004, année où elles ont atteint 45 mg/l. Elles étaient légèrement supérieures à 5 mg/l entre 2002 et 2004. Sur la période 2004 – 2009, elles varient entre 30 et 40 mg/l.

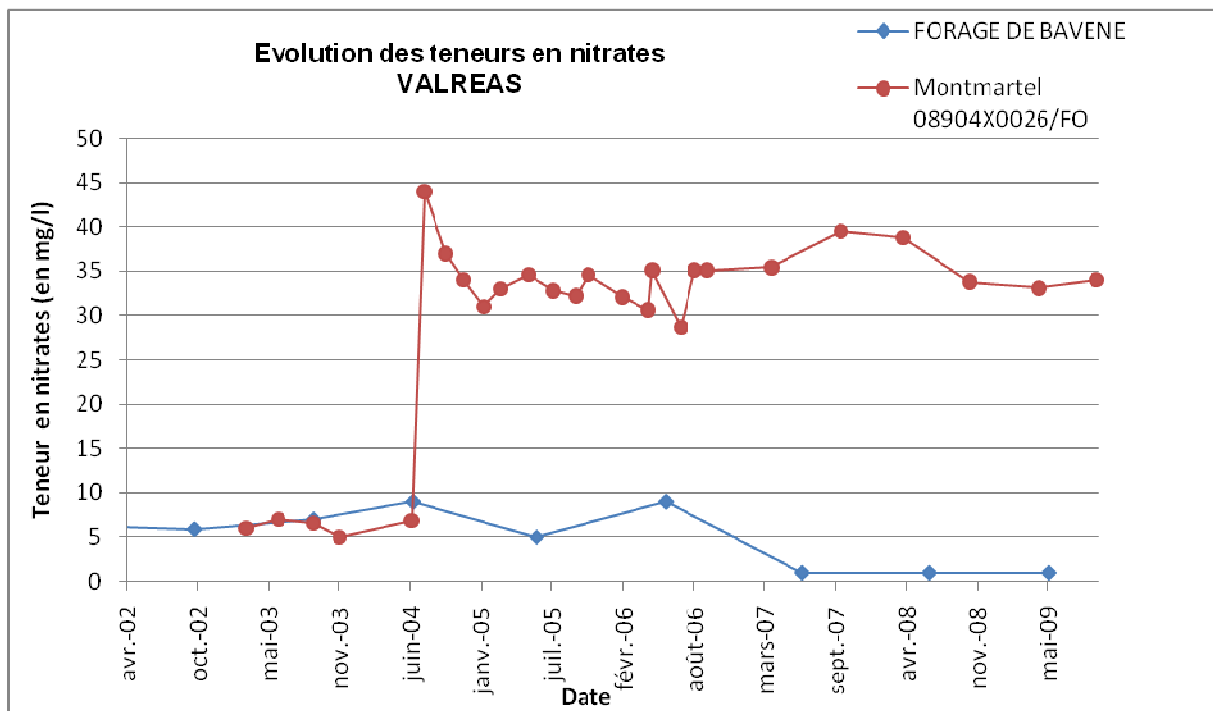


Figure 7 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Valréas

A Cairanne (**Figure 8**), les forages F1 et F2 des sources Floraliès et Sainte Cécile, ont des teneurs en nitrates quasi nulles sur la période 1999 – 2002 pour F1 et sur l'année 2002 pour F2. En revanche, le forage F3 de la source Sainte Cécile a des teneurs en nitrates qui oscillent entre 0 et 5 mg/l entre 2005 et 2007. Les teneurs en nitrates du forage de la Cave de Cairanne varient entre 4 et 6 mg/l entre 2003 et 2008, avec un pic proche de 11 mg/l en 2009.

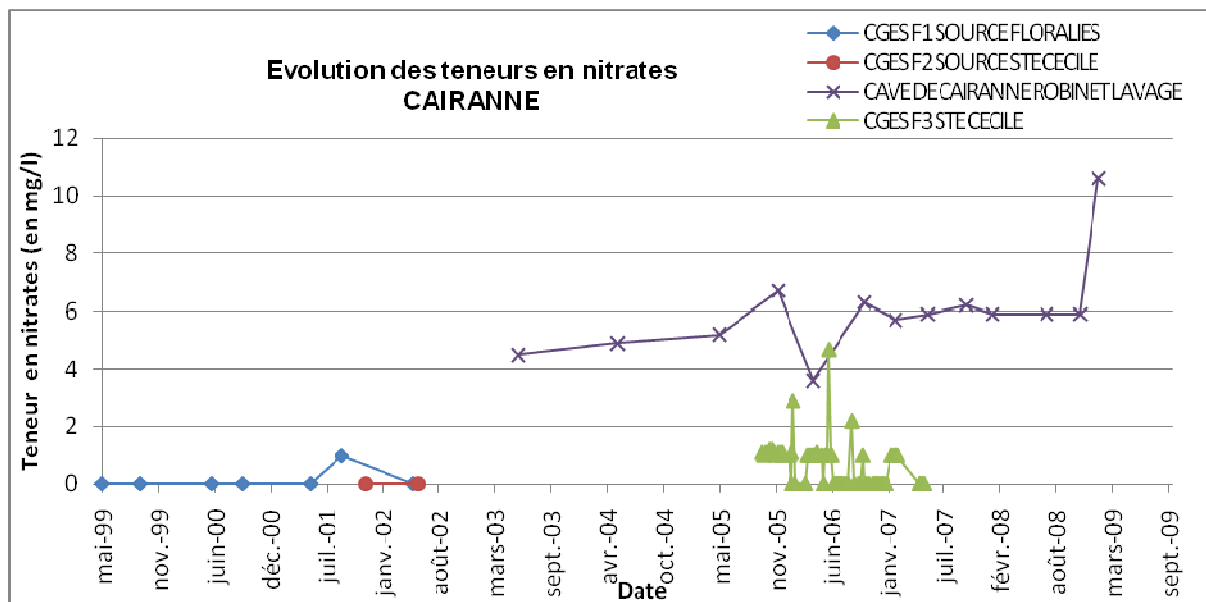


Figure 8 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Cairanne

Le forage de la coopérative Cécilia à Sainte-Cécile-les-Vignes (**Figure 9**) présente des teneurs en nitrates qui varient entre 4 et 8 mg/l sur la période 2001 – 2009.

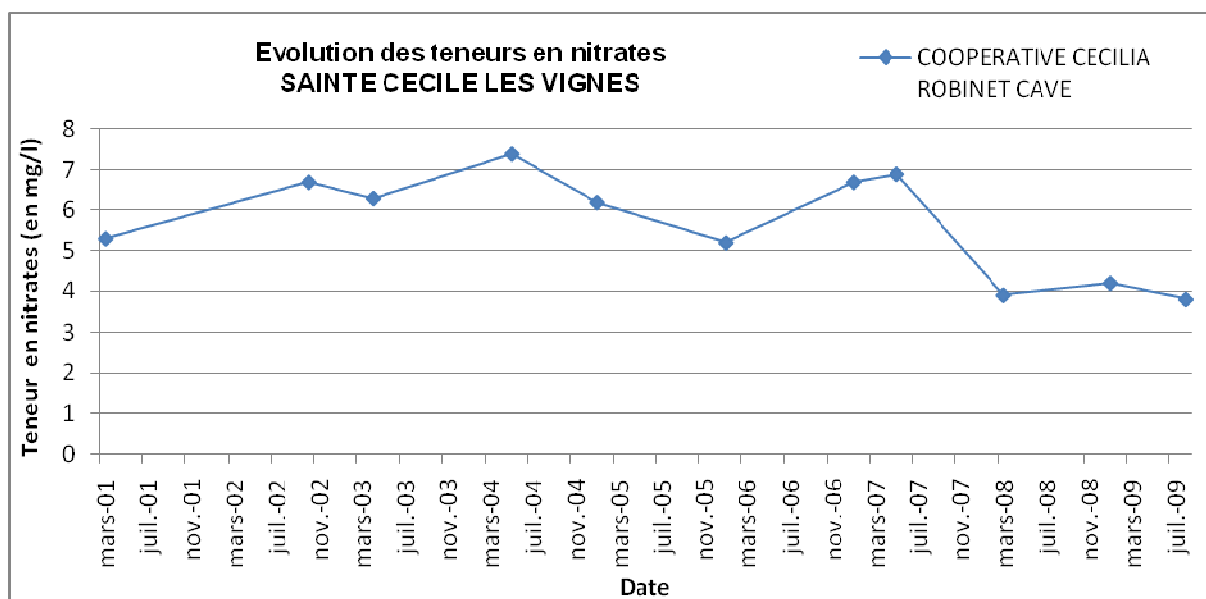


Figure 9 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Sainte-Cécile-les-Vignes

A Visan, (*Figure 10*), le forage Tortel, le forage de la Conserverie de l'Enclave des Papes et le forage BSS n° 08907X0014/FO ne présentent aucune présence de nitrates sur leur période d'analyse respective, 2007 – 2009, 2003 – 2009 et 2004. En revanche, les teneurs en nitrates du forage de la fromagerie Le Truffier Vert étaient très élevées (supérieures à 60 mg/l) entre 2004 et 2008, mais depuis 2008 celles-ci sont quasi nulles.

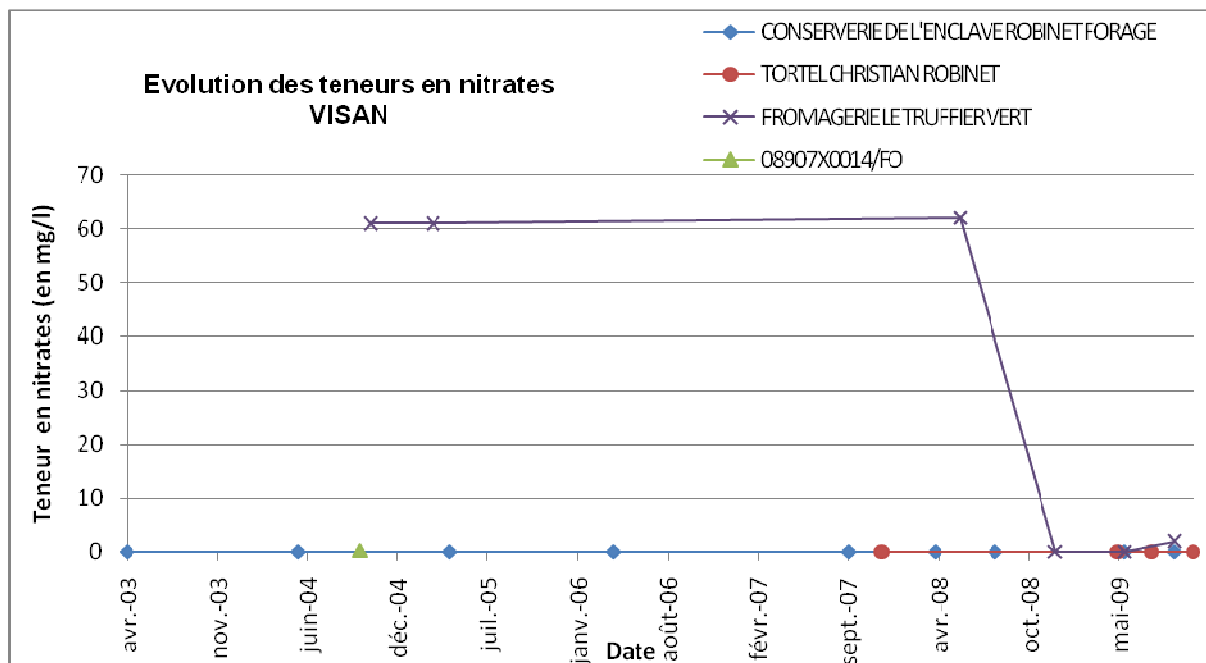


Figure 10 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Visan

A Violès (*Figure 11*), le forage du Bois des Dames présente des teneurs en nitrates élevées, qui varient entre 20 et 35 mg/l sur la période 2001 – 2009.

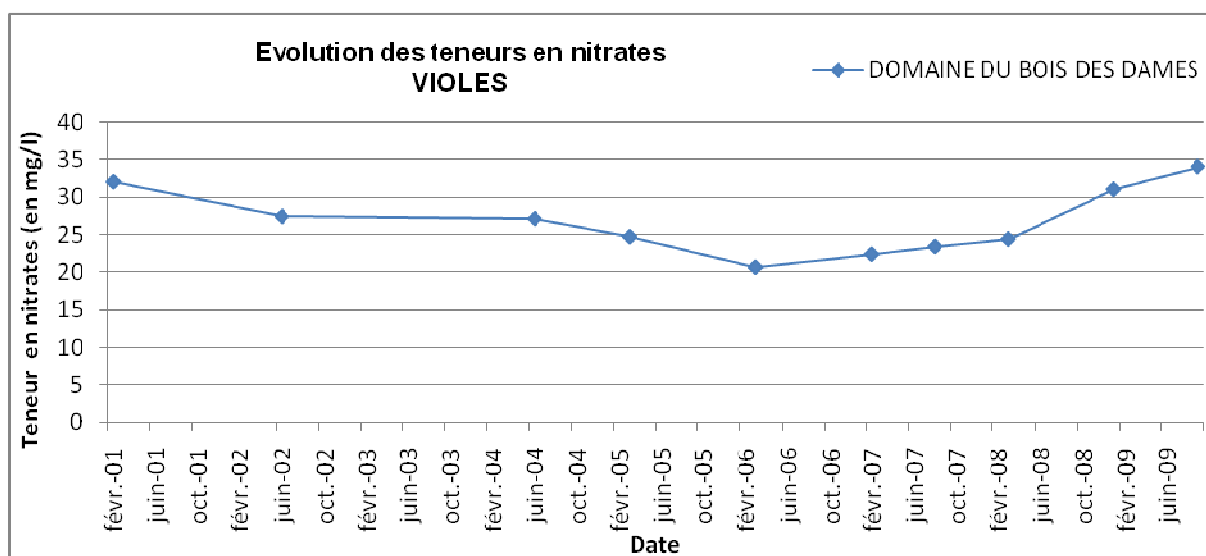


Figure 11 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Violès

A Tulette (*Figure 12*), les teneurs en nitrates de l'ouvrage BSS n° 08907X1013/F2 sont nulles sur l'année 2009.

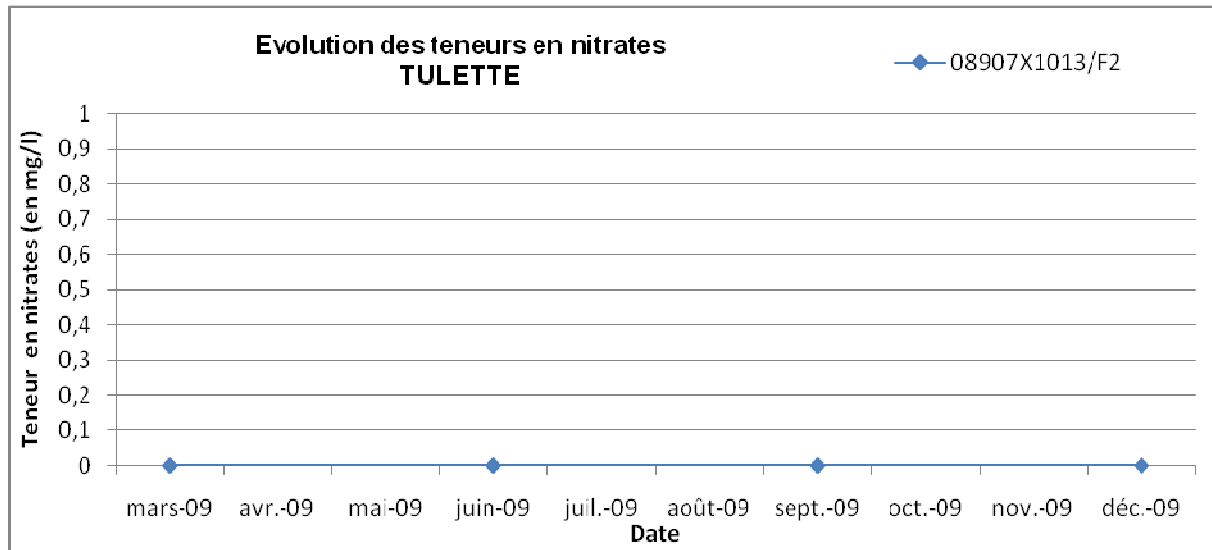


Figure 12 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Tulette

1.3.5 Pesticides

Les résultats des analyses réalisées par la ARS Drôme et Vaucluse, les suivi ADES et la thèse de Doukouré (2005) permettent d'établir une carte des pesticides retrouvés sur le bassin de Valréas.

Les zones dans lesquelles des pesticides ont été retrouvés sont corrélées avec des concentrations élevées en nitrates. En général, ce sont toujours les mêmes pesticides qui sont retrouvés sur le bassin : Simazine, Atrazine, Atrazine déséthyl, Atrazine-disopropyl, Terbutylazine, Terbutylazine-déséthyl.

1.4 Vulnérabilité

1.4.1 Vulnérabilité intrinsèque

La carte de vulnérabilité intrinsèque du bassin de Valréas a été réalisée à partir de la carte de structure du bassin et des cartes de qualité.

En effet, ont été considérées comme non vulnérables, les zones ayant une protection naturelle, notamment par la présence d'un recouvrement pliocène argilo-marneux, qui protège la nappe contenue dans l'aquifère miocène des pollutions de surface. Ont été notées comme peu vulnérables les zones ayant un recouvrement par les massifs tortoniens, faciès plutôt marneux.

Des zones pour lesquelles la présence de nitrates à des concentrations supérieures à 10 mg/l et/ou des pesticides a été observée au moins une fois, ont été considérées comme de vulnérabilité avérée car cela signifie que les pollutions peuvent atteindre la nappe miocène.

1.4.2 Vulnérabilité extrinsèque

La carte de vulnérabilité extrinsèque représente plusieurs éléments pris en compte. D'abord, l'occupation du territoire a été représentée à partir de la base de données Corine Land Cover. On remarque que la majorité du territoire du bassin de Valréas est couvert par des cultures permanentes avec quelques zones de forêt et de terre arable.

Les cours d'eau sont également représentés. Ils sont issus de la base de données SANDRE. Les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et sites SEVESO ont pu être représentés à partir des données fournies par la DREAL Provence Alpes Côte d'Azur. Enfin, à partir de la base de données BASIAS, les anciens sites industriels et activités de service ont été positionnés. Il est à noter que les sites industriels sont plutôt situés en zone urbaine, excepté dans la partie Sud du bassin où des activités industrielles sont assez dispersées (exemple au Nord de Violès et au Sud de Sainte-Cécile-les-Vignes).

1.5 Pression de prélèvements

La carte de pression de prélèvement a été réalisée à partir de tous les ouvrages renseignés dans le tableur de données. Ces ouvrages sont issus des bases de données BSS, Chambre d'Agriculture Drôme et Vaucluse, DDT Drôme et Vaucluse, DREAL Provence Alpes Côte d'Azur et Rhône Alpes, ARS Drôme et Vaucluse, ADES, ANDRA et différentes thèses et rapports d'études. Il est important de noter que sont représentés uniquement les ouvrages connus, et donc déclarés. Il en existe probablement beaucoup plus, non déclarés, dont on ne peut connaître le nombre exact.

La distinction des ouvrages a été faite en fonction de l'aquifère capté ; sont représentés différemment les ouvrages renseignés comme captant l'aquifère miocène, ceux ne captant pas l'aquifère miocène et ceux dont l'aquifère n'est pas renseigné.

A partir des données de la Chambre d'Agriculture et des volumes de prélèvement de la redevance Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, les quantités de prélèvements connues ont été représentées. Il est à noter que ces données sont incomplètes et sont à prendre avec prudence car pour un même exploitant possédant plusieurs ouvrages, il peut arriver que la quantité prélevée est renseignée globalement sur tous les ouvrages, et non en quantité par ouvrage.

On remarque une zone avec une pression de prélèvement dans le miocène importante qui est le couloir Saint Pantaléon les Vignes – Visan, également Sainte-Cécile-les-Vignes et Vaison-la-Romaine ont de nombreux ouvrages. La zone Sud du bassin possède beaucoup d'ouvrages également, mais on ne sait pas quel aquifère est capté, il est possible que ce soit plutôt l'aquifère alluvionnaire et non le miocène.

Peu d'ouvrage sont recensés dans la partie Nord-Est du bassin jusqu'au massif tortonien le plus au Sud.

1.6 Cartes à dire d'experts

1.6.1 Foreurs et installateurs de pompes

Les foreurs et installateurs de pompes travaillant sur le secteur d'études ont été rencontrés afin de prendre en compte leur connaissance de terrain. Ainsi, les entreprises Briès et fils, Granger, Meynard, Michelier et NPSI ont été contactées. Lurmin forage et Gilles et Païta n'ont pas pu être rencontrés pour cause d'incompatibilité d'emploi du temps.

La carte à dire d'expert représente, selon les professionnels, les débits air-lift mesurés sur des ouvrages connus. On retrouve la bande Sud de Valréas – Sainte-Cécile-les-Vignes, très productive, une zone autour de Sérignan-du-Comtat et Camaret-sur-Aigues semble également productive. L'Est du bassin semble un peu moins productif, et la partie Nord apparaît comme non productive.

En ce qui concerne la qualité de l'eau rencontrée sur le bassin, on note la présence d'eau salée autour de Malaucène et la présence de H₂S autour de Tulette et Vinsobres.

1.6.2 Georges TRUC

Georges Truc a été rencontré pour sa connaissance importante du bassin de Valréas. Il a pu nous informer des zones qui, selon lui, présentent un intérêt notable, et celles les moins intéressantes.

Du point de vue de la quantité, deux zones lui paraissent comme plus intéressantes : le Sud de Valréas et autour de Sainte-Cécile-les-Vignes. Des zones sont aujourd'hui méconnues en profondeur, il pourrait être intéressant d'aller prospecter plus en profondeur dans le but d'avoir une productivité correcte. Il s'agit d'une zone autour de Bouchet car il y a une épaisseur de Pliocène importante, au moins 200 m avant d'atteindre la nappe du Miocène, l'Est de Sérignan-du-Comtat, où peu d'ouvrages sont recensés comme captant le miocène, les ouvrages se situent plutôt dans les alluvions et donc il y a peu de connaissance actuellement sur la nappe du Miocène dans ce secteur. Autour de Violès, il y a également beaucoup d'ouvrages qui prélèvent dans les alluvions et peu dans le miocène. Enfin, entre Villedieu et Vaison-la-Romaine il y a actuellement peu d'information en profondeur ; c'est pourquoi il pourrait être intéressant selon lui d'investiguer cette zone qui pourrait s'avérer productive.

Georges Truc met en évidence également une zone pour laquelle il n'y a pas de connaissance actuellement et qui nécessiterait la réalisation de forages profonds afin de connaître sa productivité : il s'agit de la bordure Ouest du massif tortornien le plus au Nord. Enfin, au Sud-Ouest du second massif tortonien, une zone pourrait être potentiellement intéressante, non dans le miocène mais plutôt dans les calcaires sous-jacents, car un foreur a réalisé un forage dans lequel la boue s'est avérée être laiteuse, et différente de celle obtenue habituellement dans le secteur. Il pourrait s'agir d'un dôme calcaire créacé productif, sous le miocène.

Le reste de l'ensemble du bassin n'est, selon lui, pas productif c'est-à-dire qu'il n'y aurait pas de débits de plusieurs dizaines de m³/h, nécessaire pour une collectivité.

Du point de vue de la qualité, du fer est présent sur l'ensemble du bassin, avec des concentrations plus importantes, mais qui restent traitables, autour de Bouchet et de Sainte-Cécile-les-Vignes. La présence d'eau salée, c'est-à-dire de chlorures de sodium en quantité inexplicite, non anthropique, a été notée autour de Sérignan-du-Comtat et de Suze la Rousse.

La présence d'ammonium est connue autour de Tulette. L'extension de cette zone n'est pas définie, il est possible qu'elle s'étende davantage autour de Tulette, mais l'information n'est pas connue aujourd'hui.

Sur l'ensemble du bassin, la présence de H₂S est corrélée avec celle du fer.






1.7 Carte synthétique de pré-identification des zones sur le Bassin de Valréas

A partir de tous les critères détaillés précédemment, on peut réaliser un zonage du territoire, avec des zones de propriétés globalement semblables en termes de quantité, qualité, vulnérabilité, critère socio-économique et coût des investigations ou d'acquisition de connaissances.

L'objectif de l'étude étant, à long terme, d'utiliser la ressource miocène pour l'alimentation en eau potable des collectivités, il nous ait apparu pertinent d'exclure des zones de très faible productivité, c'est-à-dire de débit spécifique (Qs) inférieur à 0,1 m³/h/m. Aucune zone n'a été exclue en terme de qualité car les concentrations en sulfates et chlorures restent en dessous de la référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine et toutes les concentrations en fer connues sur le bassin restent traitables.

Les zones, une fois établies, ont ensuite été classées en fonction de la productivité et des connaissances actuelles. Elles ont été hiérarchisées à l'aide des critères précédemment définis, selon la méthodologie décrite précédemment.

On peut classer les zones de la façon suivantes :

-  Zone de bonne productivité : zone n° 1 ;
-  Zone de productivité moyenne : zones n° 2, 3, 4, 5, 6, 7 ;
-  Zone de faible productivité : zones n° 8, 8, 10 ;
-  Zone avec un manque d'information, à prospecter à plus long terme : zones n° 11, 12, 13 14 ;
-  Zone très méconnues : massifs tortoniens, Sud-Est et Sud-Ouest du bassin.

On peut représenter la hiérarchisation de ces zones à l'aide du **Tableau 2**.

| Critère | | Productivité | Qualité | Socio-économique | Vulnérabilité | Coût d'investigations |
|---------|---------|--------------------------------|--|---|--|--|
| N° zone | Couleur | | | | | |
| 1 | Couleur | | | | | |
| | Raison | Qs > 2 m ³ /h/m | Présence de nitrates et de pesticides | Nombre d'ouvrages très élevé, et en dehors du périmètre des syndicats | En zone de vulnérabilité avérée | Nombreux ouvrages à recenser, inspecter, voir protéger |
| 2 | Couleur | | | | | |
| | Raison | 1 < Qs < 2 m ³ /h/m | Présence de nitrates et pesticides à plus faible concentration | Nombre d'ouvrage élevé et en dehors du périmètre des syndicats | En zone de vulnérabilité avérée mais plutôt en amont du bassin | Nombreux ouvrages à recenser, inspecter, voir protéger |

| Critère | | Productivité | Qualité | Socio-économique | Vulnérabilité | Coût d'investigations |
|---------|---------|--|---|--|---|--|
| N° zone | | | | | | |
| 3 | Couleur | | | | | |
| | Raison | $1 < Q_s < 2 \text{ m}^3/\text{h/m}$ | Présence de nitrates | Nombre d'ouvrage peu élevé et en dehors du périmètre des syndicats | En zone de vulnérabilité avérée | Ouvrages à recenser, inspecter, voir protéger |
| 4 | Couleur | | | | | |
| | Raison | $1 < Q_s < 2 \text{ m}^3/\text{h/m}$ | Fortes concentrations en fer | Nombre d'ouvrage faible et dans le périmètre des syndicats | En zone de vulnérabilité potentielle | Plutôt des analyses ou essai de pompage |
| 5 | Couleur | | | | | |
| | Raison | $0.1 < Q_s < 2 \text{ m}^3/\text{h/m}$ | Présence de nitrates | Nombre d'ouvrage élevé et en dehors du périmètre des syndicats | En zone de vulnérabilité avérée | Ouvrages à recenser, inspecter, voir protéger et forage pour aller voir plus en profondeur |
| 6 | Couleur | | | | | |
| | Raison | $0.1 < Q_s < 2 \text{ m}^3/\text{h/m}$ | Plutôt bonne qualité | Peu d'ouvrage et dans le périmètre des syndicats | En grande partie sous le massif tortonien | Plutôt des forages moyennement profonds |
| 7 | Couleur | | | | | |
| | Raison | $0.1 < Q_s < 2 \text{ m}^3/\text{h/m}$ | Plutôt de bonne qualité | Peu d'ouvrage et dans le périmètre des syndicats | En zone de vulnérabilité potentielle et en aval du bassin | Des analyses, essais de pompage ou des forages peu profonds |
| 8 | Couleur | | | | | |
| | Raison | $0.1 < Q_s < 1 \text{ m}^3/\text{h/m}$ | Présence de fer à des concentrations élevées et présence d'eau salée à Suze la Rousse selon G. Truc | Peu d'ouvrage mais en dehors des périmètres des syndicats | En zone de vulnérabilité potentielle | Des analyses, essais de pompage ou des forages peu profonds |
| 9 | Couleur | | | | | |
| | Raison | $0.1 < Q_s < 1 \text{ m}^3/\text{h/m}$ | Présence de nitrates et de pesticides | Peu d'ouvrage mais en dehors des périmètres des syndicats | En zone de vulnérabilité avérée | Des analyses, essais de pompage ou des forages peu profonds |
| 10 | Couleur | | | | | |
| | Raison | $0.1 < Q_s < 1 \text{ m}^3/\text{h/m}$ | Pas de données | Peu d'ouvrage et dans le périmètre des syndicats | En zone de vulnérabilité potentielle mais plutôt en amont du bassin | Des analyses, essais de pompage ou des forages peu profonds |

| N° zone | Critère | Productivité | Qualité | Socio-économique | Vulnérabilité | Coût d'investigations |
|----------------------|---------|---|---|--|---------------------------------------|---|
| | | | | | | |
| 11 | Couleur | | | | | |
| | Raison | Pas de données | Pas de données | Très peu d'ouvrage | Non vulnérable car sous le tortonien | Plutôt des forages profonds |
| 12 | Couleur | | | | | |
| | Raison | Pas de données | Peu de données mais on peut s'attendre à des problèmes de qualité du fait d'un milieu réducteur | Peu d'ouvrage et incertitude sur l'aquifère capté | Non vulnérable car sous le pliocène | Plutôt des forages profonds |
| 13 | Couleur | | | | | |
| | Raison | $Q_s > 1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ ou $10 < Q_{\text{air-lift}} < 30 \text{ m}^3/\text{h}$ | Pas de données | Très peu d'ouvrage | En amont du bassin | Des analyses, essais de pompage ou des forages peu profonds |
| 14 | Couleur | | | | | |
| | Raison | Pas de données | Présence de fer, sulfates et chlorures à des concentrations assez élevées | Nombre d'ouvrage élevé mais à l'intérieur du périmètre des syndicats | En zone de vulnérabilité potentielle | Plutôt des forages moyennement profonds, essai de pompage et analyses |
| MASSIF tortonien | Couleur | | | | | |
| | Raison | Pas de données | Pas de données | Très peu d'ouvrage | Protection par les massifs tortoniens | Plutôt des forages profonds |
| Sud-Est Sud-Ouest | Couleur | | | | | |
| | Raison | Pas de données | Pas de données | Des ouvrages mais incertitudes sur l'aquifère capté | En zone de vulnérabilité potentielle | Plutôt des forages moyennement profonds |

Tableau 2 : Hiérarchisation des zones

Il semble, de façon pertinente, que le choix des zones sur lesquelles porter l'attention par la suite, doit se faire d'abord sur les critères de quantité et de qualité, et ensuite en tenant compte des critères de vulnérabilité, de socio-économie et de coût d'investigation. Ainsi, il ne semble pas intéressant de privilégier les zones 1, 2, 3, 4, 5 car malgré le fait qu'elles semblent productives elles présentent une qualité médiocre. Les zones 9 et 10 ne paraissent pas intéressantes en termes de productivité.

En revanche, les zones 6, 7, 8 et 13 ont a priori une productivité moyenne, mais plutôt une bonne qualité pour les zones 6, 7 et 8 et sans données de qualité pour la zone 13. Elles paraissent ainsi être les plus pertinentes.

Les zones 11, 12, 14, les massifs tortoniens, et les bordures Sud-Est et Sud-Ouest présentent des incertitudes en termes de quantité. Elles pourraient être investiguées à plus long terme, mais ne sont pas à négliger.

1.8 Conclusion sur le bassin de Valréas

Dans le bassin de Valréas, la présence des rias pliocènes profondes et des massifs tortoniens structure l'hydrogéologie du bassin. Précisons que les limites des différentes zones sont relatives aux connaissances disponibles et demeurent approximatives dans leur position. Ces limites pourront donc être affinées en cours d'étude aux bénéfices des nouvelles connaissances qui seront éventuellement acquises dans les phases suivantes.

Plusieurs des zones ainsi délimitées bénéficient d'un intérêt potentiel vraisemblable, conditionnel à l'acquisition de nouvelles connaissances. Les dires d'experts ont par exemple ainsi souligné des secteurs peu connus mais dont le potentiel pourrait s'avérer pertinent.

La hiérarchisation des zones d'intérêt sur la base des seules informations disponibles ne peut donc conclure de manière univoque à la sélection des meilleures zones, puisqu'elles ne bénéficient pas toutes du même degré de connaissances.

Egalement, et de façon plus générale, le mode de formation et de remplissage du bassin laisse supposer la présence en profondeur d'eaux plus anciennes qui pourraient rencontrer les critères de quantité et de qualité. Du point de vue de la qualité, les eaux plus profondes sont en effet vraisemblablement non atteintes par les pollutions anthropiques, mais peuvent être sujettes à une contamination géochimique (fer, manganèse, H₂S, sulfates, chlorures).

Les principales voies d'alimentation en eau de la nappe miocène semblent être reliées à la recharge prenant place dans les zones d'affleurement ou de contact avec les nappes des formations quaternaires sus-jacentes. Les directions d'écoulement de la nappe, mises en évidence par les cartes piézométriques établies, favorisent la recommandation des zones situées en amont plutôt qu'en aval, afin d'éviter la pollution anthropique liée aux activités urbaines, industrielles et agricoles.

Dans les faits, aucune zone ne rencontre la 'perfection' au niveau des différents critères pris en compte. En fonction des critères considérés, zones différentes sont priorisées. La priorisation des zones à scruter plus précisément en phase 2 de l'étude devra donc résulter d'un compromis entre les différents critères.

Rappelons encore une fois que les zones ne sont pas toutes connues de la même façon et que ce manque de connaissances peut favoriser des zones ou a contrario les défavoriser. Ce fait doit également être pris en compte dans la comparaison et la hiérarchisation des zones.

2 PHASE 2 : CARACTERISATION DES ZONES STRATEGIQUES

2.1 Zones retenues à l'issue de la phase 1

2.1.1 Zones d'étude

Deux zones ont été retenues par le Syndicat Rhône-Aygue-Ouvèze pour la phase 2 :

- ✚ La zone 6 de la phase 1, qui englobe l'Ouest de la vallée de l'Aygue depuis le Sud-Ouest de Saint Maurice sur Aygues, en passant à l'Est de Tulette et de Sainte-Cécile-les-Vignes ; cette zone intègre également Buisson, Saint Roman de Malegarde et Cairanne et s'appuie sur la bordure Ouest du massif tortonien ;
- ✚ La zone 7 de la phase 1, située au Sud de la précédente, dont la limite Ouest correspond à la limite du bassin miocène entre Sainte-Cécile-les-Vignes et Sérignan-du-Comtat, et la limite Est à la vallée de l'Ouvèze ; cette zone passe au Nord de Camaret sur Aygues et de Violes et intègre les villes de Travaillan, Rasteau et Roaix.

Ces deux zones voisines ont été regroupées dans une seule zone d'étude élargie qui s'étend d'amont en aval dans les vallées de l'Aygue et de l'Ouvèze, depuis Tulette, Buisson et Vaison-la-Romaine au Nord-Est jusqu'à Sérignan-du-Comtat, Travaillan et Violès au Sud-Ouest.

2.1.2 Formation aquifère

Les logs géologiques (issues de la banque de données du sous sol du BRGM ou de l'étude ANDRA) des ouvrages répertoriés dans les zones d'étude ont été analysés. Vingt quatre ouvrages, situés sur les zones d'étude ou à proximité, ont une description géologique et donnent également des informations sur la nature du tubage de l'ouvrage. Parmi les logs géologiques d'ouvrages ne donnant pas d'information sur la nature du tubage, vingt quatre fournissent le nom du foreur. Il sera possible de contacter le foreur, si besoin, pour savoir si celui-ci a des données plus précises sur l'ouvrage. Onze entreprises différentes de forage sont répertoriées.

Les logs géologiques des ouvrages permettent d'avoir des informations sur la profondeur du toit de l'aquifère miocène. Vingt huit ouvrages sur les zones d'études fournissent ce type d'information. Dans les secteurs où l'on rencontre un remplissage pliocène, le mur du Pliocène correspond alors au toit de l'aquifère miocène. Ces deux informations réunies, ainsi que les isobathes du mur du miocène, réalisées par ANDRA (1998), ont permis de réaliser des coupes Ouest/Est et Nord/Sud des zones d'études.

2.1.3 Productivité

La carte de productivité représentent les débits spécifiques mentionnés dans la thèse de Roudier (1987), ainsi que les ouvrages ayant des informations sur les débits de pompage, en fonction de l'aquifère capté, miocène, non miocène ou indéterminé. Dans la moitié Ouest de la zone 6, plusieurs ouvrages prélèvent dans l'aquifère miocène ou dans un aquifère indéterminé avec des débits de plusieurs dizaines de m³. L'ouvrage prélevant avec un débit de 140 m³/h est un

ouvrage à usage industriel, par la Compagnie Générale des eaux de Source. Au centre et au Nord-Ouest de la zone 7 les débits de pompage dans la nappe du miocène atteignent jusqu'à 45 m³/h.

Il est à noter que les données sur les débits de pompage sont en quantité relativement faible (seulement quarante quatre ouvrages) et ne sont pas réparties de façon homogène sur l'ensemble de la zone d'étude. Beaucoup de secteurs restent sans donnée.

2.1.4 Piézométrie

La carte de données piézométrique représente la piézométrie issue de l'étude ANDRA en 1998 ainsi que les informations sur les niveaux piézométriques issues du tableur de données. Cent soixante douze ouvrages sur l'ensemble de la zone d'étude ont des données de piézométrie. Cependant, il est à noter que ces données sont des données ponctuelles dans le temps, la plupart pour une seule mesure et pas toujours datées.

Le sens d'écoulement est globalement le même que celui mis en évidence par la carte piézométrique de l'ANDRA (1998) ; les niveaux piézométriques les plus hauts étant au Nord-Est et les niveaux les plus bas au Sud-Ouest. Cependant les niveaux mesurés semblent être légèrement inférieurs aux niveaux des courbes piézométriques tracées par l'ANDRA. Il faut toutefois savoir que les données piézométriques ponctuelles correspondent à l'ensemble des ouvrages, et il est possible que certains d'entre eux ne prélèvent pas forcément dans la nappe du Miocène.

2.1.5 Occupation du territoire

D'après les données issues de la base de données Corine Land Cover, la majorité du territoire est recouvert de surface agricole. Les zones urbaines, correspondant notamment aux villes de Cairanne, Violès, Rasteau et Roaix. Trois sites classés ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) et onze anciens sites industriels et activités de service (BASIAS) sont répertoriés.

2.1.6 Qualité des eaux

Plusieurs ouvrages situés sur les zones d'étude font l'objet d'un suivi de qualité par l'ARS du Vaucluse. Il s'agit de :

- ✚ La cave vinicole de Cairanne, des données sont disponibles entre 2002 et 2009 sur certains éléments, notamment les nitrates ;
- ✚ La cave vinicole de Violès (Domaine du bois des dames), des données sont disponibles sur la période 2001 – 2009 sur certains éléments dont les nitrates. Deux analyses de pesticides ont également été réalisées en 2007 ;
- ✚ Les trois forages des eaux embouteillées (Source Floralies et Sainte Cécile) de Cairanne. Les données sont disponibles sur la période 1999-2009 pour le forage F1, sur la période 2000-2009 pour le forage F2 et 2005-2009 pour le forage F3. Ces ouvrages font l'objet d'analyses sur de nombreux éléments, y compris les nitrates et les pesticides.

2.1.6.1 Fer

D'après les données issues de la thèse de Roudier (1987), les concentrations en fer sont inférieures à 50 µg/l au Sud de la zone Nord et au Nord-Ouest de la zone Sud, à l'Est et au Sud de Sainte-Cécile-les-Vignes. Aucune donnée de teneur en fer n'est disponible sur le reste du territoire des zones d'étude.

2.1.6.2 Sulfates et chlorures

Les thèses de Roudier, en 1987, et de Huneau, en 2000, fournissent des concentrations en Chlorures. Seule la thèse de Roudier, en 1987, fournit des teneurs en Sulfates. Les données issues de ces thèses sont complétées par les teneurs moyennes mesurées par les suivis de qualité réalisés par l'ARS sur certains ouvrages.

Les concentrations en sulfates et chlorures, lorsqu'elles sont connues, sont relativement faibles (inférieures à 30 mg/l) sur les zones d'études, hormis deux petites zones avec des concentrations en sulfates comprises entre 30 et 100 mg/l au Nord-Est de Sainte-Cécile-les-Vignes et au Nord de Sérignan-du-Comtat.

Peu de données de concentrations en sulfates et chlorures sont disponibles sur la zone d'étude la plus au Sud, notamment dans toute sa moitié Est. Aucune donnée n'est également disponible sur la partie Nord-Est de la zone la plus au Nord.

2.1.6.3 Nitrates

Les données issues des thèses de Roudier (1987), Huneau (2000), Doukouré (2005) et des suivis réalisés par l'ARS ou issues de la base de données ADES permettent de connaître les concentrations en nitrates sur les zones d'étude. La plupart de la zone Nord, ainsi que le quart Nord-Ouest de la zone Sud présentent des concentrations en nitrates inférieures à 25 mg/l, hormis deux secteurs qui présentent des concentrations pouvant être supérieures à 50 mg/l : l'un au centre de la zone Nord, au Nord-Est de Sainte-Cécile-les-Vignes, et l'autre au Nord-Ouest de la zone Sud, au Sud de Sainte-Cécile-les-Vignes. Un ouvrage, suivi par l'ARS 84, au centre de la zone Sud possède une concentration moyenne en nitrates supérieures à 25 mg/l.

Aucune donnée de concentration en nitrates n'est disponible sur les trois quarts de la zone Sud. Aucune donnée n'est également disponible au Nord-Est de la zone Nord.

2.1.6.4 Pesticides

Deux points, l'un dans la zone Nord correspondant aux ouvrages des eaux embouteillées de Cairanne, et l'autre, la cave vinicole de Violès, dans la zone Sud, ont fait l'objet d'analyses de pesticides.

Aucun pesticide n'a été retrouvé dans les eaux des forages d'eaux embouteillées de Cairanne, alors que des pesticides ont été retrouvés (en 2007) dans l'ouvrage de la cave Vinicole de Violès. Il s'agit de certains triazines et de leurs métabolites, notamment la simazine, l'atrazine, l'atrazine-déisopropyl et la terbuthylazine. Ils ont été retrouvés à des concentrations peu élevées (0.02 µg/l) pour la simazine, moyennement élevées (0.06 µg/l) pour l'atrazine et l'atrazine-déisopropyl et très élevées (0.34 µg/l) pour la terbuthylazine. La concentration de cette dernière molécule dépasse la norme de qualité qui est de 0.1 µg/l.

2.1.7 Usage de la ressource

La pression sur la ressource est importante comme l'atteste la densité élevée de forages recensés qui captent le Miocène.

Les ouvrages répertoriés sur les zones d'étude ont été distingués en fonction de leur usage. Vingt six ouvrages ont un usage domestique, trente deux ouvrages ont un usage agricole, cinq ouvrages sont utilisés par l'industrie, trois ouvrages sont à usage d'eaux embouteillées et l'usage de deux cent sept ouvrages n'est pas renseigné.

Les usages de la ressource sont donc principalement des usages domestiques ou agricoles, et on peut penser que ces usages sont aussi ceux des ouvrages non renseignés. La répartition des usages agricoles et domestiques est assez homogène sur la zone d'étude.

Un seul ouvrage est répertorié comme ayant un usage géothermique. Cette activité ne semble donc pas encore très développée dans les zones d'étude.

2.1.8 Statut des documents d'urbanisme

Treize communes sont présentes sur les zones d'étude : Sérignan-du-Comtat, Travaillan, Violès, Sablet, Cairanne, Sainte-Cécile-les-Vignes, Saint-Roman-de-Malegarde, Vaison-la-Romaine, Rasteau, Séguret, Roaix, Buisson et Tulette.

Les communes de Buisson, Cairanne, Rasteau, Roaix, Sablet, Séguret et Vaison-la-Romaine appartiennent à la Communauté de Commune du Pays Vaison Ventoux (COPAVO). Celle-ci a approuvé son SCOT en juillet 2010, et les communes ont alors trois ans pour se mettre en compatibilité avec ce SCOT. Les communes de Sainte-Cécile-les-Vignes, Travaillan, Sérignan-du-Comtat et Violès appartiennent à la Communauté de Commune Aygues Ouvèze en Provence. Celle-ci n'a pas encore commencé à élaborer son SCOT.

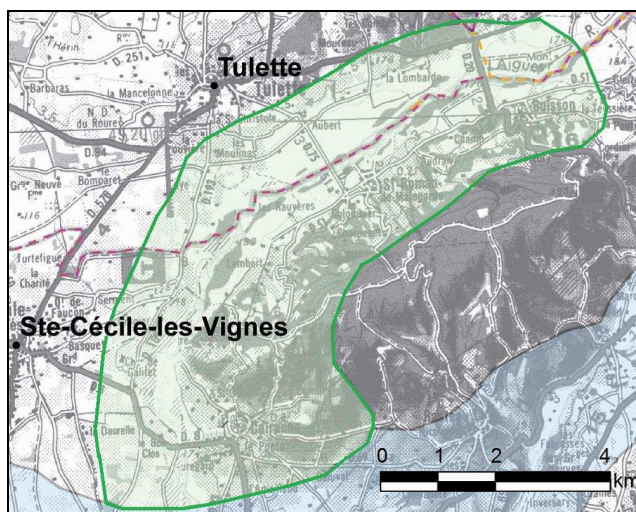
Le **Tableau 3** présente la situation de chacune des communes appartenant aux zones d'étude de la phase 2 par rapport aux documents d'urbanisme.

| | |
|----------------------------|---|
| PLU terminé | Buisson : PLU arrêté depuis 2006 |
| PLU en cours d'élaboration | Vaison-la-Romaine : en cours de modification de son PLU, avec pour objectif de l'arrêter d'ici fin 2010, pour une approbation au premier semestre 2011 |
| | Sablet : en cours d'élaboration de son PLU, actuellement en phase d'enquête publique |
| | Cairanne : en train d'élaborer son PLU, actuellement à la phase de définition de son Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) |
| | Sainte-Cécile-les-Vignes : en cours d'élaboration de son PLU, en est au niveau du diagnostic, avec pour objectif d'être à la phase d'enquête publique début 2011 |
| | Travaillan : élabore son PLU, avec pour objectif une approbation en 2011 |
| | Violès : vient de démarrer le projet de son PLU en septembre 2010 |
| | Saint-Roman-de-Malegarde : en train d'élaborer son PLU, sans délai fixé actuellement |
| | Sérignan-du-Comtat : en cours d'établissement de son PLU |
| PLU en projet à venir | Tulette : n'a pas de projet de PLU actuellement, mais il s'agit d'un projet à venir prochainement |
| POS ancien | Roaix, Rasteau, Séguret |

Tableau 3 : Documents d'urbanisme en vigueur

2.2 Fiches synthétiques des zones stratégiques

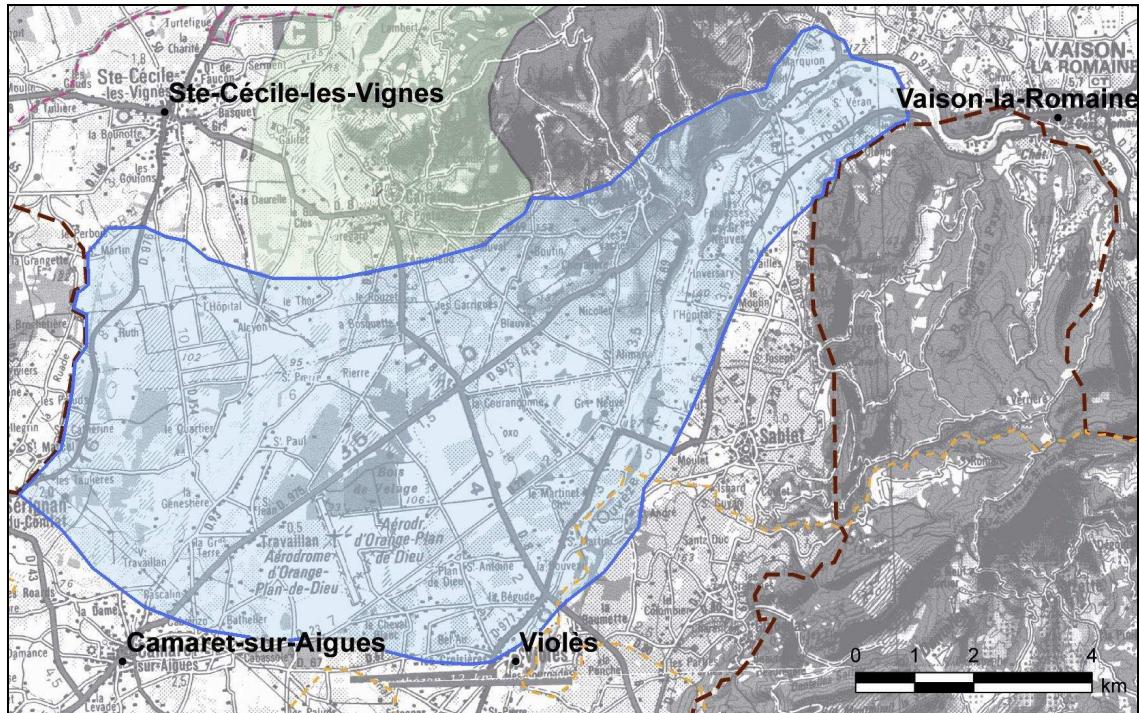
2.2.1 Zone Nord (6)



- **Très bonne productivité** : débits spécifiques de 1 à > 2 m³/h/m ;
- **Qualité satisfaisante** :
 - o les concentrations en **fer** seraient inférieures à 50 µg/l au Sud de la zone Nord et pourraient être plus élevées dans le Nord de la zone autour de Tulette ;
 - o les concentrations en **sulfates et chlorures** seraient relativement faibles (< 30 mg/l) sur la plupart de la zone, hormis un secteur avec des concentrations en sulfates comprises entre 30 et 100 mg/l au Nord-Est de Sainte-Cécile-les-Vignes ;
 - o les concentrations en **nitrate**s sont généralement inférieures à 25 mg/l, hormis le secteur situé au Nord-Est de Sainte-Cécile-les-Vignes qui présente des concentrations pouvant être supérieures à 50 mg/l ;
 - o aucune donnée sur les **pesticides** ;
- **Occupation du territoire** : la majorité du territoire est recouvert de surface agricole. quelques zones urbaines, notamment la ville de Cairanne ; quelques sites industriels et activités de service ;
- **Passage du réseau AEP structurant du syndicat Rhône-Aygue-Ouvèze** dans la partie Sud de la zone ;
- **Informations disponibles sur une soixantaine d'ouvrages** :
 - o 3 forages avec résultats d'analyses ;
 - o 9 forages avec coupes géologiques ;
 - o 31 ouvrages avec données piézométriques ;
- **Usage de la ressource** :
 - o aucun ouvrage AEP ;
 - o 3 ouvrages industriels ;

- 6 forages agricoles ;
- 9 forages domestiques ;
- 40aine d'ouvrages d'usage indéterminé.

2.2.2 Zone Sud (7)



- **Très bonne productivité** ($1 < Q_s < 2 \text{ m}^3/\text{h/m}$) dans la partie aval (Sud-Ouest) et plus faible ($0.1 < Q_s < 1 \text{ m}^3/\text{h/m}$) en amont (Nord-Est);
- **Qualité satisfaisante** lorsque connue :
 - peu d'informations sont disponibles sur les concentrations en **fer** ; elles seraient inférieures à $50 \mu\text{g/l}$ dans l'Ouest de la zone et plus élevées dans la partie Sud-Est ;
 - les concentrations en **sulfates et chlorures** seraient relativement faibles (inférieures à 30 mg/l) dans la partie Est ; elles ne sont pas connues ailleurs ;
 - les concentrations en **nitrates** seraient inférieures à 25 mg/l dans le secteur Est, hormis au Sud de Sainte-Cécile-les-Vignes où elles pourraient dépasser 50 mg/l ;
 - la seule analyse de **pesticides**, effectuée en 2007 sur l'ouvrage de la cave Vinicole de Violès, a montré la présence de certains triazines et leurs métabolites ;
- **Occupation du territoire** : la majorité du territoire est recouvert de surface agricole ; quelques zones urbaines, notamment les villes de Violès, Rasteau et Roaix ; quelques sites industriels et activités de service ;
- **Proximité du réseau AEP structurant** du syndicat Rhône-Aygues-Ouvèze ;

- **Informations disponibles sur une cent-cinquaine d'ouvrages :**

- 1 forage avec résultats d'analyses ;
- 15 forages avec coupes géologiques ;
- 120aine d'ouvrages avec données piézométriques ;

- **Usage de la ressource :**

- 1 ouvrage AEP ;
- 2 ouvrages industriels ;
- 1 ouvrage géothermique ;
- 21 forages agricoles ;
- 12 forages domestiques ;
- 100aine d'ouvrages d'usage indéterminé.

3 PHASE 3 : PROPOSITION D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

3.1 Objectifs de la phase 3

La phase 3, intitulée « Proposition d'investigations complémentaires sur les secteurs retenus comme prioritaires : démonstration des potentialités de la ressource », a pour objectif de **proposer, de quantifier et de chiffrer les investigations les plus pertinentes permettant d'acquérir une meilleure connaissance des compartiments aquifères et de tester et vérifier leur potentialité quantitative et qualitative.**

Les investigations complémentaires proposées ci-après correspondent à deux niveaux de compréhension :

- ✚ A l'échelle du bassin, pour comprendre le fonctionnement global de la nappe du Miocène sur les bassins de Valréas et de Carpentras : alimentation, échanges avec les aquifères adjacents (nappe alluviale, karst, etc.), exutoire, etc. ;
- ✚ Au droit des zones stratégiques, dans l'objectif d'implanter un ou des forages de reconnaissance pour la recherche d'une nouvelle ressource en eau potable pour les Syndicat des eaux Rhône-Ventoux et Rhône-Aygues-Ouvèze.

3.2 A l'échelle du bassin de Valréas

Tel que l'on montré et discuté les précédents paragraphes de ce rapport, le bassin molassique de Valréas est relativement bien connu au travers des nombreuses études et investigations qui y ont été menées. Ainsi, on peut admettre que la géométrie de ce bassin est bien connue, entre autres grâce aux travaux menés dans le cadre de l'étude de l'ANDRA. Egalement, la piézométrie régionale et les principales directions d'écoulement sont bien définies.

A l'opposé, de nombreux traits de l'hydrogéologie sont peu ou mal connus, tel que :

- ✚ Les paramètres hydrodynamiques et la productivité locale de l'aquifère molassique ;
- ✚ La qualité naturelle des eaux souterraines (fer, manganèse, chlorure, sulfate, etc.) ;
- ✚ La pollution d'origine anthropique (nitrate, pesticides) ;
- ✚ La pression de prélèvement (nombre d'ouvrages, débits).

L'acquisition de connaissances à l'échelle du bassin molassique de Valréas devrait donc s'attacher à préciser ces divers éléments. Nous recommandons donc à l'échelle du bassin de mettre en place des investigations et études qui viseraient plus particulièrement :

- ✚ Un recensement 'exhaustif' des ouvrages de prélèvement et des débits pratiqués ; ce recensement servira également pour la sélection des ouvrages devant faire l'objet de mesures (piézométrie, test de pompage, diagraphie, physico-chimie) ;
- ✚ La réalisation d'une piézométrie précise et représentative des conditions de hautes eaux et de basses eaux ; cette piézométrie nécessiterait la sélection d'ouvrages représentatifs, la mesure des niveaux d'eau durant deux ou trois années et le nivellement des ouvrages mesurés ;

- ✚ La réalisation de tests de pompage sur des ouvrages adaptés et représentatifs ; ceci pourrait impliquer leur caractérisation par des diagaphies permettant de vérifier la profondeur de l'ouvrage, les niveaux captés, la cimentation des parties supérieures ;
- ✚ Une caractérisation physico-chimique à grande échelle permettant de localiser précisément les zones présentant des éléments déclassants en concentrations notables ;
- ✚ Une caractérisation de l'état de contamination pas les nitrates et pesticides.

3.2.1 Aspects 'Quantité'

La connaissance de l'aquifère, de la nappe et de son utilisation nécessite un recensement exhaustif de tous les ouvrages y prenant place. Une enquête de terrain minutieuse devrait donc être réalisée sur l'ensemble du bassin.

Chaque point d'eau visité devrait faire l'objet d'une fiche signalétique où serait notée entre autres le niveau d'eau, la profondeur, l'usage du point d'eau, les informations d'ordre géologique et technique concernant l'ouvrage et sa réalisation, la productivité du forage... Ce qui implique de passer du temps sur chaque point d'eau pour en tirer le maximum d'informations.

Notons que ce recensement pourrait un jour être mis en œuvre du fait de la réglementation obligeant la déclaration de tout ouvrage. Le niveau d'effort de ce recensement est très difficile à évaluer puisqu'on ne connaît pas le nombre d'ouvrages existants, que l'on estime à plusieurs milliers. Ce niveau d'effort colossal pourrait être de 12 à 24 hommes-mois de travail de terrain.

Ce recensement et l'examen critique de chaque point permettrait de procéder à la sélection des points représentatifs et fiables pour les mesures piézométriques, la caractérisation des paramètres hydrodynamiques et la caractérisation physico-chimique des eaux souterraines.

La piézométrie devra être réalisée à une échelle adaptée à la précision requise. On évalue qu'une mesure piézométrique par km² ou par 2 km² serait nécessaire. Ceci induirait la sélection d'environ 300 à 500 ouvrages pertinents. Sur ces ouvrages, des mesures de niveaux d'eau devraient être réalisées en basses eaux et en hautes eaux durant trois cycles hydrologiques afin de pouvoir éliminer les erreurs et artefacts locaux et temporaires. Le niveau d'effort pour cette activité serait de l'ordre de 2 x 2 mois par an. Ces ouvrages devraient par ailleurs être nivelés (2 mois de travail).

Afin d'évaluer les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère sans alourdir les activités de caractérisation, des tests de pompage 'passifs' pourraient être réalisés. Les ouvrages testés seront sélectionnés parmi les ouvrages inventoriés et décrits par les fiches signalétiques. Les tests de pompage seront réalisés en disposant des sondes (capteurs de pression) dans les ouvrages sélectionnés. Le suivi des rabattements dans ces ouvrages sur une période d'une à deux semaines, et la connaissance des débits instantanés de prélèvement, permettront d'en obtenir la transmissivité. Cette méthode de travail permettra de caractériser un nombre important et représentatif d'ouvrages pour un niveau d'effort raisonnable. La caractérisation de 50 à 100 ouvrages serait ainsi envisageable pour un niveau d'effort total de l'ordre d'un à deux mois (incluant le traitement des résultats).

La connaissance conjointe des transmissivités et des débits spécifiques sur ces ouvrages testés permettra par la suite d'extrapoler ces valeurs de transmissivites aux ouvrages recensés pour lesquels des valeurs de débits spécifiques (couple débits – rabattement) seraient connues.

Suite à ce portrait initial, un réseau de suivi piézométrique serait proposé.

3.2.2 Aspects ‘Qualité’

Sur les ouvrages sélectionnés à l’issue du recensement ‘exhaustif’, une campagne de caractérisation physico-chimique serait réalisée. Cette campagne comporterait trois volets :

- ✚ Une caractérisation systématique de tous les ouvrages visités au niveau des paramètres température, ph et conductivité électrique ;
- ✚ Une caractérisation large des paramètres déclassants naturels ou anthropiques (fer, manganèse, chlorures, sulfates, nitrates etc.) Sur un grand nombre d’ouvrages (par exemple tous les ouvrages servant à la piézométrie) ;
- ✚ Une caractérisation concernant les pesticides sur une sélection d’ouvrages, par exemple sur une centaine d’ouvrages sélectionnés.

D’autres types d’analyses (ions majeurs, éléments mineurs ou traces, isotopes stables ou radioactifs) pourraient s’avérer pertinents à l’issue de ces premières analyses afin d’expliquer les résultats et de déterminer le cas échéant des origines d’eau différentes.

Suite à ce portrait initial, un réseau de suivi qualité serait proposé.

3.2.3 Modélisation

La réalisation d’un bilan quantitatif de la ressource s’avère nécessaire et ne peut se faire qu’à l’aide d’une modélisation mathématique du fonctionnement hydrodynamique de l’aquifère. Ce modèle vise à évaluer la capacité support de la ressource et à orienter la gestion et la protection de la ressource.

Deux entités hydrogéologiques sont présentes sur le bassin étudié :

- ✚ Aquifère des formations miocènes ;
- ✚ Aquifères des alluvions.

Il existe également d’étroites relations entre ces aquifères et entre les rivières et leurs nappes d’accompagnement.

Au regard des problèmes diagnostiqués et compte-tenu des objectifs d’atteinte du bon état écologique des masses d’eau pour 2015 imposés par la Directive Cadre sur l’Eau (DCE) de 2000, il s’avère nécessaire de se doter d’outils performants de gestion quantitative et qualitative de la ressource en eau souterraine.

Il semble donc pertinent, voire nécessaire, de réaliser un modèle mathématique de simulation des eaux des différentes nappes et des cours d’eau drainants afin d’établir des règles de gestion qui permettront d’assurer la coexistence normale entre les usages sur la ressource en eau et le bon fonctionnement écologique de l’hydrosystème. La zone modélisée devant s’étendre au-delà des limites du bassin versant superficiel.

Une telle modélisation peut être effectuée à partir des données et informations issues de la bibliographie et des banques de données existantes. Le modèle doit prendre en compte les deux types de réservoir, à savoir les nappes profondes des formations carbonatées ainsi que les nappes d’accompagnement des cours d’eau. Les cours d’eau doivent également être considérés afin de s’assurer de leur rôle dans le drainage des aquifères et du rôle de ces derniers dans le soutien des étiages.

Après avoir pris connaissance des données disponibles, analysé le contexte hydrogéologique et assimilé les objectifs escomptés de la modélisation, l'architecture du modèle la mieux adaptée à la situation devra être arrêtée.

Le domaine à simuler impliquera d'intégrer l'aquifère mollassique, les alluvions anciennes et modernes et les cours d'eau du secteur. Les différents aquifères (molasses et alluvions) sont en effet en étroite connexion entre eux et avec les cours d'eau du secteur et soutiennent en grande partie le débit de ces derniers. Ceci nécessite donc le développement d'une modélisation intégrée du fait de leur étendue et de la complexité de leurs conditions aux limites.

Cette modélisation des écoulements nécessitera la réalisation des différentes étapes suivantes :

- 1- Synthèse des connaissances orientée vers les besoins spécifiques de l'étude ;
- 2- Choix du nombre de couches (aquifères indépendants ou semi-indépendants) à prendre en compte dans le modèle (c'est-à-dire passage du modèle hydrogéologique conceptuel au modèle 'physique' à simuler) ; rappelons que la fiabilité et la justesse d'un modèle sont le résultat d'un compromis entre le degré de complexité du milieu pris en compte et la connaissance des paramètres requis ; il s'agit donc de ni trop complexifier le modèle ni trop le simplifier ;
- 3- Détermination de l'extension et de la structure des différents aquifères / couches considérés ;
- 4- Construction de la structure physique et géologique du modèle tenant compte le plus possible de limites géographiques, géologiques ou hydrodynamiques naturelles ;
- 5- Détermination / choix des valeurs et/ou des fourchettes de valeurs des paramètres des aquifères et de leurs épontes (imperméables ou semi perméables) ;
- 6- Etablissement des conditions aux limites en termes de flux d'eau et de charges hydrauliques imposées ;
- 7- Calcul des chroniques de recharge résultant des précipitations efficaces et tenant compte de la distribution spatiale des types de sols ;
- 8- Evaluation des conditions de connexion et d'échange entre les aquifères et le réseau hydrologique de surface ;
- 9- Paramétrage du modèle tenant compte des données précédentes, dont celles issues d'essais de pompage et des caractéristiques types des matériaux présents sur la zone d'étude ;
- 10- Choix / Etablissement de la piézométrie de référence pour le calage du modèle ;
- 11- Calage du modèle sur la piézométrie de référence ; validation – ajustement des perméabilités – transmissivités et des conditions aux limites ;
- 12- Analyse de sensibilité sur le calage en tenant compte de la variation possible des valeurs retenues ;
- 13- Si requis, dans le cas d'un non calage, retour à l'un des points précédents et réalisation de tous les points consécutifs, jusqu'à satisfaction.

Le développement du modèle est donc un processus itératif, nécessitant des étapes cruciales et une grande rigueur méthodologique. Chacun des points mentionnés fera donc l'objet d'une justification détaillée des choix et des valeurs, et présentera l'ensemble des résultats et des tests réalisés. Concernant ce dernier point, une analyse de sensibilité sera systématiquement réalisée sur les paramètres et conditions mal connus, peu connus ou présentant une incertitude ou une

variabilité notable. Il sera donc important, dès les premières étapes de la modélisation et même dès les premières phases de caractérisation hydrogéologique, de s'attacher à préciser les plages de valeurs probables des différents paramètres et conditions aux limites, afin de guider l'analyse de sensibilité à réaliser.

La taille du maillage sera choisie de manière à obtenir la précision requise pour les calculs. Selon notre expérience pour ce genre de besoin et considérant la taille du bassin de Valréas, une taille de maille de 100 m pourrait s'avérer pertinente, sachant que cette taille peut être plus affinée au niveau des points d'intérêt tels les captages et les échanges avec les eaux superficielles, et plus grande dans les secteurs plus éloignés. Dans tous les cas, le maillage ne pourra être choisi que durant le développement du modèle et en fonction des contextes, des paramètres et de la 'réaction' (stabilité et convergence) du modèle.

Concernant les conditions aux limites nécessaires au modèle, celles dont la définition conditionne directement la représentativité et la fiabilité du modèle sont : la recharge induite par les précipitations efficaces et les apports ou les décharges d'eau pouvant prendre place via les cours d'eau. Nous attacherons ainsi une grande importance à la détermination de conditions aux limites les plus représentatives possibles. Les données météorologiques (précipitations et valeurs d'évapotranspiration potentielle) des vingt dernières années seront utilisées pour le calcul des précipitations efficaces, en tenant compte des caractéristiques hydriques des différents types de sols du secteur (notons que la prise en compte des vingt dernières années permettra de caractériser des années types normales, sèches et humides).

Une fois développé et calé, ce modèle permettra d'évaluer le volume de renouvellement naturel de la nappe et son potentiel en termes de volume de prélèvement exprimé en pourcentage prélevable du volume de renouvellement. Les simulations permettront également de quantifier l'impact des prélèvements actuels sur la ressource. Il sera donc nécessaire que les informations relatives à ces différents prélèvements soient connues ou évaluées avec une précision suffisante. Une évaluation de l'incidence de cette méconnaissance sera aussi réalisée par le biais d'une analyse de sensibilité consistant à tester différentes valeurs de prélèvements. Différentes simulations d'implantation de futurs captages AEP seront testées et comparées.

Le niveau d'effort pour le développement d'un tel modèle serait d'environ 5 à 6 hommes-mois.

3.3 Sur les zones prioritaires du Bassin de Valréas Sud

3.3.1 Détail des investigations prioritaires

Les priorités d'acquisition en connaissances sur la zone d'étude visent :

- ✚ L'identification d'ouvrages existants et la sélection d'ouvrages pertinents ;
- ✚ La description des ouvrages (profondeur, coupe technique, aquifère sollicité,) ;
- ✚ L'établissement d'une piézométrie représentative et fiable ;
- ✚ La mesure des caractéristiques quantitatives (débits, paramètres hydrodynamiques) et qualitatives (éléments déclassant naturels ou anthropiques).

Les campagnes piézométriques et de prélèvements nécessitent de disposer d'un ensemble de points d'eau représentatifs, ce qui implique une prospection de terrain sur l'ensemble des zones Nord (6) et Sud (7) dont les superficies respectives sont de 37,4 et 77,9 km².

L'objectif de l'enquête est d'identifier et visiter environ 150 ouvrages répartis le plus uniformément possible sur le domaine d'étude, soit environ 1.5 ouvrages par km². A l'issue de ce recensement, il s'agit de disposer d'environ 75 ouvrages pertinents (soit une densité d'environ 0.75 ouvrage par km²) permettant de tracer une carte piézométrique fiable et représentative.

Chaque point d'eau visité fera l'objet d'une fiche signalétique de terrain où seront notés entre autres le niveau d'eau, la profondeur de l'ouvrage, l'usage du point d'eau, les informations d'ordre géologique et technique concernant l'ouvrage et sa réalisation, la productivité du forage. Ce travail représentera environ 5 semaines de travail de terrain et une semaine pour la mise au propre des informations.

Lorsque possible, le niveau d'eau sera mesuré, ainsi que la profondeur du forage. De même la productivité de l'ouvrage sera évaluée à l'aide des informations fournies par le propriétaire. Finalement, lorsque possible et pertinent, un prélèvement d'eau sera réalisé pour les mesures physico-chimiques (température, pH, conductivité, nitrate, ammonium, fer, manganèse, sulfate, chlorure). Les ouvrages retenus pour l'établissement de la carte topographique seront nivelés.

Peu d'informations sont disponibles sur la zone d'étude quant à la productivité des ouvrages et celle de l'aquifère. Par ailleurs, la transmissivité de l'aquifère, donnée essentielle pour la quantification des écoulements, n'est pas connue. Il s'avère donc nécessaire de renforcer la connaissance sur les caractéristiques hydrodynamiques et la productivité de l'aquifère.

Pour cela, des tests de pompage 'passifs' sont proposés afin de caractériser la transmissivité de l'aquifère en quelques points représentatifs. Les ouvrages testés seront sélectionnés parmi les ouvrages visités et décrits par les fiches signalétiques. Ces tests de pompage seront réalisés en disposant des sondes (capteurs de pression) dans les ouvrages sélectionnés. Le suivi automatique des rabattements dans ces ouvrages sur une période d'une à deux semaines, et la connaissance du débit instantané de prélèvement, permettront d'en calculer la transmissivité de l'aquifère. Cette méthode de travail permettra de caractériser un nombre d'ouvrages représentatifs pour un niveau d'effort raisonnable. Nous prévoyons ainsi caractériser une douzaine d'ouvrages, pour un niveau d'effort de l'ordre d'une semaine pour le terrain et deux jours pour le traitement des résultats.

Considérant la problématique 'pesticides' existant dans la zone d'étude, une caractérisation des niveaux de contamination par ces molécules s'avérerait par ailleurs pertinente. Une quarantaine d'échantillons pourrait être réalisée sur lesquels le spectre classique de molécules (183 molécules) pourrait être recherché.

3.3.2 Budget des investigations prioritaires

| ETUDES COMPLEMENTAIRES | | | Ingénieur PU : 600,00 | | Technicien PU : 380,00 | | Frais km | Nature des frais | Total |
|---|-------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| TYPE | DELAI | DETAILS PHASES | Jour | Total | Jour | Total | | | |
| RECENSEMENT DES OUVRAGES ET MESURES IN SITU | 15 semaines | préparation visite | 2 | 1 200,00 | 3 | 1 140,00 | | | 2 340,00 |
| | | recensement ouvrage terrain | | | 25 | 9 500,00 | 3 000,00 | terrain | 12 500,00 |
| | | élaboration des fiches | 1 | 600,00 | 5 | 1 900,00 | | | 2 500,00 |
| | | mesures physico-chimiques | | | | | 6 000,00 | analyses | 6 000,00 |
| | | Sous-Total | | | 3 | 1 800,00 | 33 | 12 540,00 | 9 000,00 |
| NIVELLEMENT ET CARTOGRAPHIE | 2 semaines | nivellement des points d'eau (75) | | | 7 | 2 660,00 | 800,00 | terrain | 3 460,00 |
| | | tracé cartes - interprétation | 3 | 1 800,00 | | | | | 1 800,00 |
| | | Sous-total | 3 | 1 800,00 | 7 | 2 660,00 | 800,00 | | 5 260,00 |
| CARACTERISATION HYDRODYNAMIQUE | 4 semaines | tests de pompage 'passifs' | | | 5 | 1 900,00 | 750,00 | terrain | 2 650,00 |
| | | débits spécifiques | | | 1 | 380,00 | | | |
| | | Interprétation - spacialisation | 1 | 600,00 | 1 | 380,00 | | | 980,00 |
| | | Sous-total | 1 | 600,00 | 7 | 2 660,00 | 750,00 | | 3 630,00 |
| RENDU & REUNIONS | | rédaction d'un rapport | 3 | 1 800,00 | | | | | 1 800,00 |
| | | réunions | p.m. 0,5 | p.m. 300,00 | | | p.m. 150,00 | | p.m. 450,00 |
| | | Sous-total | 3 | 1 800,00 | 0 | 0,00 | 0,00 | | 1 800,00 |
| TOTAL H.T. | | | | 6 000,00 | | 17 860,00 | 10 550,00 | | 34 030,00 |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|--|----------|-----------------|----------|-----------------|------------------|----------|------------------|
| ANALYSES DES PESTICIDES | 2 semaines (hors délais du laboratoire d'analyses) | prélèvements | | | 5 | 1 900,00 | 700,00 | | 2 600,00 |
| | | analyses pesticides (40 éch. X 183 mol.) | | | | | 20 000,00 | analyses | 20 000,00 |
| | | tracé cartes - interprétation | 3 | 1 800,00 | | | | | 1 800,00 |
| | | Sous-total | 3 | 1 800,00 | 5 | 1 900,00 | 20 700,00 | | 24 400,00 |
| TOTAL H.T. | | | | 1 800,00 | | 1 900,00 | 20 700,00 | | 24 400,00 |

Tableau 4 : Chiffrage des investigations prioritaires sur les zones retenues