



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 2 – Bassin de Carpentras

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 4 – Bassin de Carpentras – Annexes du rapport final.

SOMMAIRE

1	PHASE 1 : SYNTHÈSE DES DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES.....	6
1.1	STRUCTURE	6
1.2	PRODUCTIVITE.....	7
	1.2.1 Débits.....	7
	1.2.2 Piézométrie.....	7
1.3	QUALITE	8
	1.3.1 Fer	8
	1.3.2 Manganèse	8
	1.3.3 Chlorures et Sulfates	9
	1.3.4 Nitrates.....	9
	1.3.5 Pesticides.....	19
1.4	VULNERABILITE	19
	1.4.1 Vulnérabilité intrinsèque.....	19
	1.4.2 Vulnérabilité extrinsèque	20
1.5	CONTRAINTES SOCIO-ECONOMIQUES	20
1.6	CARTES A DIRE D'EXPERTS	21
1.7	CARTE D'EXCLUSION DE ZONES.....	22
1.8	CARTE SYNTHETIQUE DE PRE-IDENTIFICATION DES ZONES SUR LE BASSIN DE CARPENTRAS	22
1.9	CONCLUSION PHASE 1 SUR LE BASSIN DE CARPENTRAS	25
2	PHASE 2 : CARACTERISATION DES ZONES STRATEGIQUES.....	27
2.1	ZONES PREDEFINIES EN PHASE 1	27
	2.1.1 Zones d'étude.....	27
	2.1.2 Productivité.....	27
	2.1.3 Qualité.....	27
	2.1.4 Occupation du territoire	28
	2.1.5 Contraintes socio-économiques.....	28
	2.1.6 Usage de la ressource	29
	2.1.7 Données disponibles.....	29
	2.1.8 Analyses isotopiques Carbone 14.....	29
	2.1.9 Données géologiques disponibles sur les forages.....	30
	2.1.10 Coupes géologiques.....	30

	2.1.11 Statut des documents d'urbanisme.....	30
2.2	FICHES SYNTHETIQUES DES ZONES STRATEGIQUES.....	32
	2.2.1 Zone 1.....	32
	2.2.2 Zone 2.....	34
	2.2.3 Zone 3.....	36
	2.2.4 Récapitulatif.....	38
3	PHASE 3 : PROPOSITION D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES.....	39
3.1	PREAMBULE.....	39
3.2	ETUDES COMPLEMENTAIRES POUR AMELIORER LA COMPREHENSION DU FONCTIONNEMENT.....	40
	3.2.1 D'ordre géologique et/ou structural.....	40
	3.2.2 D'ordre quantitatif.....	43
	3.2.3 D'ordre qualitatif.....	46
	3.2.4 Modélisation.....	48
3.3	INVESTIGATIONS AU DROIT DES ZONES STRATEGIQUES.....	51
	3.3.1 Descriptif des investigations au droit des zones stratégiques.....	51
	3.3.2 Chiffrage des investigations au droit des zones stratégiques.....	52

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Isohypses du mur miocène supposé, obtenues par interpolation (LALBAT, 2006)	6
Figure 2 :	Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Althen-les-Paluds	10
Figure 3 :	Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Aubignan.....	11
Figure 4 :	Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Beaumes-de-Venise.....	11
Figure 5 :	Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Caromb.....	12
Figure 6 :	Courbes d'évolution des teneurs en Nitrates à Carpentras	12
Figure 7 :	Courbes d'évolution des teneurs en Nitrates à Carpentras	13
Figure 8 :	Courbes d'évolution des teneurs en Nitrates à Carpentras	14
Figure 9 :	Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Mazan.....	14
Figure 10 :	Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Chateauneuf-du-Pape.....	15
Figure 11 :	Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Courthézon.....	15
Figure 12 :	Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Montoux	16
Figure 13 :	Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Modène	16
Figure 14 :	Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Pernes-les-Fontaines	17



Figure 15 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à St-Hippolyte-le-Graveyron	17
Figure 16 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Sarrians	18
Figure 17 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Vénasque.....	18
Figure 18 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à St-Pierre-de-Vassols.....	19
Figure 19 : Adaptation du code couleur au critère de productivité sur le bassin de Carpentras.....	23
Figure 20 : Adaptation du code couleur au critère de qualité sur le bassin de Carpentras	23
Figure 21 : zone 1	32
Figure 22 : zone 2	34
Figure 23 : zone 3	36
Figure 24 : Localisation des profils sismiques existants sur la zone d'étude.....	41
Figure 25 : Localisation des 4 profils	42
Figure 26 : Profil d'Aubignan	42
Figure 27 : Profil de Caromb	42
Figure 28 : Profil de Montoux.....	43
Figure 29 : Profil de Sarrians	43
Figure 30 : Domaine d'étude.....	44

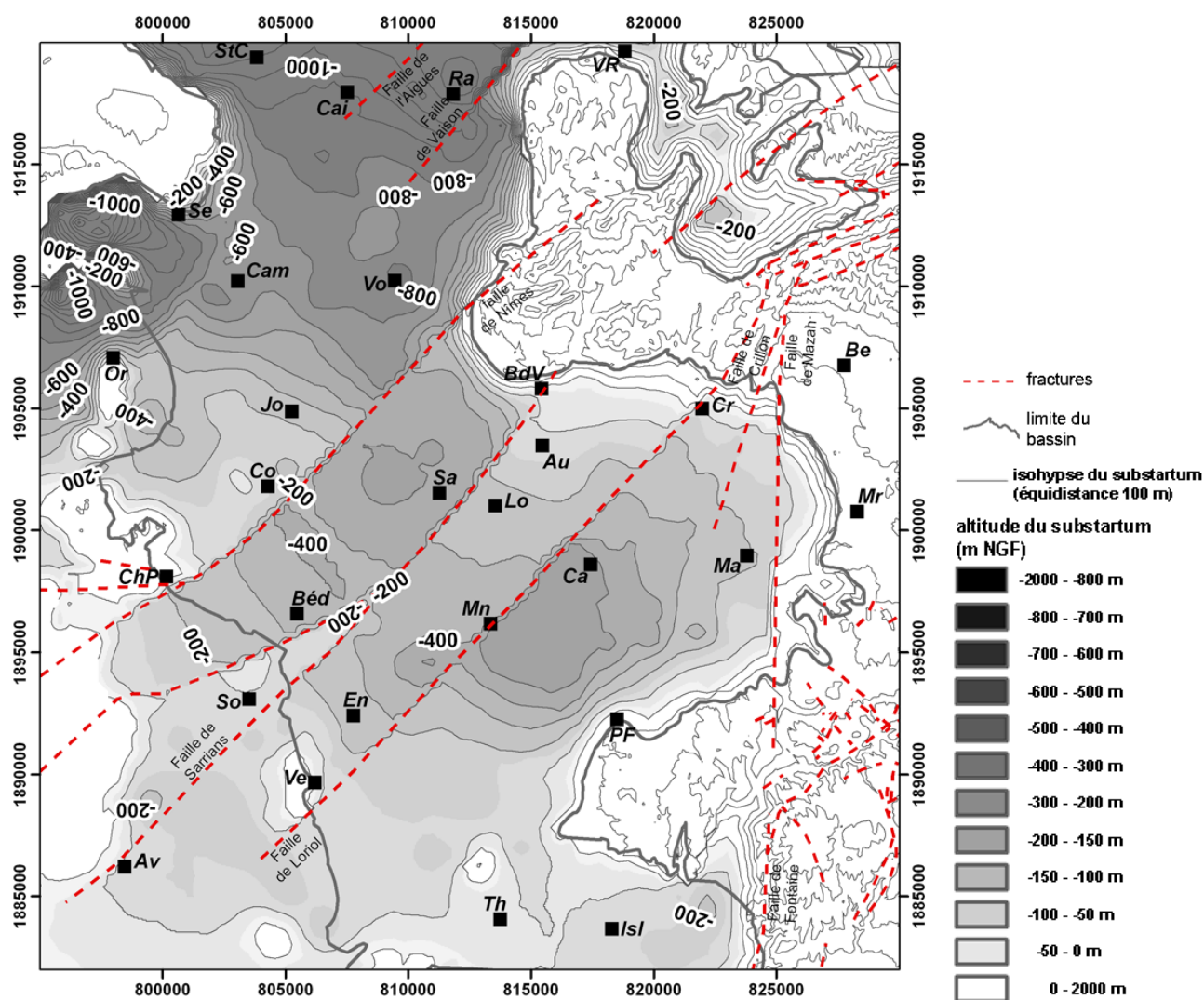
LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Concentrations maximales admissibles dans les eaux.....	8
Tableau 2 : Evaluation des critères pour chaque zone.....	24
Tableau 3 : Documents d'urbanisme en vigueur dans les communes concernées	31
Tableau 4 : Evaluation des critères pour chaque zone.....	38
Tableau 5 : Chiffrage des investigations sur les zones stratégiques.....	53

1 PHASE 1 : SYNTHÈSE DES DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

1.1 Structure

La carte d'altitude du substratum, *Figure 1* (LALBAT, 2006), a mis en évidence l'approfondissement du miocène dans les anciens horsts, au niveau des seuils de Loriol et de Carpentras. L'épaisseur moyenne de la formation est de 300 à 400 m. Les plus fortes épaisseurs sont rencontrées vers Sarrians et Carpentras.



1.2 Productivité

1.2.1 Débits

Une carte de représentation de la productivité de la nappe contenue dans l'aquifère miocène du bassin de Carpentras a été réalisée à partir des données issues de la thèse de Guy FAURE (piézométrie, débits spécifiques et zones d'artésianisme de l'été 1979), de la thèse de Frédéric LALBAT (piézométrie de 2003), de la BSS, de l'ANDRA et d'IDEES-EAUX (débits spécifiques et débits de pompage).

Les données de productivité de la nappe du Miocène sont quasi-inexistantes sur la partie Sud du bassin de Carpentras (d'Entraigues-sur-La-Sorgue à Velleron jusqu'à l'Isle-sur-Sorgue), la bordure Est (Caromb, Mormoiron, Malemort-du-Comtat), et à l'Ouest de Jonquières et de Courthézon.

En ce qui concerne les débits spécifiques, plusieurs données sont disponibles :

- ✚ La carte des débits spécifiques de FAURE (1982), réalisée à partir des données de l'été 1979 ;
- ✚ Des données ponctuelles dans les bases de données de la BSS et de l'ANDRA.

D'une manière générale, la nappe du Miocène ne présente pas de débits spécifiques élevés, du fait de la nature très fine des matériaux aquifères. Les débits spécifiques maximum, légèrement supérieurs à $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, sont concentrés autour d'une zone allongée, s'étendant de Bédarrides à Sarrians. Les débits spécifiques, compris entre 1 et $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ vont jusqu'à Aubignan, Carpentras, Montoux à l'Est, puis Jonquières, Courthézon à l'Ouest. A part des zones de productivité très faible ($Q_s < 0,1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$) sur Pernes-les-Fontaines, Beaumes-de-Venise et à l'Est de Caromb et Mazan, le reste du bassin de Carpentras a des débits spécifiques compris entre $0,1$ et $1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

Il en résulte des prélèvements qui en terme de débit instantané, se situent en moyenne autour de $60 \text{ m}^3/\text{h}$.

1.2.2 Piézométrie

L'écoulement général des eaux dans le bassin de Carpentras s'effectue des reliefs de la bordure Est vers un exutoire de surface réduite à l'Ouest, au niveau du seuil perméable constitué par la vallée de l'Ouvèze à Bédarrides, selon une direction NE-SO. Les lignes de courant se concentrent dans une zone allant de Sarrians à Bédarrides, parallèlement au horst de Loriol.

La piézométrie détaillée a été abordée dans le paragraphe concernant le bassin de Carpentras du **Volume 1 Contexte et Méthodologie** du présent rapport.

Les zones d'artésianisme sont issues des observations réalisées par FAURE durant l'été 1979 sur les forages utilisés pour le suivi des niveaux piézométriques.

1.3 Qualité

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

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

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 des teneurs en Fer sur le bassin de Carpentras a été réalisée à partir des données de ROUDIER (1987) pour les courbes d'isoteneurs, et des résultats d'analyses de la l'ARS et d'ADES pour les teneurs moyennes ponctuelles sur la période 1997-2009. La comparaison de ces différentes données montre une bonne corrélation entre les données.

Du fer est présent sur l'ensemble du bassin de Carpentras.

Les très fortes concentrations en fer (> 300 µg/l) sont localisées sur une grande zone allant de Vedène à Sarrians, en passant par Bédarrides, Entraigues-sur-La-Sorgue et Althen-les-Paluds puis sur des petites zones : Beaumes-de-Venise, Caromb, Courthézon pour les principales. Néanmoins, ces teneurs ne sont pas un obstacle à l'exploitation de la ressource pour l'alimentation en eau potable, étant donné que le fer est facilement traitable.

Il semblerait que les teneurs en fer augmentent avec la profondeur. Hors, la profondeur des forages sur lesquels les prélèvements sont effectués n'est pas prise en compte dans les interprétations des données et dans les cartes disponibles dans la bibliographie. Ce type d'information est important dans le choix des zones stratégiques et on aborde déjà le problème de compartimentation de cet aquifère molassique au sein du bassin de Carpentras.

Aucune information sur les teneurs en fer n'est disponible vers Mazan, la zone au Sud d'une ligne Vedène/Velleron, à l'Est de Courthézon et vers Jonquières.

1.3.2 Manganèse

La carte des teneurs en Manganèse sur le bassin de Carpentras a été réalisée à partir des données de ROUDIER (1987) pour les courbes d'isoteneurs, et des résultats d'analyses de l'ARS et d'ADES pour les teneurs moyennes ponctuelles sur la période 1997-2009. La comparaison de ces différentes données montre une corrélation moyenne entre les données.

La seule zone présentant des teneurs en Manganèse supérieures à 50 µg/l s'étend de Beaumes-de-Venise à Entraigues-sur-La-Sorgue.

1.3.3 Chlorures et Sulfates

La carte des teneurs en Chlorures et Sulfates sur le bassin de Carpentras a été réalisée à partir des données de ROUDIER (1987) pour les courbes d'isoteneurs, et des résultats d'analyses de la ARS et d'ADES pour les teneurs moyennes ponctuelles sur la période 1997-2009.

Des sulfates sont présents sur la bordure Est du bassin, entre Mazan et Mormoiron, et jusqu'à Caromb au Nord et Malemort-du-Comtat au Sud. Leur origine provient de la proximité de l'oligocène et de son contact direct avec le miocène en profondeur.

Plusieurs zones sont caractérisées par la présence de sulfates et de chlorures, en quantité supérieure aux normes de qualité des eaux destinées à la consommation humaine selon l'arrêté du 11 janvier 2007 (250 mg/l pour les chlorures et les sulfates) : entre Beaumes-de-Venise et Vacqueyras, vers Courthézon, vers Sorgues et entre Monteux et Entraigues-sur-La-Sorgue.

1.3.4 Nitrates

1.3.4.1 Carte des teneurs en Nitrates

La carte des teneurs en Nitrates sur le bassin de Carpentras a été réalisée à partir des données de ROUDIER (1987) pour les courbes d'isoteneurs, des résultats d'analyses de l'ARS et d'ADES pour les teneurs moyennes ponctuelles sur la période 1997-2009 et des résultats d'analyses de la DDT 84 de 2005.

La comparaison de ces différentes données montre une bonne corrélation entre les données.

Sur la quasi-totalité du bassin de Carpentras, les teneurs en nitrates sont à priori inférieures à 25 mg/l, quelque soit la source des données. Néanmoins, le faible nombre de forages suivis sur le paramètre nitrates, et leur concentration sur une partie du territoire du bassin ne permet pas de tirer de conclusions.

Une seule zone apparaît comme très impactée par les nitrates, avec des teneurs supérieures à 50 mg/l, allant même jusqu'à une moyenne de 120 mg/l sur un point, au Nord-Est de Carpentras (cf. encadré zoomé sur la carte).

Considérant la structure de la nappe du Miocène, aquifère caractérisé par des eaux profondes ayant un renouvellement plutôt lent en comparaison avec ce qui peut se passer au sein des formations alluviales, il nous apparaît important de remarquer, qu'en l'état des connaissances actuelles, l'impact des pollutions anthropiques type nitrate est finalement modéré, ce qui s'oppose totalement à la vulnérabilité intrinsèque générale de la nappe. En d'autres termes, comment expliquer un impact si faible sur la nappe lorsque l'on connaît l'importance des prélèvements sur le bassin et sa vulnérabilité vis-à-vis de la surface ? Ceci tend à remettre en cause une alimentation exclusive de la nappe par les infiltrations des eaux météoriques.

Il est donc fondamental, dans un premier temps, de procéder à une analyse minutieuse des ouvrages utilisés comme points de suivi, afin de vérifier qu'ils recoupent bien, et uniquement, le miocène (présence d'un tubage étanche, cimenté et en bonne état sur la partie supérieure) et qu'ils ne subissent pas de pollution directement depuis la surface (dalle et capot de protection étanches en tête, pratiques agricoles...). Il est souhaitable dans une seconde phase de procéder à une campagne de mesures sur une sélection d'ouvrages aux caractéristiques techniques connus et bien répartis sur l'ensemble du bassin.

Si l'impact faible constaté était confirmé, ceci pourrait remettre en cause certaines hypothèses d'alimentation de la nappe.

1.3.4.2 Courbes d'évolution des teneurs en Nitrates

A partir des données de ROUDIER (1987) pour les courbes d'isoteneurs, des résultats d'analyses de l'ARS et d'ADES pour les teneurs moyennes ponctuelles sur la période 1997-2009 et des résultats d'analyses de la DDT 84 de 2005, 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 2** à **Figure 18**.

Le forage de la Chocolaterie à Althen-les-Paluds (**Figure 2**) ne présente pas de nitrates de 2005 à 2010.

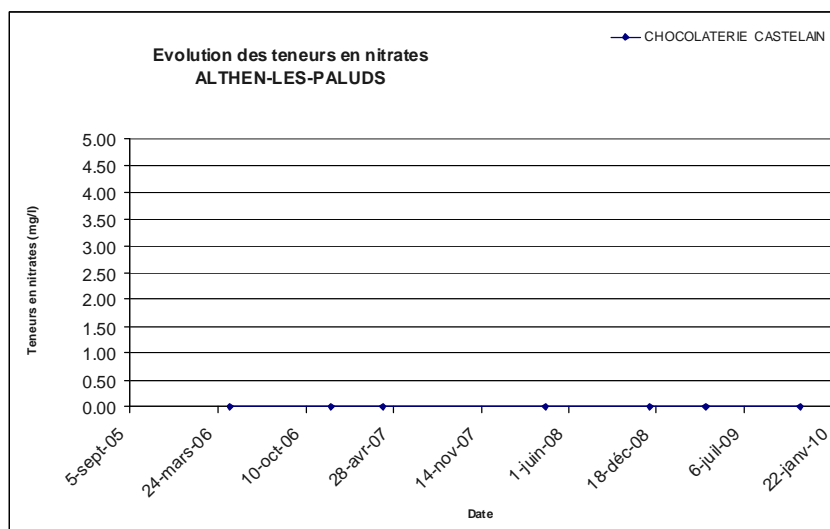


Figure 2 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Althen-les-Paluds

A Aubignan (**Figure 3**), les teneurs en nitrates sont très faibles (de l'ordre de 5 mg/l) et constantes de 2002 à 2009 sur le forage AEP des Grés de Meyras et en 2008 et 2009 sur le forage des chambres d'hôtes Le Vallon. Sur le forage privé de Rodde, les teneurs en nitrates augmentent progressivement de 55 à 95 mg/l entre 2005 et 2009. Par contre, sur le forage privé de St Just, les teneurs en nitrates varient entre 25 et 35 mg/l de 2008 à 2009.

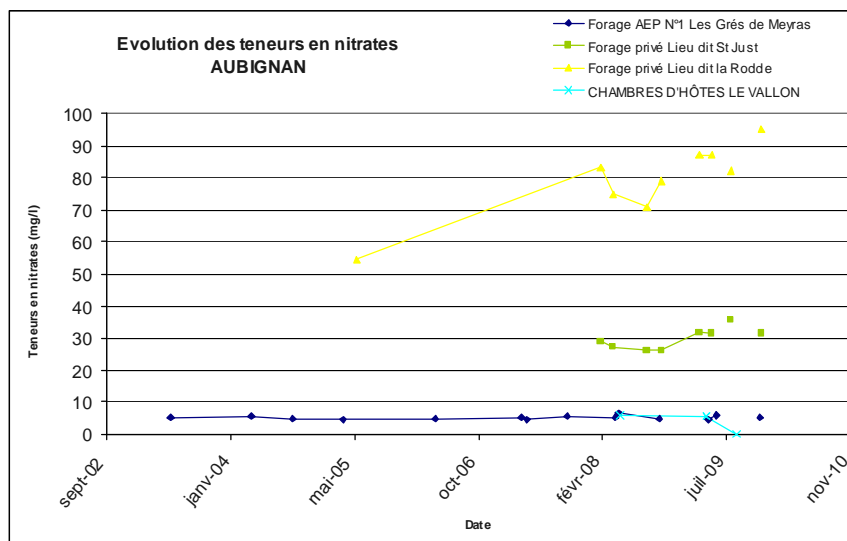


Figure 3 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Aubignan

A Beaumes-de-Venise (**Figure 4**), les teneurs en nitrates baissent sur le forage de la chambre d'hôte Morizot de 2004 (5 mg/l) à 2009 (1 mg/l). Par contre, sur le forage privé la Liffrane, les teneurs sont comprises entre 20 à 22 mg/l de 2008 à 2009. Le forage de la cave des vigneronns a des teneurs en nitrates comprises entre 6 et 9 mg/l pour l'année 2009.

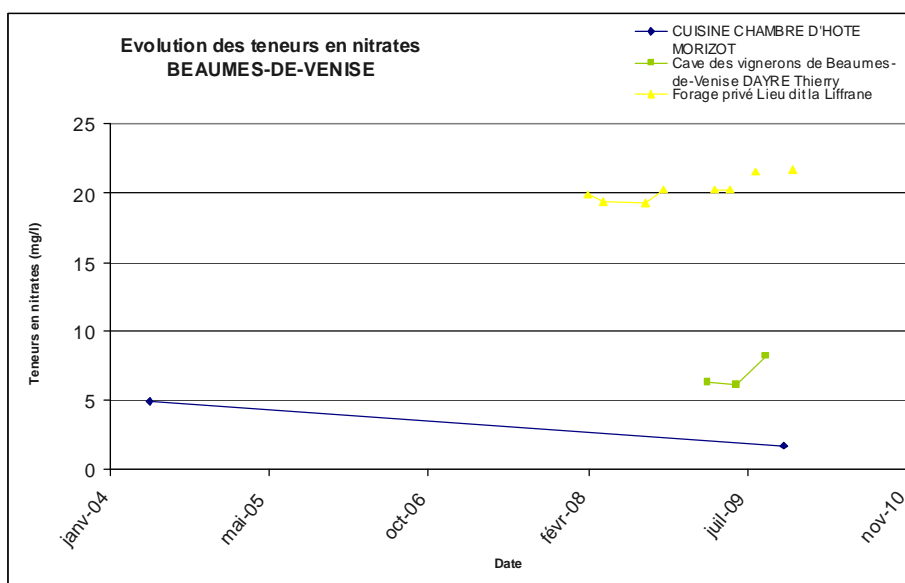


Figure 4 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Beaumes-de-Venise

A Caromb (**Figure 5**), les teneurs en nitrates du forage de la GAEC Coopérative St Marc varient entre 8 mg/l et 4 mg/l sur l'année 2009. Les forages de Rémy Falque et d'Alain Rebourcel ont des teneurs constantes de 1 mg/l sur l'année 2009. Notons le faible nombre d'analyses disponibles sur ces forages.

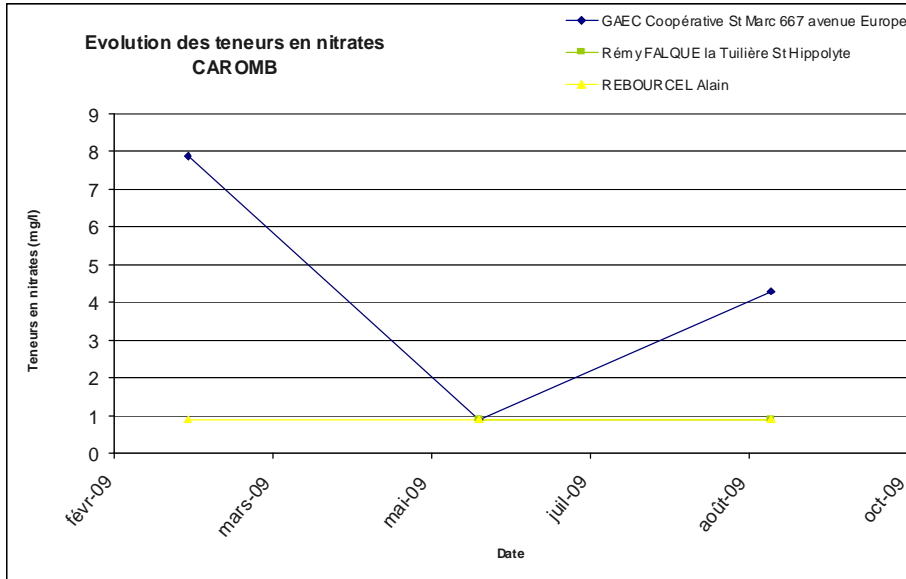


Figure 5 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Caromb

A Carpentras (**Figure 6**), les teneurs en nitrates du forage de la SA Christian POTIER varient de 0 à 20 mg/l de 2001 à 2009, avec des variations saisonnières sur l'année, mais d'une manière générale, elles ont tendance à augmenter. Si on s'intéresse au maximum de chaque année, les teneurs sont passées de 5 mg/l en avril 2001 à 20 mg/l en juillet 2009.

Sur le forage des Vignerons du Ventoux, les teneurs en nitrates ont augmenté de 20 à 30 mg/l de 2002 à 2004, puis elles ont baissées pour se stabiliser à 20 mg/l à partir de fin 2006.

Les teneurs en nitrates du forage SICA Crozette varient de 6 à 13 mg/l de 2006 à 2009.

Les teneurs du Domaine La Tapy sont très faibles (0 à 2 mg/l) de 2005 à 2009, tout comme celles de la ferme St Victor de 2008 à 2009.

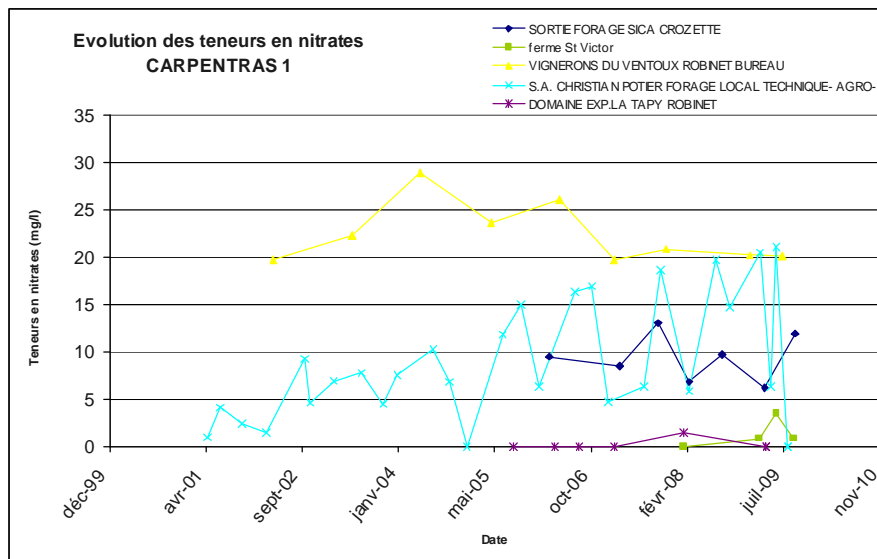


Figure 6 : Courbes d'évolution des teneurs en Nitrates à Carpentras

A Carpentras (**Figure 7**), les teneurs en nitrates du forage principal de Roux augmentent progressivement de 16 à 45 mg/l de 2002 à 2009.

Sur le forage n°BSS 09411X0255/F, les teneurs en nitrates baissent régulièrement de 46 à 30 mg/l de 2005 à 2009.

Les teneurs en nitrates du forage de la Fromagerie Perrier augmentent très légèrement de 9 à 10,5 mg/l de 2001 à 2006.

Les teneurs de la SCI Feuille de Chêne augmentent de 11 mg/l fin 2006 à 29 mg/l en juin 2009.

Les teneurs du forage de la caserne des Pompiers diminuent de 47 mg/l en février 2008 à 27 mg/l fin 2009.

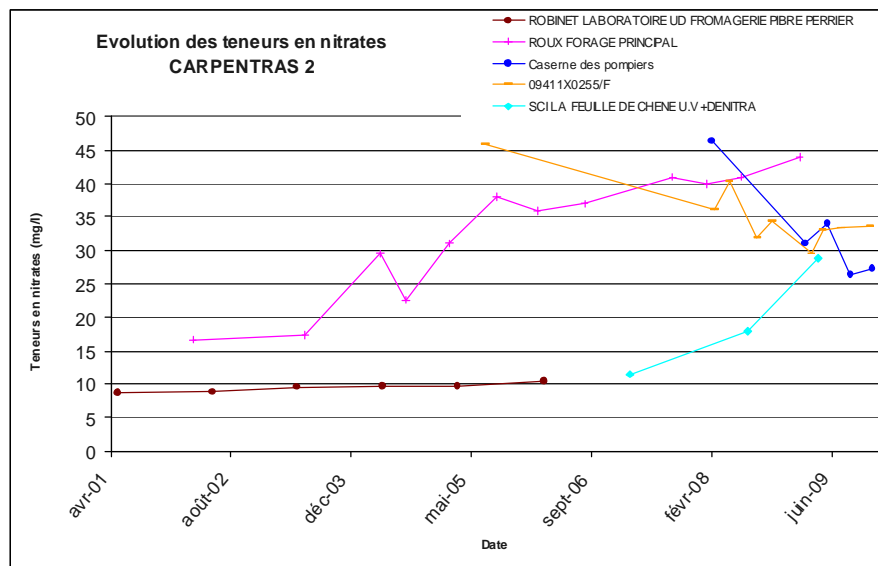


Figure 7 : Courbes d'évolution des teneurs en Nitrates à Carpentras

A Carpentras (**Figure 8**), les teneurs en nitrates du forage privé de Rossan varient entre 85 et 2140 mg/l de 2005 à 2009.

Les teneurs en nitrates du forage du Gîte Lenfant et du puits de Serres sont nulles de mai 2008 à fin 2009.

Les teneurs du forage de M. Ponce Clément augmentent de 70 mg/l en 2008 à 85 mg/l en juin 2009, pour redescendre à 40 mg/l fin 2009.

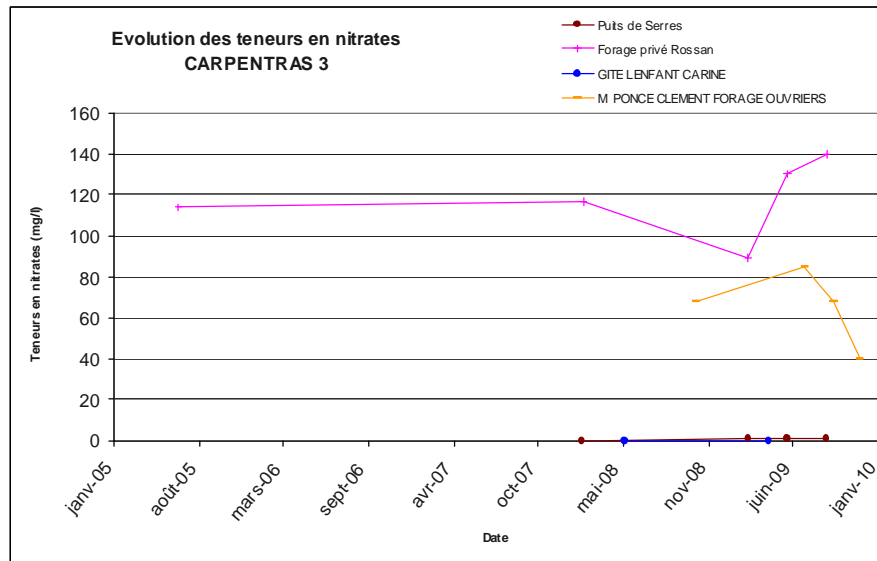


Figure 8 : Courbes d'évolution des teneurs en Nitrates à Carpentras

A Mazan (**Figure 9**), les teneurs en nitrates du forage du Camping du Ventoux diminuent progressivement de 7 à 0 mg/l de 2002 à 2007, puis elles varient entre 0 et 5 mg/l avant d'augmenter fin 2009 à 10 mg/l.

Sur le forage n°BSS 09411X0256/F, les teneurs en nitrates baissent régulièrement de 26 à 16 mg/l de 2005 à 2009, puis elles augmentent à 22 mg/l fin 2009.

Les teneurs en nitrates du forage du forage du Repaire du Géant varient entre 0 et 7 mg/l de 2004 à 2007.

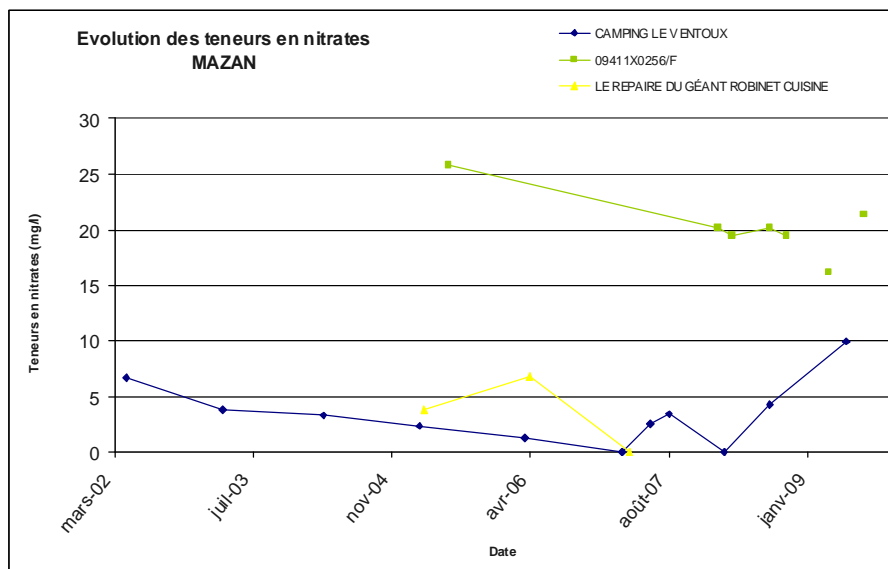


Figure 9 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Mazan

A Chateauneuf-du-Pape (**Figure 10**), les teneurs en nitrates du forage de la Cave La Grenade augmentent progressivement et légèrement de 17 à 25 mg/l d'août 2007 à octobre 2009.

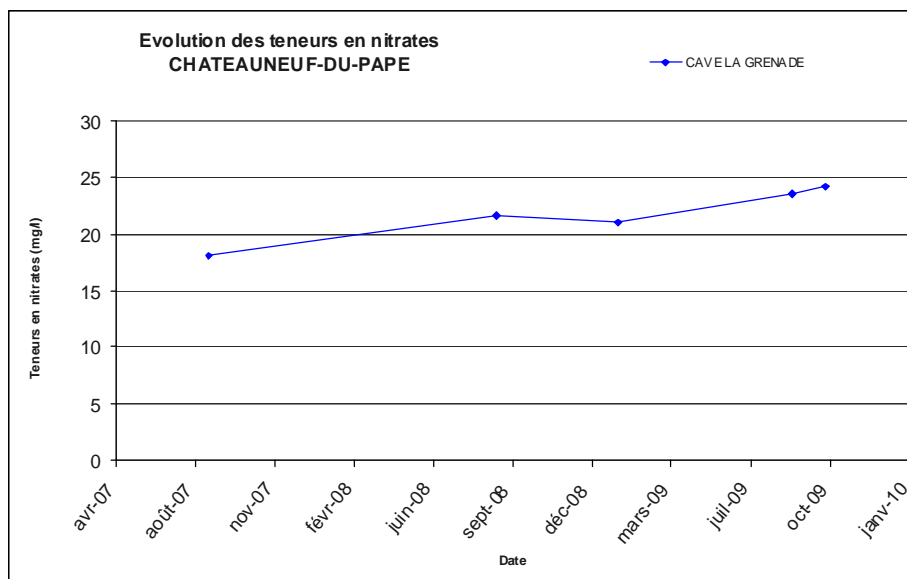


Figure 10 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Chateauneuf-du-Pape

A Courthézon (**Figure 11**), les teneurs en nitrates du forage du lotissement La Chêneraie chutent de 18 mg/l en février 2005 à 3,5 mg/l en février 2006, puis augmentent très légèrement jusqu'à 4 mg/l en juin 2009.

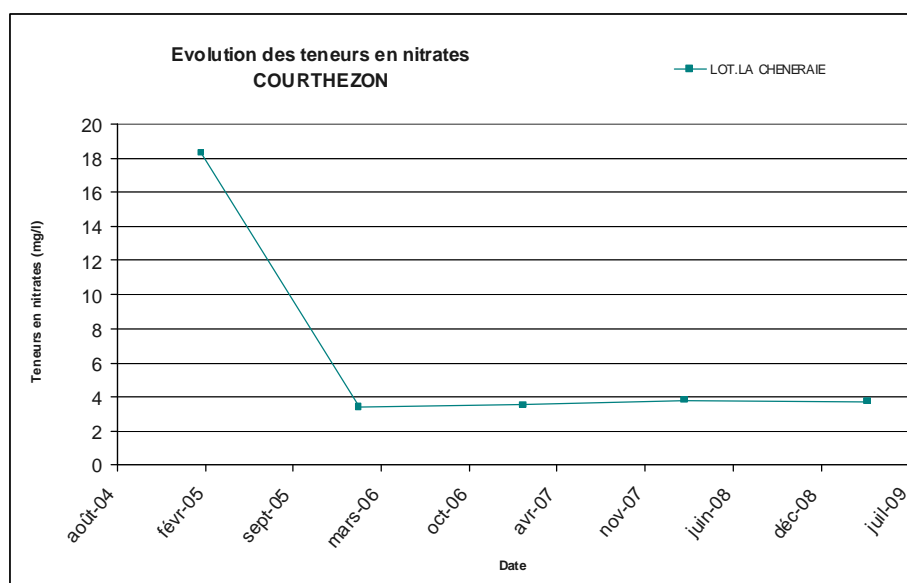


Figure 11 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Courthézon

A Montoux (**Figure 12**), les teneurs en nitrates du forage de la Conserverie Martin varient de manière saisonnière de 0 à 9 mg/l d'avril 2001 à juillet 2009.

Les forages de Faraud, de l'auberge l'Houmet et de la Source des Garrigues présentent des teneurs en nitrates nulles de septembre 2002 à juillet 2009.

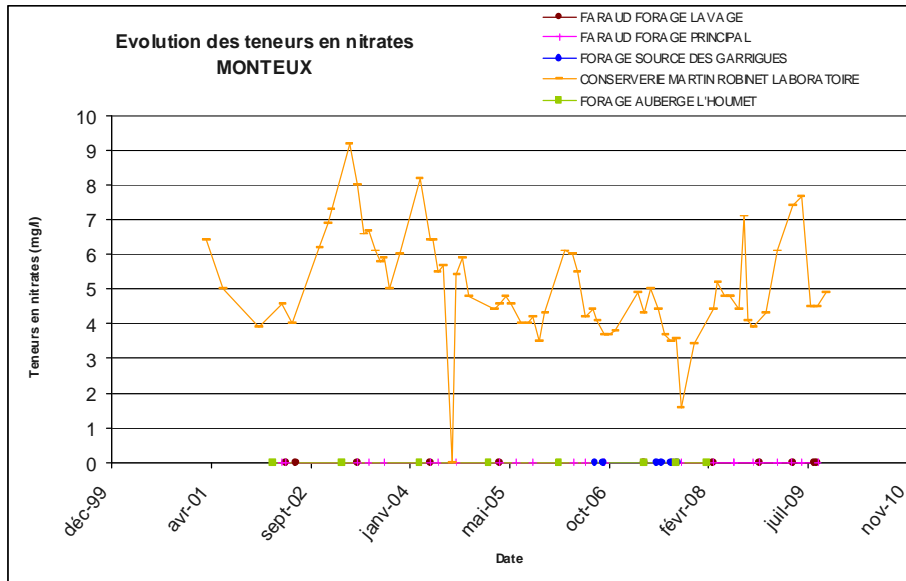


Figure 12 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Monteux

A Modène (**Figure 13**), les teneurs en nitrates du forage du Clos des Marelles sont constantes à 0,9 mg/l en 2009.

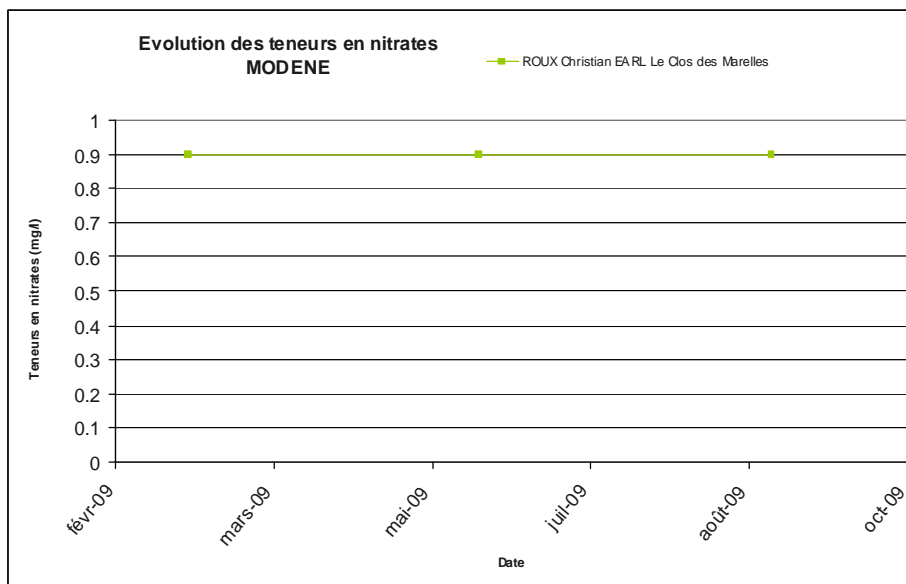


Figure 13 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Modène

A Pernes-les-Fontaines (**Figure 14**), les teneurs en nitrates du forage du restaurant Prato Plage ont baissées de 35 mg/l en mars 2001 à 9 mg/l en juillet 2002. Puis, elles ont légèrement baissées jusqu'à 5 mg/l fin 2007 avant de réaugmenter jusqu'à 15 mg/l fin 2008.

Le forage AEP de Prato présente des teneurs en nitrates constantes à 6 mg/l de novembre 1999 à janvier 2008, sauf une teneur de 18 mg/l en avril 2001.

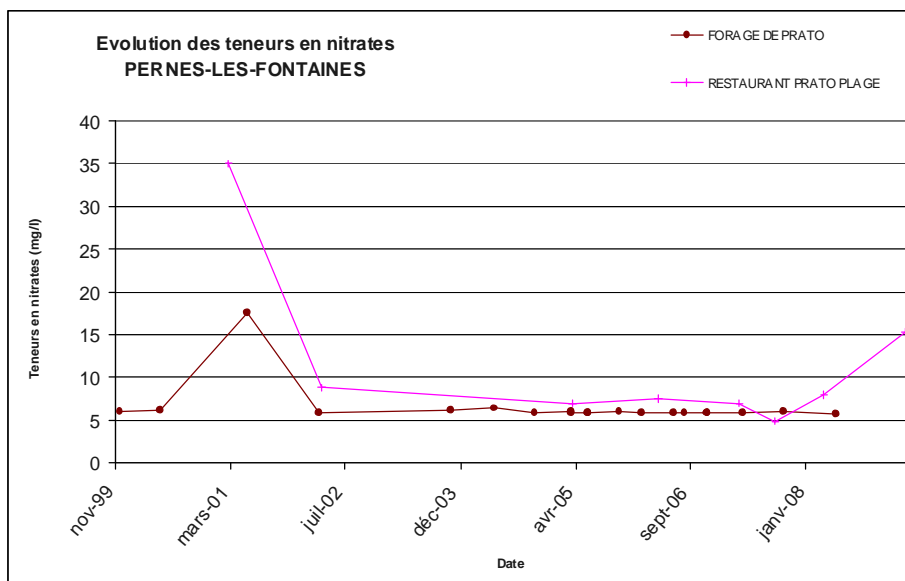


Figure 14 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Pernes-les-Fontaines

A Saint-Hippolyte-le-Graveyron (**Figure 15**), les teneurs en nitrates du forage de Joël Ramade sont nulles 2009.

Le forage de Rémy Falque présente des teneurs comprises entre 0,9 et 1,3 mg/l.

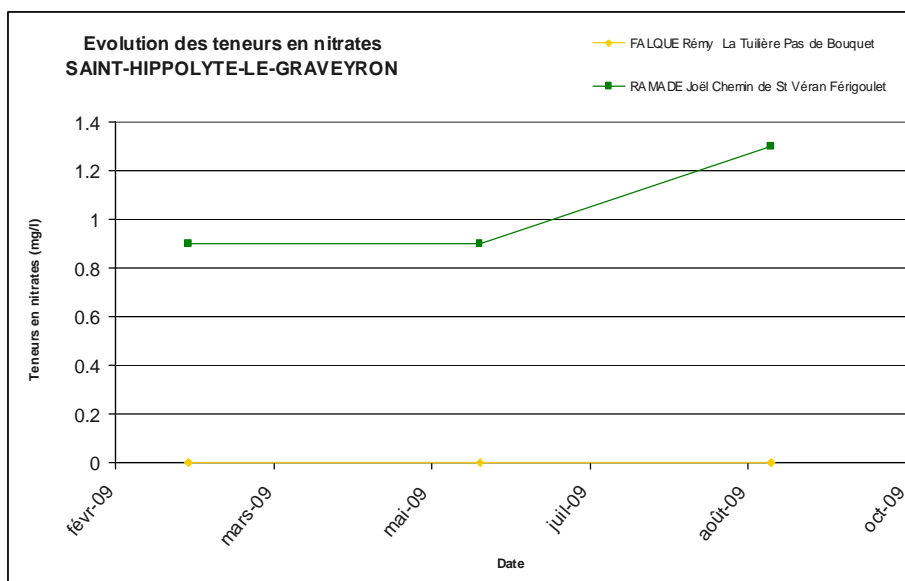


Figure 15 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à St-Hippolyte-le-Graveyron

A Sarrians (**Figure 16**), les teneurs en nitrates du forage du forage de l'abattoir de Colombier du Comtat varient entre 5 et 15 mg/l de 2002 à 2009.

Celles du forage de Jean Latour varient entre 15 et 35 mg/l de 2002 à 2009.

Celles du forage du domaine Sang des Cailloux varient entre 15 et 20 mg/l de 2002 à 2009.

Celles du forage de la ferme pédagogique varient entre 20 et 43 mg/l de 2001 à 2009.

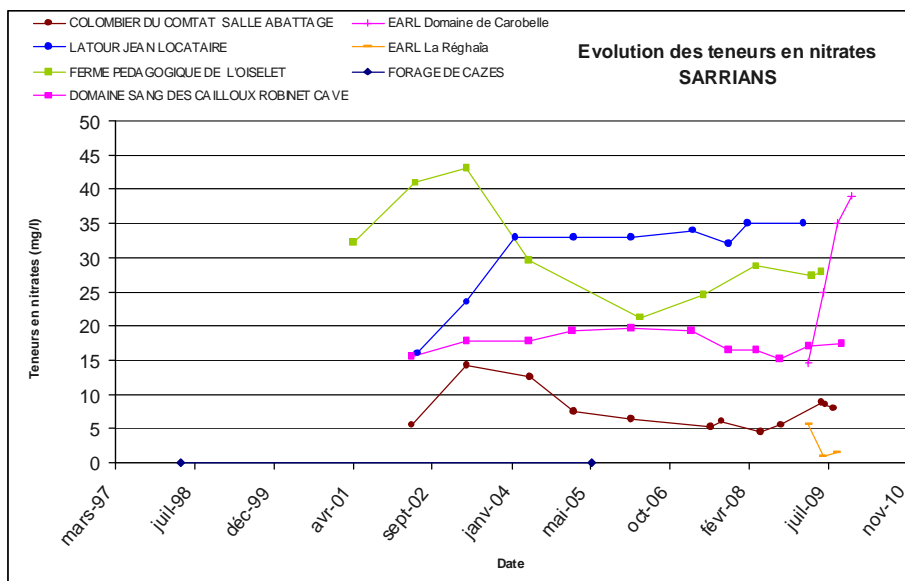


Figure 16 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Sarrians

A Vénasque (**Figure 17**), les teneurs en nitrates du forage Jouvenal Est varient entre 1 et 8 mg/l en 2009. Celles du forage de Fonsargoule entre 6 et 42 mg/l. Celles du forage de Notre Dame de Vie les Souvelles sont constantes à 1,5 mg/l.

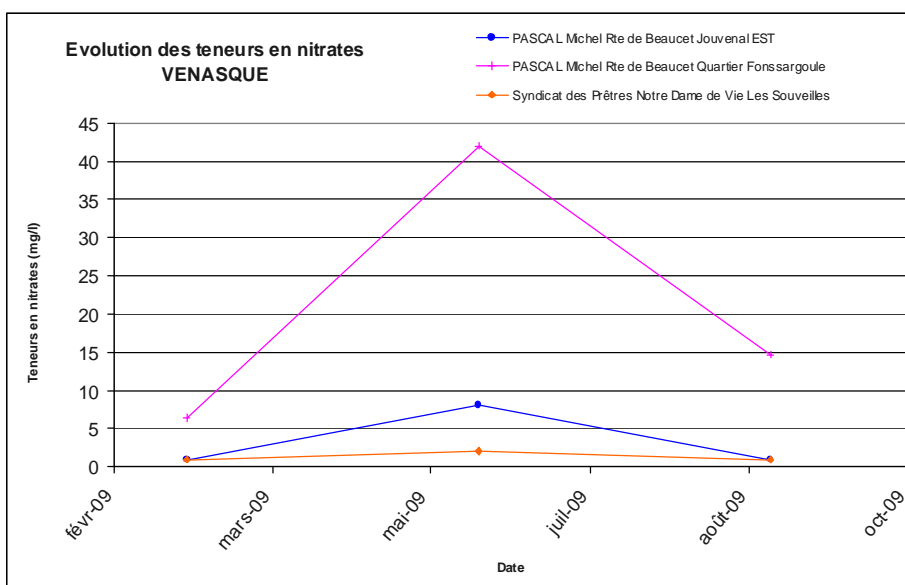


Figure 17 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à Vénasque

A Saint-Pierre-de-Vassols (**Figure 18**), les teneurs en nitrates du forage de M. Charasse varient entre 1 et 8 mg/l en 2009.

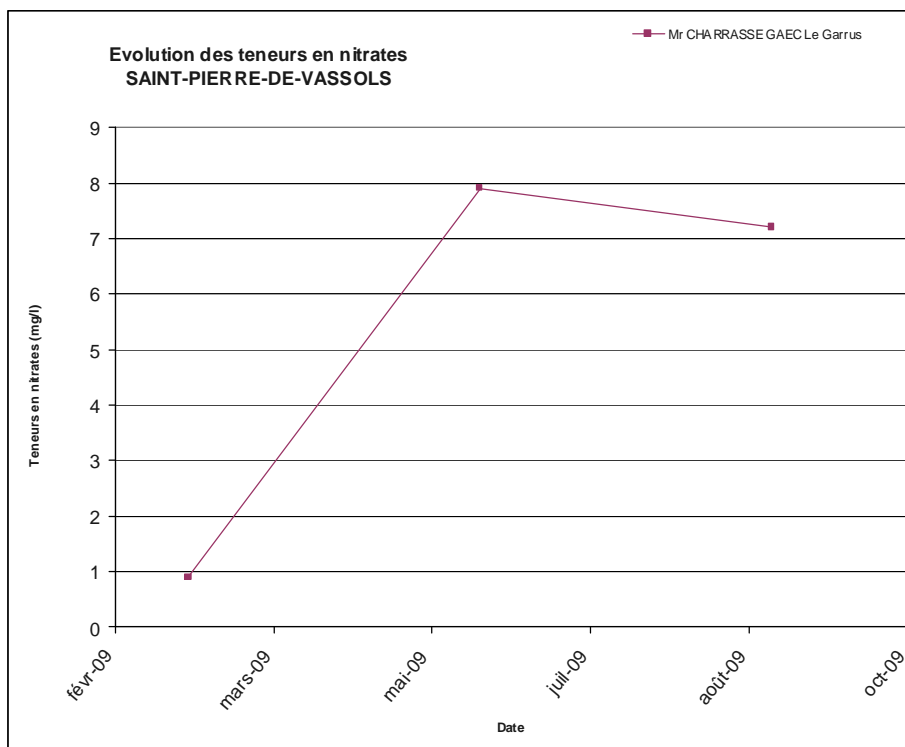


Figure 18 : Courbe d'évolution des teneurs en Nitrates à St-Pierre-de-Vassols

1.3.5 Pesticides

Les résultats des analyses réalisées par l'ARS Vaucluse et le suivi ADES permettent d'établir une carte des pesticides retrouvés sur le bassin de Carpentras.

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

1.4 Vulnérabilité

1.4.1 Vulnérabilité intrinsèque

La carte de vulnérabilité intrinsèque de la nappe du Miocène sur le bassin de Carpentras présente une extrapolation de l'épaisseur du recouvrement du miocène, à partir des données des forages ayant recoupés la série miocène.

Contrairement au bassin de Valréas qui est marqué par un important recouvrement de la série miocène par les alluvions et le pliocène, le bassin de Carpentras ne présente qu'un recouvrement limité du miocène, en terme de superficie et d'épaisseur. En effet, le miocène est quasi-affleurant (de 0 à 10 m d'épaisseur de recouvrement) sur la majorité du territoire. Les deux zones de plus épais recouvrement, au Nord-Ouest de Jonquières et sur la zone Sud du bassin, correspondent au recouvrement pliocène.

1.4.2 Vulnérabilité extrinsèque

La carte de vulnérabilité extrinsèque de la nappe du Miocène sur le bassin de Carpentras a été réalisée à partir des données d'Occupation du Sol de CORINE LAND COVER 2006, des données de la DREAL pour les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et les sites industriels SEVESO, la base de données BASIAS qui regroupent les anciens sites industriels et activités de service nécessitant une action des pouvoirs publics et les données de l'ex-DIREN pour le réseau hydrographique.

Sur la zone d'étude, l'Occupation du Sol est consacrée à quatre activités principales :

- ✚ Les zones urbaines, au droit des villes principales ;
- ✚ Les terres arables (irriguées et non irriguées) : céréales, légumineuses de plein champ, cultures fourragères, plantes sarclées et jachères, y compris les cultures florales, forestières (pépinières) et légumières (maraîchage) de plein champ, sous serre et sous plastique, ainsi que les plantes médicinales, aromatiques et condimentaires. Non compris les prairies ;
- ✚ Les zones de cultures permanentes : surfaces plantées de vignes, parcelles plantées d'arbres fruitiers ou d'arbustes fruitiers (cultures pures ou mélange d'espèces fruitières, arbres fruitiers en association avec des surfaces toujours en herbe). Y compris les châtaigneraies et les noiseraies. Surfaces plantées d'oliviers, y compris oliviers et vignes sur la même parcelle ;
- ✚ Les zones agricoles hétérogènes : cultures temporaires (terres arables ou prairies) en association avec des cultures permanentes sur les mêmes parcelles. Juxtaposition de petites parcelles de cultures annuelles diversifiées, de prairies et / ou de cultures permanentes complexes. Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par de la végétation naturelle. Cultures annuelles ou pâturages sous couvert arboré composé d'espèces forestières.

Les activités industrielles actuelles et anciennes sont localisées au droit des zones urbaines. En ce qui concerne les sites SEVESO, ils sont situés à l'extérieur de la zone d'étude, le long de la vallée du Rhône.

1.5 Contraintes socio-économiques

La carte des contraintes socio-économiques sur le bassin de Carpentras a été réalisée à partir des données suivantes :

- ✚ La localisation des ouvrages existants recensés dans le cadre de cette étude, classés en fonction de l'aquifère capté (miocène, non miocène et indéterminé) ;
- ✚ Les volumes annuels prélevés sur les ouvrages miocènes agricoles, sur la base des données déclarées auprès de la Chambre d'Agriculture et de la DDT ;
- ✚ Le réseau AEP du Syndicat Rhône-Ventoux ;
- ✚ Le réseau d'assainissement du Syndicat Rhône-Ventoux.




La plus importante densité de forages (aquifère miocène et aquifère indéterminé) est située sur une zone englobant Monteux, Sarrians, Aubignan, Carpentras et Caromb.

En ce qui concerne les volumes annuels prélevés présentés sur la carte, ils apportent une simple indication des zones de prélèvements, mais les données sont insuffisantes pour évaluer les




prélèvements réels sur la nappe du Miocène. En effet, il ne s'agit que des volumes de prélèvements déclarés auprès de la Chambre d'Agriculture et de la DDT. De plus, dans les dossiers de déclarations, il n'y a peu ou pas de précision sur les forages, mis à part la profondeur de l'ouvrage (absence de coupes géologiques et techniques, pas d'indication de niveau piézométrique, etc.) On peut également se poser la question du volume déclaré : s'agit-il d'une valeur lue à l'aide d'un compteur volumétrique ou d'une estimation ? Et, pour certains volumes déclarés, il semblerait qu'il s'agit d'un volume « global » des prélèvements du déclarant, qui possède parfois plusieurs forages.

1.6 Cartes à dire d'experts

La carte tracée à dire d'experts pour le bassin de Carpentras est une synthèse des points de vue de :

-  G. TRUC, hydrogéologue expert ;
-  Des foreurs intervenant sur le bassin de Carpentras : BRIES ET FILS, GRANGER, MEYNARD ;
-  De MICHELIER, installateur de pompes à Caromb.

D'un point de vue qualité, selon ces experts, les zones à exclure sont les suivantes :



-  La bordure Est, présence d'eaux salées issues des échanges avec l'Oligocène ;
-  La zone à l'Est de Courthézon, présence d'eaux salées en profondeur ;
-  En bordure, vers Beaumes-de-Venise et Saint-Hippolyte-le-Graveyron, présence d'eaux salées issues du Trias.

Toujours d'un point de vue qualité, les zones avec les plus fortes teneurs en Fer, sont situées entre Jonquières, Sarrians, Carpentras et Monteux. Du soufre serait également présent vers Mazan, Caromb et au Sud de Violés.

La zone au Sud de Vedène/Velleron, est à exclure en raison du recouvrement pliocène et de la faible épaisseur de miocène constitué d'un faciès très marneux.

Les zones les plus favorables, en terme de productivité et de qualité sont situées autour de Carpentras, Aubignan, Sarrians et Monteux.

D'autres zones sont à explorer pour approfondir les connaissances, avec à priori un bon potentiel en termes de productivité comme de qualité :

-  Le miocène à l'Est de Carpentras et dans la zone située entre Carpentras, Aubignan et Caromb ;
-  Le karst vers Caromb.

Les avis des différents experts (hydrogéologues, foreurs et installateurs de pompes) sont convergents, que ce soit au niveau des zones à exclure du fait de problème de qualité ou de faible productivité, ou bien pour les zones présentant le meilleur potentiel d'un point de vue de la productivité. Leurs dires sont enfin confirmés par la bibliographie.

1.7 Carte d'exclusion de zones

Sur le bassin de Carpentras, les zones exclues correspondent aux zones avec :

- ✚ Une productivité faible : débit spécifique inférieur à 0,1 m³/h/m ;
- ✚ Faciès très marneux du miocène, avec recouvrement pliocène épais ;
- ✚ Présence d'eaux salées avérés (à dire d'experts) ;
- ✚ Présence de chlorures : teneurs supérieures à 250 mg/l (d'après ROUDIER, 1987) ;
- ✚ Présence de sulfates : teneurs supérieures à 250 mg/l (d'après ROUDIER, 1987).

1.8 Carte synthétique de pré-identification des zones sur le Bassin de Carpentras

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 les zones de très faible productivité ou de productivité nulle, c'est-à-dire les zones de bordure au SE du bassin et les zones affectées par des eaux salées liées à la présence de teneurs remarquables en chlorures et sulfates situées au dessus de la référence de qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Nous avons en effet considéré que pour ces deux critères qualité, le traitement est difficile et coûteux. A contrario, nous avons considéré dans un premier temps que le fer et le manganèse sont traitables n'impliquant pas l'exclusion systématique des zones correspondantes.

Il faut en effet tenir compte des lacunes d'information sur la répartition verticale des teneurs en fer et manganèse qui peuvent être lié à une certaine compartimentation de l'aquifère. Contrairement au bassin de Valréas où la relation de ces paramètres indésirables est clairement établie et liée à la présence du recouvrement Pliocène, des investigations complémentaires intégrant la dimension verticale de l'aquifère sont nécessaires pour connaître l'origine des teneurs retrouvées dans les analyses.

Sur le bassin de Carpentras, les zones pré-identifiées ont été sectorisées d'abord en fonction des critères de productivité de l'aquifère et de qualité des eaux, et nous avons, de fait, éliminé les zones qui présentaient un potentiel défavorable pour ces deux critères.

Ainsi, 7 zones ont été identifiées comme potentielles, dont 3 zones pré-identifiées pour les zones d'intérêt futur et 4 zones au potentiel intéressant mais à prospecter à plus long terme car les lacunes d'information sont importantes.

Le code couleur adopté pour évaluer chaque critère a été adapté au bassin de Carpentras. Ainsi, pour la productivité, les couleurs ont été appliquées en fonction du débit spécifique (**Figure 19**) :

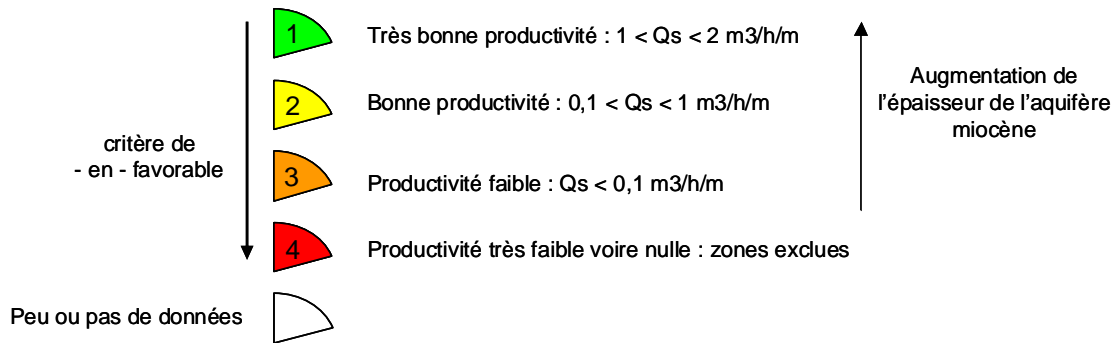


Figure 19 : Adaptation du code couleur au critère de productivité sur le bassin de Carpentras

De même, pour la qualité, des valeurs de teneurs ont été utilisées (**Figure 20**) :

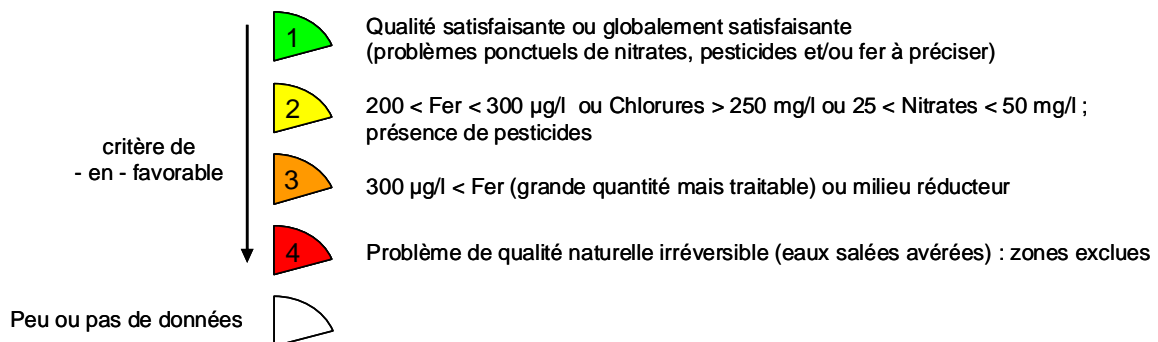


Figure 20 : Adaptation du code couleur au critère de qualité sur le bassin de Carpentras

La carte synthétique de pré-identification des zones d'intérêt futur pour le bassin de Carpentras est présentée dans le **Volume 4 Bassin de Carpentras Annexes**.

Les trois zones pré-identifiées pour les zones d'intérêt futur sont :

- ✚ **A - la zone d'Aubignan** qui s'étend de Beaumes-de-Venise à Monteux, soit la partie Nord-Est du horst d'Oriol, entre la faille de Sarrians et la faille de Loriol, présente une très bonne productivité avec des débits spécifiques compris entre 1 et $2 \text{ m}^3/\text{h/m}$, une bonne qualité de sables (sables grossiers faiblement indurés) et une épaisseur de miocène comprise entre 50 m (en bordure, vers Beaumes-de-Venise) et 250 m (vers Loriol-du-Comtat). La qualité est très satisfaisante : fer en faible quantité par rapport au reste du bassin ($< 200 \text{ mg/l}$), quelques chlorures et sulfates vers Beaumes-de-Venise et une petite zone nitrates entre Aubignan et Carpentras ;
- ✚ **B - la zone de Sarrians / Entraigues**, soit la partie Sud-Ouest du horst d'Oriol présente une très bonne productivité avec des débits spécifiques légèrement supérieurs à $2 \text{ m}^3/\text{h/m}$, des sables de bonne qualité (sables grossiers faiblement indurés) et une épaisseur de miocène comprise entre 100 m et 250 m. La qualité est moins satisfaisante, du fait de la présence de fer en très grande quantité ($> 300 \text{ mg/l}$) mais traitable ;
- ✚ **C - la zone de Carpentras**, de Caromb à Mazan, Monteux et Pernes-les-Fontaines, est caractérisée par une bonne productivité avec des débits spécifiques compris entre 0,1 et $1 \text{ m}^3/\text{h/m}$ et une épaisseur de miocène comprise entre 10 et 200 m de profondeur. La qualité est très satisfaisante, avec des teneurs en fer $< 200 \text{ mg/l}$, sauf une zone où il y aurait à priori des nitrates. Les contraintes socio-économiques sont peut être un peu plus importantes que sur les zones précédentes (A et B) du fait de la présence de la ville de Carpentras et du nombre élevé de forages, notamment domestiques.

Les quatre zones au potentiel intéressant mais à prospector à plus long terme sont des zones sur lesquelles les lacunes d'informations et de données sont très importantes. Ainsi, contrairement aux trois zones précédentes, la prospection sur celles-ci entraînerait la réalisation de forages de reconnaissance profonds, afin de recouper la série miocène dans sa totalité, d'où un critère coût des investigations plus défavorable. Ces zones sont :

- ✚ **D - la zone de Caromb** concerne le miocène qui est à priori productif, mais également les calcaires sous-jacents et adjacents qui sont à priori très productifs mais peu et mal connus, étant donné qu'il n'y a jamais eu de travaux de reconnaissance. La qualité est incertaine ;
- ✚ **E – la zone de Courthézon / Bédarrides** présente une productivité intéressante, mais la qualité est très mal connue. D'après la structure géologique du fossé de Bédarrides, et vu la présence d'eaux salées vers Courthézon et Bédarrides, il est très probable que des eaux salées provenant du Trias de Beaumes-de-Venise transitent dans les formations profondes ;
- ✚ **F – la zone de Vedène / Entraigues** présente d'importantes lacunes : la productivité comme la qualité n'est peu voire pas connue ;
- ✚ **G – la zone de Jonquières** est également mal connue, en quantité comme en qualité, mais quelques forages profonds indiquent des débits spécifiques intéressants.

Le **Tableau 2** présente un récapitulatif de l'évaluation des critères pour chaque zone :

	Productivité	Qualité	Vulnérabilité	Contraintes socio-économiques	Coût des investigations
Zone d'Aubignan					
Zone de Sarrians / Entraigues					
Zone de Carpentras					
Zone de Caromb					
Zone de Courthézon / Bédarrides					
Zone de Jonquières					
Zone de Vedène / Entraigues					

Tableau 2 : Evaluation des critères pour chaque zone

La vulnérabilité a été systématiquement indiquée en blanc, car les éléments disponibles ne sont pas suffisants pour l'évaluer, notamment le bassin d'alimentation.

1.9 Conclusion phase 1 sur le bassin de Carpentras

La synthèse bibliographique des données géologiques, hydrogéologiques et géochimiques sur le bassin de Carpentras nous ont permis de proposer une carte synthétique qui servira de point de départ aux études, mesures, préconisations ultérieures.

En effet on constate sur le bassin de Carpentras qu'il existe une corrélation extrêmement forte entre la structure du bassin (fractures, décalage avec des zones hautes : horsts et avec des fossés : grabens) et la géologie qui conditionne ensuite l'hydrogéologie (volet quantitatif plus particulièrement) et aussi l'hydrochimie (volet qualitatif). C'est donc à partir de cette analyse que nous avons pu dégager plusieurs grandes unités qui sont :

- ✚ **La zone Est que l'on appellera la zone de Mazan** avec des productivités faibles à nulles et un substratum oligocène apportant des eaux sulfatées impropres à la consommation. Zone à exclure sans ambiguïté ;
- ✚ **La zone de Carpentras** (zones A et C) : qui sans être totalement homogène correspond à un secteur où existent de très nombreux forages de profondeur, de débit, de qualité variables mais qui – dans son ensemble - forme une entité sans forte anomalie. Il faut noter que la quasi-totalité des forages ne traverse pas les horizons les plus profonds et que l'on manque d'information sur la base de la série ;
- ✚ **La zone de Loriol** (zone B) : ce nom est attribué en référence au « horst de Loriol du Comtat ». Il s'agit en effet de la zone où la molasse serait en contact avec l'Urgonien. Il est indéniable que l'on y retrouve les ouvrages où le débit et la qualité sont les plus favorables. C'est aussi sur cette zone qu'est située la majorité des forages artésiens. En descendant vers le Sud-Ouest, les formations miocènes s'enrichissent en fer, atteignant des valeurs proches, voire dépassant, les seuils réglementaires vis-à-vis de la distribution, mais traitables à l'aide d'une unité de traitement adaptée ;
- ✚ **Le fossé de Bédarrides** (zone E) : la limite Ouest a été calée sur la faille de Nîmes, sans beaucoup d'éléments pour les autres critères de sélection étant donné que l'on ne dispose que de peu d'ouvrages de référence ;
- ✚ **Le secteur de Jonquières** (zone G) : ce secteur étant situé en dehors des territoires syndicaux et les informations disponibles étant faibles et peu prometteuses, il apparaît d'un intérêt limité.

Ce classement par zones géographiques ne donne pour l'instant aucune indication sur l'origine de l'eau et sur les zones d'alimentation qui – in fine – devront être définies pour pouvoir en assurer la protection dans l'avenir afin de conserver intacte la qualité de cette ressource majeure.

Nous pouvons donc d'ores et déjà à la fin de cette phase 1 envisager et proposer un fil conducteur pour la suite de l'étude et plus précisément la phase 2. Il s'agit :

- ✚ **De sélectionner plusieurs zones pouvant avoir un intérêt syndical** dans l'avenir, sur lesquelles il faudra réaliser un travail plus exhaustif. Dans tous les cas, ces petites unités ne pourront être dissociées du grand ensemble auxquelles elles appartiennent ;
- ✚ **De commencer à envisager les études complémentaires** qui devront permettre de comprendre le fonctionnement de ce bassin, particulièrement sur les points suivants ;
- ✚ **Comment-est-il alimenté ?** Uniquement par les précipitations locales ? De façon indirecte par drainance à partir du karst (latéralement ou par le horst de Loriol) ? **II**

s'agira de l'objectif n°1 à atteindre. Objectif qui conditionnera ensuite la totalité de la mise en place de sa protection ;

✚ Où se font les sorties ?

✚ Il sera obligatoire à un moment donné d'avoir une vision dynamique de cet aquifère qui intégrera le volume de l'aquifère, le temps de séjour, son renouvellement, les zones à circulation rapides que l'on imagine en surface, celles avec des flux plus lents en profondeur. Toute une modélisation conceptuelle à mettre en place en ajustant les différentes pièces du puzzle que sont la géologie (coupes de forages par exemple), la géophysique (électrique – sismique), l'hydrogéologie (pompages d'essai) et la géochimie (analyses physico-chimique et analyses isotopiques).

2 PHASE 2 : CARACTERISATION DES ZONES STRATEGIQUES

2.1 Zones prédéfinies en phase 1

2.1.1 Zones d'étude

3 zones ont été retenues par le Syndicat Rhône-Ventoux pour la phase 2 :

- ✚ La zone d'Aubignan Sud, dans la partie Nord-Est du horst d'Oriol, entre la faille de Sarrians et la faille de Loriol, sur les communes d'Aubignan et de Loriol-du-Comtat ;
- ✚ La zone de Carpentras Ouest, au Sud de la zone 1, sur les communes de Loriol-du-Comtat, Monteux et Carpentras ;
- ✚ La zone de Carpentras Sud-Est, sur les communes de Carpentras et Pernes-les-Fontaines.

Ces 3 zones ont été regroupées dans une zone d'étude élargie : un « carré » s'étendant de Sarrians à Althen-les-Paluds, Saint-Didier et Modène, englobant ainsi Carpentras, Aubignan et Monteux.

2.1.2 Productivité

Une carte de représentation de la productivité de la nappe contenue dans l'aquifère miocène du bassin de Carpentras a été réalisée à partir des données issues de la thèse de Guy FAURE (piézométrie, débits spécifiques et zones d'artésianisme de l'été 1979), de la thèse de Frédéric LALBAT (piézométrie de 2003), de la BSS, de l'ANDRA et d'IDEES-EAUX (débits spécifiques et débits de pompage).

D'une manière générale, la nappe du Miocène ne présente pas de débits spécifiques élevés, du fait de la nature très fine des matériaux aquifères. Les débits spécifiques maximum, légèrement supérieurs à $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, sont concentrés autour de Sarrians. Les débits spécifiques, compris entre 1 et $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ vont jusqu'à Aubignan, Carpentras et Monteux. Le reste de la zone d'étude a des débits spécifiques compris entre 0,1 et $1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

L'écoulement général des eaux dans le bassin de Carpentras s'effectue des reliefs de la bordure Est vers un exutoire de surface réduite à l'Ouest, au niveau du seuil perméable constitué par la vallée de l'Ouvèze à Bédarrides, selon une direction NE-SO. Les lignes de courant se concentrent dans une zone allant de Sarrians à Bédarrides, parallèlement au horst de Loriol.

2.1.3 Qualité

2.1.3.1 Fer

D'après les données issues de la thèse de Roudier (1987) et les suivis de qualité de l'ARS et de l'ADES (1997-2009), les concentrations en fer les plus élevées ($> 200 \mu\text{g}/\text{l}$) sont situées entre Sarrians et Althen-les-Paluds, ainsi qu'autour de Serres, Notre-Dame du Bon Remède, et vers l'aéroport de Carpentras.

2.1.3.2 Manganèse

D'après les données issues de la thèse de Roudier (1987) et les suivis de qualité de la ARS et de l'ADES (1997-2009), les concentrations en manganèse les plus élevées (> 50 µg/l) sont situées entre Aubignan, Sarrians et Althen-les-Paluds.

Sur le reste de la zone d'étude, les concentrations en Manganèse sont inférieures à 25 µg/l.

2.1.3.3 Sulfates et chlorures

D'après les données issues de la thèse de Roudier (1987) des sulfates (> 200 mg/l) et des chlorures (> 100 mg/l) sont présents vers Monteux.

D'après les suivis de qualité de la ARS et de l'ADES (1997-2009), les concentrations en sulfates et chlorures, lorsqu'elles sont connues, sont relativement faibles (Sulfates < 100 mg/l et Chlorures < 25 mg/l) sur la zone d'étude, sauf sur un forage situé à La Joannis qui présente des valeurs anormalement élevées : 864,4 mg/l de sulfates et 75,33 mg/l de chlorures.

Aucune donnée de concentrations en sulfates et chlorures n'est disponible entre Sarrians et Carpentras.

2.1.3.4 Nitrates

L'interpolation à partir des données ponctuelles des teneurs moyennes en nitrates issues des suivis de la ARS, l'ADES, la DDT84, l'Agence de l'eau et le BRGM permet d'identifier 3 zones avec des teneurs en nitrates importantes (> 25 mg/l) : à l'Est et au Sud de Carpentras et au Sud-Est d'Aubignan.

2.1.3.5 Pesticides

Les zones dans lesquelles des pesticides ont été retrouvés sont corrélées avec des concentrations élevées en nitrates. Les principales molécules pesticides détectées sur la zone d'étude sont : Atrazine, Atrazine déséthyl, Terbutylazine et Terbutylazine-déséthyl.

2.1.4 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, principalement de vergers et vignobles. Les zones urbaines, correspondent aux villes de Carpentras, Aubignan et Monteux.

2.1.5 Contraintes socio-économiques

Au droit de la zone d'étude, le réseau AEP du Syndicat Rhône-Ventoux est dense. La pression sur la ressource est importante comme l'atteste la densité élevée de forages recensés qui captent le Miocène.

2.1.6 Usage de la ressource

Les ouvrages répertoriés sur la zone d'étude ont été distingués en fonction de leur usage :

-  Eau potable : 67 ouvrages ;
-  Usage domestique : 182 ouvrages ;
-  Usage agricole : 321 ouvrages ;
-  Industrie : 17 ouvrages ;
-  Eaux embouteillées : 1 ouvrage ;
-  Géotechnique : 1 ouvrage ;
-  Piézomètres : 4 ouvrages ;
-  Indéterminé (divers et non renseigné) : 76 ouvrages.



Les usages de la ressource sont donc principalement des usages domestiques ou agricoles. La répartition des usages agricoles et domestiques est assez homogène sur la zone d'étude.

2.1.7 Données disponibles

La carte présente les documents disponibles sur les forages captant le Miocène qui ont été recensés dans la bibliographie : résultats d'analyses, coupes géologiques, études, rapports.

En ce qui concerne les forages avec des résultats d'analyses, ils apparaissent comme relativement nombreux. La majeure partie des analyses disponibles correspondent aux données des analyses pesticides (64 ouvrages) et nitrates (66 ouvrages). Les autres données d'analyses sont : teneurs en fer (13 ouvrages), manganèse (16 ouvrages), chlorures et sulfates (18 ouvrages). Certains ouvrages ont des données d'analyses pour plusieurs paramètres. En tout, 71 ouvrages présentent des résultats d'analyses.

Pour les autres données disponibles :

-  139 forages disposent de coupes géologiques et/ou techniques ;
-  340 forages ont des études et/ou des rapports.

119 forages ne disposent d'aucun document.

Notons que certains forages disposent de plusieurs données (analyses, coupes, études).

2.1.8 Analyses isotopiques Carbone 14

La carte présente une carte avec les données disponibles en datation au Carbone 14 sur des forages captant le miocène. Ces données proviennent du rapport CPGF de 1986 et du BRGM 2008. Les âges corrigés en années sont compris entre 20 et 14 110 ans. D'après ces données, comparées avec les profondeurs des prélèvements (quand elles sont précisées), il semblerait que l'âge des eaux augmente avec la profondeur.

2.1.9 Données géologiques disponibles sur les forages

2.1.9.1 Coupes géologiques disponibles

Les logs géologiques (issues de la banque de données du sous sol du BRGM ou de l'étude ANDRA) des ouvrages répertoriés dans la zone d'étude élargie ont été analysés. 122 ouvrages, situés sur la zone d'étude et captant le Miocène, ont une description géologique. Sur la zone élargie, nous disposons des coupes de 7 ouvrages ayant traversé le Miocène dans sa totalité, avec ainsi une indication de l'altitude du mur du Miocène (sur l'ensemble du sous-bassin de Carpentras, 16 ouvrages).

2.1.9.2 Toit du Miocène

Les logs géologiques des ouvrages permettent d'avoir des informations sur la profondeur du toit de l'aquifère miocène. 122 ouvrages sur les zones d'études fournissent ce type d'information. Une carte du toit du Miocène a été extrapolée à partir de ces données.

2.1.10 Coupes géologiques

La carte permet de localiser le trait de coupe des 2 coupes géologiques qui ont été réalisées dans la zone d'étude élargie, à partir des données disponibles (toit et mur du Miocène extrapolé, coupes de forages, etc.) :

- ✚ **Coupe A-B du Nord-Ouest au Sud-Est**, de Beumes-de-Venise à Saint-Didier, qui permet d'illustrer l'effondrement du horst de Loriol, entre les failles de Sarriens et de Loriol. Notons que l'altitude du toit et du mur de l'Oligocène est très incertaine, faute de données, de même que le toit de l'Urgonien ;
- ✚ **Coupe C-D du Sud-Ouest au Nord-Est**, à l'intérieur du horst de Loriol. Entre le forage pétrolier de Loriol Lo1 et le forage BSS n° 09155X0058, 2 forages ayant traversé le Miocène, le mur du Miocène est situé à une altitude de 200m d'écart. Sur cette coupe, une faille a été positionnée de manière complètement arbitraire pour tenter d'expliquer cette différence d'altitude.

2.1.11 Statut des documents d'urbanisme

Les 3 zones retenues sont situées sur les communes de :

- ✚ Carpentras, Aubignan et Loriol-du-Comtat appartiennent à la Communauté d'agglomération Ventoux-Comtat Venaissin. Le SCOT de l'Arc Comtat Ventoux est en cours d'élaboration. Le Périmètre a été arrêté. Le Diagnostic, la Définition des Enjeux et le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) sont validés. Le Document d'Orientations Générales (DOG) est en cours de rédaction ;
- ✚ Monteux et Pernes-les-Fontaines appartiennent à la Communauté de Communes des Sorgues-du-Comtat. Le SCOT du Bassin de Vie d'Avignon doit être arrêté mi-décembre 2010. Si des éléments concernant l'eau potable doivent être intégrés, cela pourra être fait lors d'une révision ultérieure du 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 en cours de révision	Carpentras
PLU en cours d'élaboration	Loriol-du-Comtat : schéma d'élaboration du PLU validé. La consultation pour l'élaboration du PLU est en cours. Jusqu'à aujourd'hui, une carte communale sert de document d'urbanisme.
	Monteux : en cours d'élaboration de son PLU. Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) est établi. Actuellement un POS.
POS	Aubignan
	Pernes-les-Fontaines

Tableau 3 : Documents d'urbanisme en vigueur dans les communes concernées

2.2 Fiches synthétiques des zones stratégiques

2.2.1 Zone 1

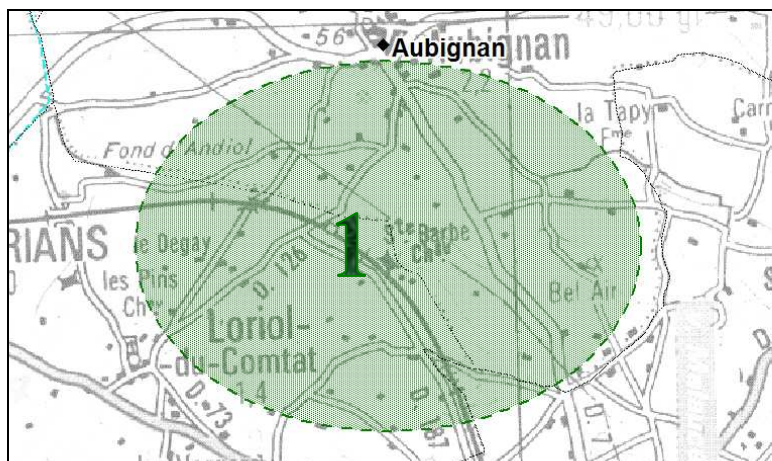


Figure 21 : zone 1

- **Très bonne productivité** : $1 < Q_s < 2 \text{ m}^3/\text{h/m}$;
- **Zone d'artésianisme** (d'après FAURE, été 1979) ;
- **Qualité satisfaisante** :
 - o **Fer** : d'après ROUDIER, 1987, la quasi-totalité de la zone 1 a une teneur $< 200 \mu\text{g/l}$, sauf au Nord Ouest de Lorient-du-Comtat où des teneurs en fer entre 200 et 3 000 $\mu\text{g/l}$ sont cartographiées. 1 seul point de suivi (ARS, ADES) avec une teneur moyenne de 15 $\mu\text{g/l}$ pour la période 1997-2009 ;
 - o **Manganèse** : d'après ROUDIER, 1987, la quasi-totalité de la zone 1 a une teneur $< 25 \mu\text{g/l}$, sauf au Sud d'Aubignan et à l'Est de Lorient-du-Comtat où des teneurs en manganèse entre 50 et 100 $\mu\text{g/l}$ sont cartographiées. 1 seul point de suivi (ARS, ADES) avec une teneur moyenne de 8 $\mu\text{g/l}$ pour la période 1997-2009 ;
 - o **Chlorures et Sulfates** : d'après ROUDIER, 1987, aucune zone avec des teneurs en chlorures $> 100 \text{ mg/l}$ et en sulfates $> 200 \text{ mg/l}$. 2 points de suivi (ARS, ADES) avec des teneurs en Sulfates de 44,5 et 33,67 mg/l et en chlorures de 15,37 et 11,83 mg/l ;
 - o **Nitrates** : d'après l'interpolation à partir des données ponctuelles du suivi ARS et ADES, les 2/3 de la zone 1 ont une teneur en nitrates $< 10 \text{ mg/l}$, sauf le 1/3 Est entre Sainte Barbe et Bel Air où les teneurs en nitrates sont comprises entre 10 et 150 mg/l . 5 points de suivi (ARS, ADES) avec des teneurs en nitrates de : 4,28 ; 4,35 ; 25,16 ; 46,7 et 59,45 mg/l ;
 - o **Pesticides** : 2 forages sur lesquels aucune molécule pesticide n'a été détectée ; 2 forages situés vers Bel Air sur lesquels du Terbutylazine déséthyl a été quantifié sur des prélèvements du 28/06/2005 : 0,024 et 0,027 $\mu\text{g/l}$;
- **Occupation du territoire** : à part la zone urbaine d'Aubignan, le territoire est occupé par des systèmes cultureux parcellaires complexes, ainsi que des vignobles vers Bel Air ;

- **Proximité du réseau AEP structurant du syndicat Rhône Ventoux** (conduite de diamètre compris entre 250 et 450 mm) ;
- **Données disponibles sur les 38 forages** captant le Miocène :
 - o 5 forages avec résultats d'analyses ;
 - o 8 forages avec coupes géologiques ;
 - o 21 forages avec rapports et/ou études ;
 - o 4 forages sans document ;
- **Usage de la ressource :**
 - o 6 forages AEP dont 4 forages du syndicat Rhône-Ventoux à Aubignan (2 d'exploitation, 2 de reconnaissance) ;
 - o 16 forages agricoles ;
 - o 11 forages domestiques ;
 - o 5 forages d'usage indéterminé.

2.2.2 Zone 2

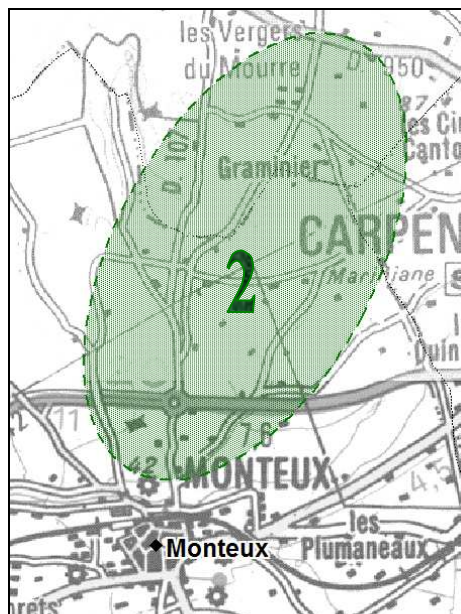


Figure 22 : zone 2

- **Très bonne productivité** : $1 < Q_s < 2 \text{ m}^3/\text{h/m}$;
- **Qualité très satisfaisante** :
 - **Fer** : d'après ROUDIER, 1987, la quasi-totalité de la zone 2 a une teneur $< 200 \mu\text{g/l}$, sauf au Nord Ouest où des teneurs en fer entre 200 et $300 \mu\text{g/l}$ sont cartographiées. 1 point de suivi (ARS, ADES) en bordure de la zone 2 avec une teneur en fer de $32,22 \mu\text{g/l}$;
 - **Manganèse** : d'après ROUDIER, 1987, la totalité de la zone 2 a une teneur $< 25 \mu\text{g/l}$. 1 point de suivi (ARS, ADES) en bordure de la zone 2 avec une teneur en manganèse de $0 \mu\text{g/l}$;
 - **Chlorures et Sulfates** : d'après ROUDIER, 1987, le Sud de la zone 2 présente des teneurs en sulfates $> 200 \text{ mg/l}$. 1 point de suivi (ARS, ADES) en bordure de la zone avec des teneurs en Sulfates de $53,25 \text{ mg/l}$ et en chlorures de $20,68 \text{ mg/l}$;
 - **Nitrates** : d'après l'interpolation à partir des données ponctuelles du suivi ARS et ADES, la totalité de la zone 2 a une teneur en nitrates $< 10 \text{ mg/l}$. 1 point de suivi (ARS, ADES) en bordure de la zone 2 avec une teneur en nitrates de $6,5 \text{ mg/l}$;
 - **Pesticides** : 1 forage sur lequel aucune molécule pesticide n'a été détectée ;
- **Occupation du territoire** : à part les zones urbaines de Loriol-du-Comtat et de Montoux, le territoire est occupé par des systèmes cultureaux parcellaires complexes. Au Nord Ouest, il y a une forêt de conifères et une zone d'extraction de matériaux ;
- **Proximité du réseau AEP structurant du syndicat Rhône Ventoux** : une conduite de diamètre compris entre 250 et 450 mm traverse la zone 2 et une conduite de diamètre supérieur à 450 mm passe au Sud de la zone 2 ;

- **Données disponibles sur les 28 forages** captant le Miocène :
 - aucun forage avec résultats d'analyses ;
 - 3 forages avec coupes géologiques ;
 - 23 forages avec rapports et/ou études ;
 - 2 forages sans document ;
- **Usage de la ressource :**
 - aucun forage AEP dans la zone 2 (mais un forage limitrophe) ;
 - 15 forages agricoles ;
 - 1 piézomètre de suivi ;
 - 10 forages domestiques ;
 - 2 forages d'usage indéterminé.

2.2.3 Zone 3

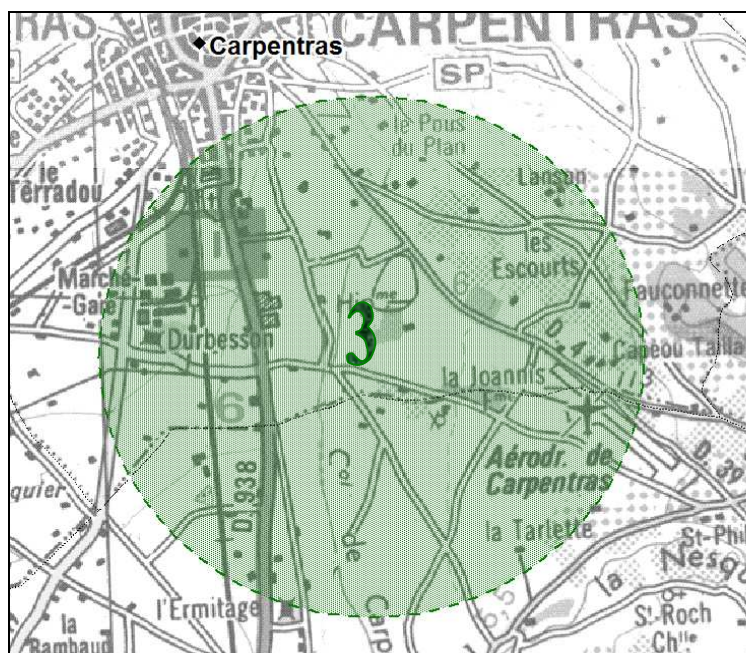


Figure 23 : zone 3

- **Bonne productivité** : $0,1 < Q_s < 1 \text{ m}^3/\text{h/m}$;
- **Qualité globalement satisfaisante** :
 - **Fer** : d'après ROUDIER, 1987, la zone 3 a une teneur en fer comprise entre 0 et 200 $\mu\text{g/l}$, sauf à l'Est, vers Capéou Talla où des teneurs en fer proche de 500 $\mu\text{g/l}$ sont cartographiées. 1 point de suivi (ARS, ADES) est situé dans la zone 3 vers Durbesson, avec une teneur en fer de 68,11 $\mu\text{g/l}$;
 - **Manganèse** : d'après ROUDIER, 1987, la totalité de la zone 2 a une teneur $< 25 \mu\text{g/l}$. 4 points de suivi (ARS, ADES) sont situés dans la zone 3 avec des teneurs en manganèse de 0 $\mu\text{g/l}$ pour 3 d'entre eux et 17,78 $\mu\text{g/l}$ pour le 4^{ème} ;
 - **Chlorures et Sulfates** : d'après ROUDIER, 1987, aucune zone avec des teneurs en chlorures $> 100 \text{ mg/l}$ et en sulfates $> 200 \text{ mg/l}$. 5 points de suivi (ARS, ADES) avec des teneurs en Sulfates de : 35,89 ; 36 ; 68,14 ; 112,5 et 864,44 mg/l et en chlorures respectivement de : 15,71 ; 11,45 ; 24,91 ; 20,05 et 75,33 mg/l ;
 - **Nitrates** : d'après l'interpolation à partir des données ponctuelles du suivi ARS et ADES, les 2/3 de la zone 3 ont une teneur en nitrates $< 10 \text{ mg/l}$, sauf au Nord et au Sud où les teneurs en nitrates sont comprises entre 10 et 150 mg/l . 6 points de suivi (ARS, ADES) sont situés sur la zone 3 avec des teneurs en nitrates de : 0,01 ; 0,21 ; 0,69 ; 1,34 ; 3,01 et 8,68 mg/l ;
 - **Pesticides** : 3 forages sur lesquels aucune molécule pesticide n'a été détectée ; 2 forages sur lesquels des molécules ont été quantifiées : Atrazine (0,02 $\mu\text{g/l}$), Atrazine déséthyl (0,02 $\mu\text{g/l}$), Atrazine déisopropyl (0,02 $\mu\text{g/l}$) et Dinoterbe (0,06 $\mu\text{g/l}$) ;

- **Occupation du territoire :** le Nord Ouest est occupé par les zones urbaines et zones industrielles et commerciales de Monteux et Carpentras. Le reste du territoire est occupé par des systèmes culturaux parcellaires complexes, des vignobles ainsi que l'aéroport de Carpentras et une zone d'extraction de matériaux ;
- **Proximité du réseau AEP structurant du syndicat Rhône Ventoux :** une conduite de diamètre 450 mm traverse la zone 3 ;
- **Données disponibles sur les 59 forages** captant le Miocène :
 - o 6 forages avec résultats d'analyses ;
 - o 14 forages avec coupes géologiques ;
 - o 37 forages avec rapports et/ou études ;
 - o 2 forages sans document ;
- **Usage de la ressource :**
 - o 6 forages AEP ;
 - o 17 forages agricoles ;
 - o 7 forages industriels ;
 - o 27 forages domestiques ;
 - o 2 forages d'usage indéterminé.

2.2.4 Récapitulatif

Le *Tableau 2* présente un récapitulatif de l'évaluation des critères pour chaque zone :

	Zone 1 (Sud d'Aubignan)	Zone 2 (entre Loriol et Monteux)	Zone 3 (Sud Est de Carpentras)
Productivité	1-2 m ³ /h/m	1-2 m ³ /h/m	0,1-1 m ³ /h/m
Fer	< 200 µg/l (sauf 200-3000 µg/l)	< 200 µg/l (sauf 200-300 µg/l)	< 200 µg/l (sauf 500 µg/l)
Manganèse	< 25 µg/l (sauf 50-100 µg/l)	< 25 µg/l	< 25 µg/l
Chlorures	< 100 mg/l	< 100 mg/l	< 100 mg/l
Sulfates	< 200 mg/l	> 200 mg/l	< 200 mg/l
Nitrates	2/3 : < 10 mg/l 1/3 : 10-150 mg/l	< 10 mg/l	2/3 : < 10 mg/l 1/3 : 10-150 mg/l
Pesticides	2 forages avec pesticide quantifié (sur 4 forages)	Ni détection ni quantification (sur 1 forage)	2 forages avec pesticide quantifié (sur 5 forages)
Occupation du territoire			Zones urbaines de Carpentras et Monteux
Proximité du réseau	Conduite Syndicat Ø 250-450 mm	Conduite Syndicat Ø 250-450 et >450 mm	Conduite Syndicat Ø > 450 mm
Données disponibles	38 forages	28 forages	59 forages
Exploitation de la ressource	6 forages AEP 16 forages agricoles 0 forage industriel 11 forages domestiques	0 forage AEP 15 forages agricoles 0 forage industriel 10 forages domestiques	6 forages AEP 17 forages agricoles 7 forages industriels 27 forages domestiques

Tableau 4 : Evaluation des critères pour chaque zone

En conclusion, la zone qui apparaît comme la plus favorable, au regard des données disponibles, est la zone 2 entre Loriol et Monteux.

Toutefois, des investigations complémentaires permettraient de compléter les lacunes de données sur certains critères. Ces investigations sont détaillées dans le chapitre suivant : ***Phase 3 : Proposition d'investigations complémentaires.***

3 PHASE 3 : PROPOSITION D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

3.1 Préambule

A l'issue des phases 1 et 2, la question essentielle concernant le mode d'alimentation du bassin sédimentaire molassique de Carpentras n'est toujours pas solutionnée. Cette question d'importance capitale nécessite un ensemble d'études et d'investigations complémentaires à mettre en œuvre pour valider le fonctionnement de cet aquifère, qui bien qu'étudié depuis plusieurs décennies n'a toujours pas livré les clés de son fonctionnement.

L'objectif est unique et consiste à répondre à une seule question :

L'alimentation du bassin se fait-elle :

- 1- Uniquement par le biais des précipitations locales (hypothèse 1) ?**
- 2- Ou existe-t-il une contribution du karst significative (hypothèse 2) ? Et lorsque l'on dit significative, cela signifie une alimentation qui impacte aussi bien le volet quantitatif que qualitatif.**

L'enjeu est de taille car en corollaire cela signifie que :

- ✚ Dans l'hypothèse 1, il faudra mettre en place une protection de toute cette "plaine de vie", par des actions fortes et structurantes au niveau de ses activités agricoles (maraichages, vignes, etc.), en analysant l'impact créé par son tissu industriel, et enfin quels sont les effets de l'activité humaine en général (routes, stations de traitements des eaux, etc.). La protection, comme on peut d'ores et déjà l'imaginer, sera très lourde et très délicate à mettre en place ;
- ✚ Dans l'hypothèse 2 et en fonction des volumes d'eau injectés par le karst on pourra s'exonérer d'une partie de la protection en faisant des choix et en sectorisant le bassin en unités ou volumes aquifères :
 - 1- Un volume aquifère dont l'alimentation se ferait directement par le karst avec une charge potentielle et un volume de transit connu. Cette réserve pourrait servir de réserve pour une vocation quasi exclusive à l'AEP. S'exonérer de protection signifie en contrepartie de ne pas dépasser un débit qui pourrait inverser le sens de circulation ascendant avec plusieurs secteurs où les ouvrages sont encore artésien ;
 - 2- Un volume intermédiaire dont l'alimentation est double (karst et précipitations locales) ;
 - 3- Un volume dont l'alimentation par le karst est nulle ou insignifiante et dont la protection bien entendu ne pourra s'envisager de la même façon que pour les deux autres secteurs.

Sans cette connaissance, toute les protections que l'on pourra proposer, ne sauraient être justifiées scientifiquement et ne pourraient être définies que selon le principe de précaution.

Ainsi, nous avons distingués deux niveaux d'investigations complémentaires :

- ✚ Les études complémentaires réalisées dans l'objectif d'améliorer la compréhension du fonctionnement et de l'alimentation du bassin de Carpentras ;
- ✚ Les investigations prioritaires des zones stratégiques, dans l'objectif de réaliser un (des) forage(s) de reconnaissance et d'organiser la préservation de ces futurs forages.

3.2 Etudes complémentaires pour améliorer la compréhension du fonctionnement

Pour répondre aux objectifs définis précédemment, nous allons maintenant proposer un certain nombre d'études complémentaires et justifier leurs contributions dans la compréhension du fonctionnement de ce bassin.

La description qui suit, correspond à un ensemble d'études complémentaires, le plus exhaustif possible, sans ordre prédéfini, si ce n'est un cheminement logique avec une caractérisation de la géologie (faciès, structure) du bassin, pour avancer vers le volet quantitatif, avant de finir par les données qualitatives. Ce choix pourra vraisemblablement permettre d'élaguer des mesures ou de les réorienter en fonction des résultats acquis à l'avancement.

3.2.1 D'ordre géologique et/ou structural

Une prospection géophysique par sismique réflexion combinée avec de la sismique réfraction qui permettra une identification plus fine des 100 premiers mètres.

Ces mesures permettront de repérer la position exacte des deux grands accidents tectoniques que sont la faille de Sarrians et la faille de Loriol et qui seraient, dans l'hypothèse d'une alimentation profonde par drainance, les vecteurs principaux de l'alimentation de la molasse par le karst. Cette première approche permettra de confirmer ou d'infirmer l'existence du horst de Loriol du Comtat et de le délimiter précisément. A ce jour les différents documents consultés ne positionnent pas ces grands accidents structuraux au même endroit.

Il existe un flou, qui est normal car on ne dispose pas ou peu d'études récentes, si ce n'est les études géophysiques CPGF des années 1980 et quelques documents proposés par les pétroliers.

La zone d'étude est principalement couverte par des profils sismiques anciens datant de 1958-1960, qui sont très difficilement récupérables et exploitables, et qui n'apporteraient que très peu d'information (**Figure 24**).

Seul existe un long profil sismique régional « ligne 82SE4B » (environ 300 km) reliant le littoral méditerranéen au Vercors, qui traverse suivant une direction Nord-Sud les bassins de Valréas et de Carpentras. L'interprétation de ce profil régional, constitué par des lignes sismiques unitaires exécutées dans le cadre de l'exploration pétrolière, ne fournit malheureusement que peu d'information sur la géométrie interne du Miocène. Toutefois quelques informations intéressantes peuvent être apportées sur la géométrie des bassins miocènes en relation avec les structures profondes, notamment pour mettre en évidence la géométrie de la surface basale du miocène.

Ces données sont mises à disposition par le BRGM sous la forme de produits numériques (.pdf des images sismiques vierges et interprétées) vendus au tarif kilométrique. Dans l’hypothèse d’une utilisation de ces données, il ne faut pas sous-estimer le temps conséquent qui sera nécessaire à leur exploitation, pour un résultat qui ne sera certainement pas à la hauteur de l’objectif visé (cf. la thèse de R. DE LA VAISSIERE).

Ce profil a également été réinterprété en 1997 par la société DIASTRATA dans le cadre de l’étude ANDRA. Une copie de ce profil FSH est disponible auprès du bureau d’études IDEES EAUX, dans le cadre de l’étude sur la Nappe du Miocène. Il est présenté en **Annexe 1**. Le profil permet d’avoir une idée globale du mur du Miocène.

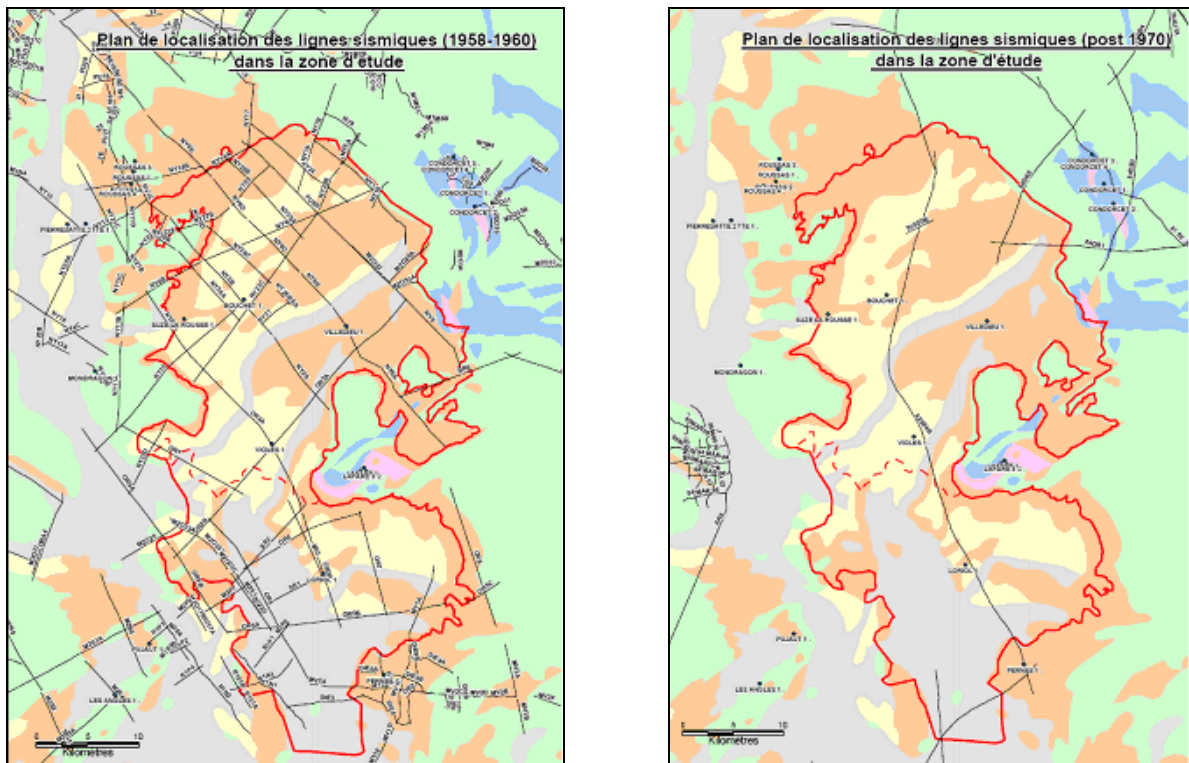


Figure 24 : Localisation des profils sismiques existants sur la zone d’étude

Il apparaît donc aujourd’hui que si nous voulons disposer d’éléments fiables sur la structure de ce horst et pouvoir faire une analyse fine sur la formation molassique, la réalisation d’une nouvelle campagne de prospection sismique ciblée sur le bassin du Miocène est nécessaire. Nous proposons donc de réaliser 4 profils sismiques (profondeur d’investigation de 600 m) destinés à :

- Reconnaître par sismique hybride les deux failles régionales au sein du substratum calcaire ;
- Identifier les structures des dépôts sédimentaires molassiques reposant sur le substratum calcaire ;
- Cartographier le toit du calcaire à une profondeur estimée entre 200 et 350 m.

Remarque : La réalisation de ces profils géophysiques nous permettra d’identifier la position des différentes fractures ainsi que de localiser le horst, mais ils ne nous permettront pas de déterminer si il y a un apport d’eau depuis les calcaires.

La position des profils envisagés est présentée dans les **Figure 25** à **Figure 29** :

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

Rapport final – Volume 2 – Bassin de Carpentras – Mai 2011



Figure 25 : Localisation des 4 profils

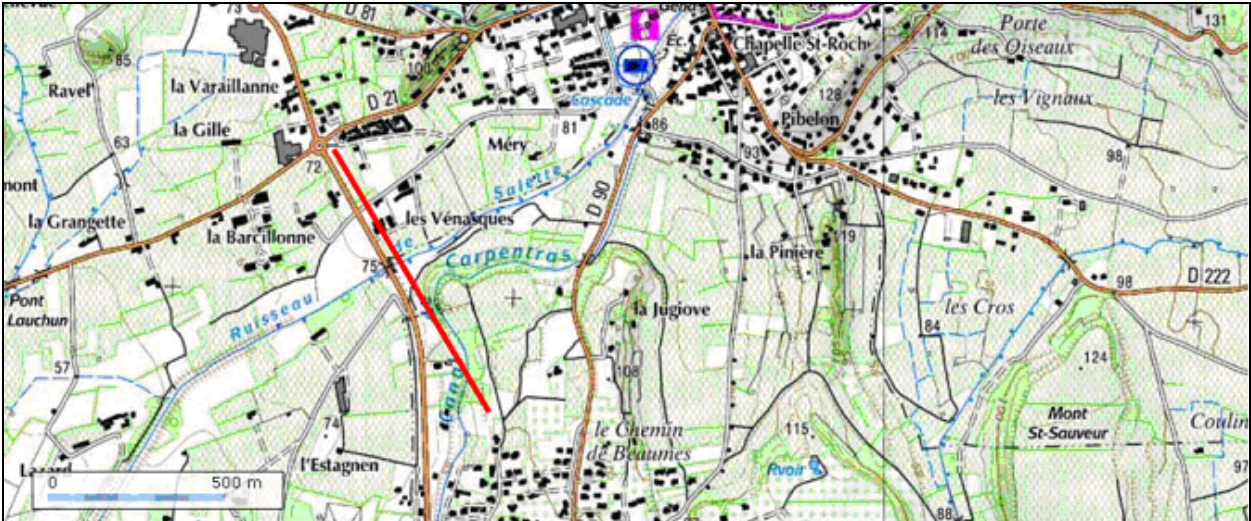


Figure 26 : Profil d'Aubignan

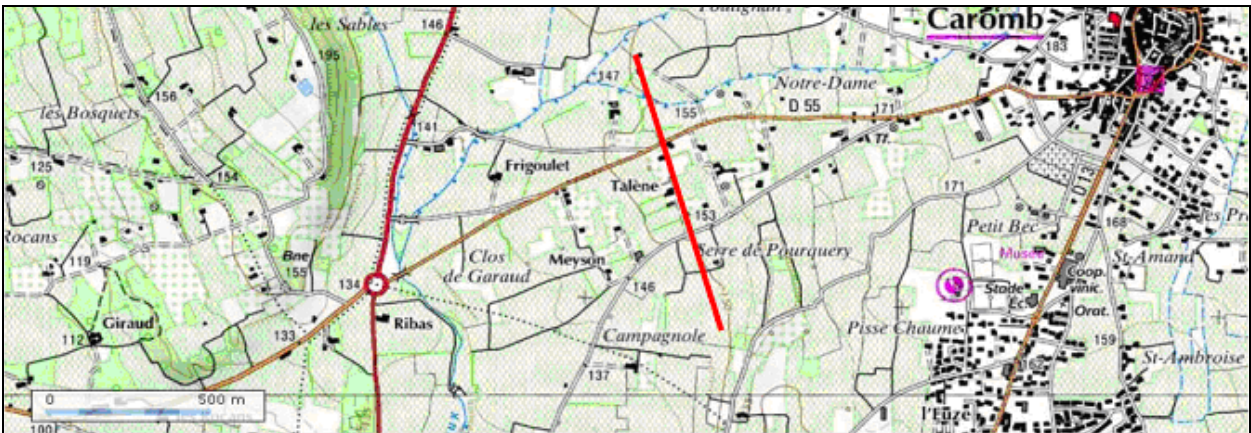


Figure 27 : Profil de Caromb

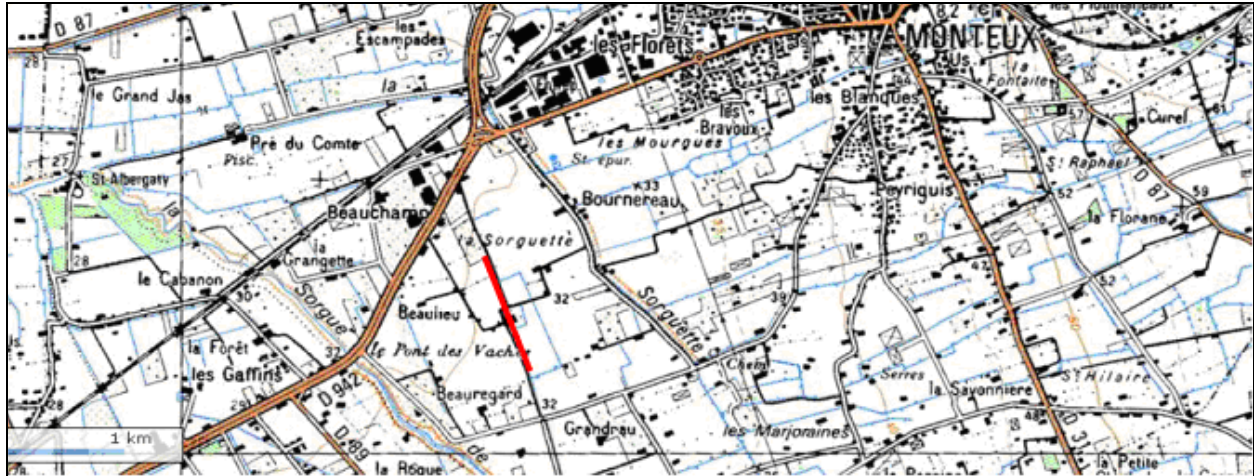


Figure 28 : Profil de Montoux

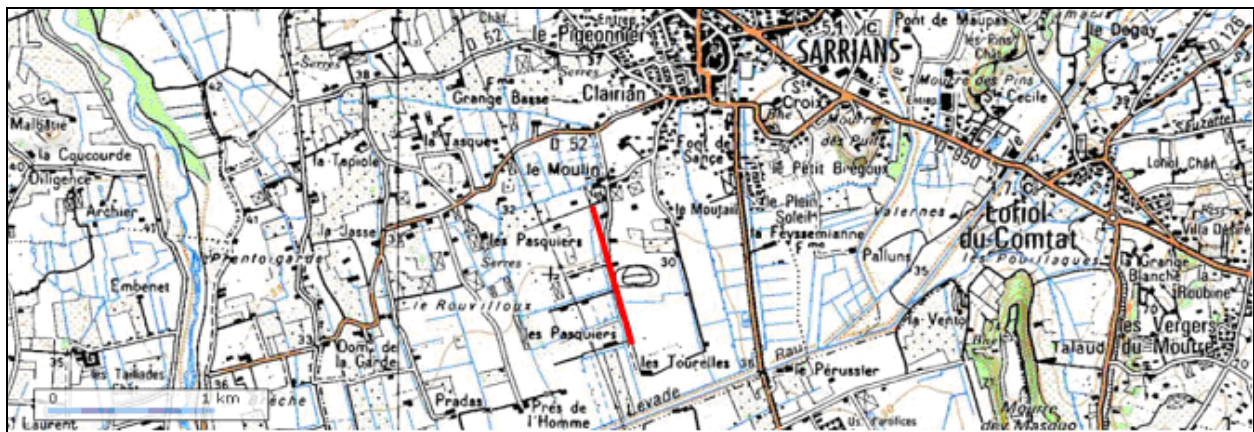


Figure 29 : Profil de Sarrians

3.2.2 D'ordre quantitatif

Les deux niveaux d'étude qui vont suivre ne pourront se faire qu'à partir de mesures sur les forages existants. Il va donc falloir aller sur le terrain pour inventorier les forages et en sélectionner un certain nombre qui prendront en compte certains critères tels que :

- ✚ Définir des zones que l'on ajustera en fonction des résultats de la sismique ;
- ✚ Connaissance de la profondeur de l'ouvrage et de sa coupe technique ;
- ✚ Connaissance de ses capacités ;
- ✚ Possibilités de prélèvements ;
- ✚ Pertinence du point pour les activités qui vont suivre (piézométrie et prélèvements).

Ce ne sera qu'ensuite que l'on pourra effectuer les mesures.

Cette phase de recensement peut être regroupée et combinée avec le dénombrement physique des forages domestiques.

3.2.2.1 Recensement des ouvrages

Les campagnes piézométriques et de prélèvements nécessitent de disposer d'une base de données de points d'eau vérifiés et représentatifs.

A partir des données bibliographiques recensées lors de l'étude sur la nappe du miocène, il s'agira de réaliser une prospection de terrain minutieuse sur l'ensemble du domaine d'étude défini sur la carte présentée en **Figure 30**.

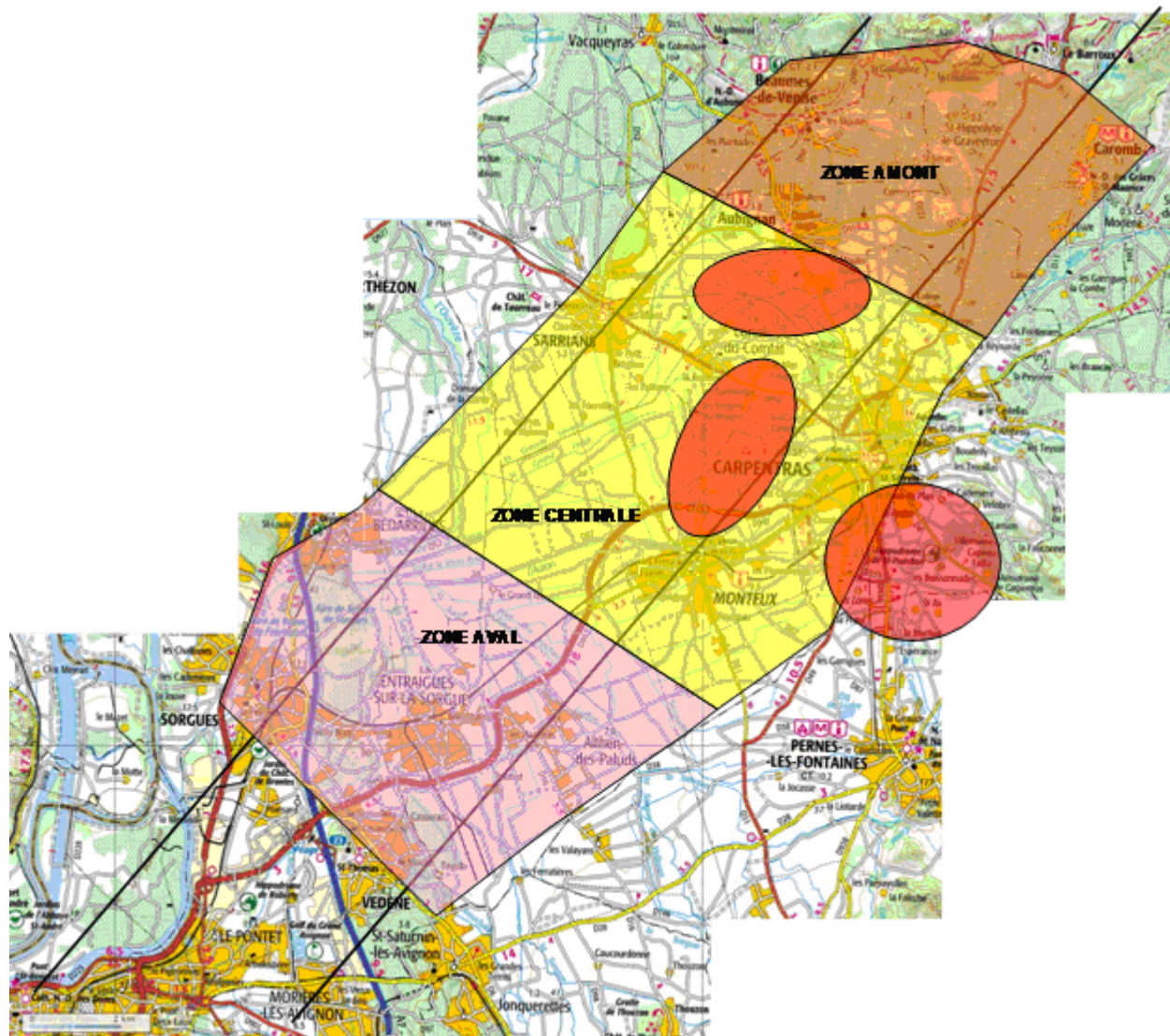


Figure 30 : Domaine d'étude

Ce domaine est centré à la fois sur le horst de Loriol et sur les trois zones prédéfinies en phase 1 ; il a une superficie d'environ 170 km². Il comporte trois parties : *la zone amont, la zone centrale et la zone aval*.

L'objectif est de visiter environ 320 à 400 ouvrages répartis sur le domaine d'étude, ceci à raison de 8 à 10 ouvrages par jour soit 2 mois de travail (environ 40 jours) consacrés à cette phase. La durée de celle-ci pourrait éventuellement être divisée par 2 en doublant le personnel et en répartissant le domaine d'étude en deux secteurs distincts.

Chaque point d'eau visité devra 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...

Ceci signifie donc de passer du temps sur chaque point d'eau pour en tirer le maximum d'informations.

Il faudra écarter automatiquement les ouvrages dont il est impossible d'avoir une information cohérente. Dès que l'occasion pourra se présenter, le niveau d'eau devra être mesuré, ainsi que la profondeur du forage, la productivité de l'ouvrage sera évaluée à l'aide d'un test de pompage, et quelques mesures physico-chimiques in situ (nitrates, conductivité) seront réalisées.

L'objectif, à l'issue de ce recensement, est de pouvoir disposer de 100 à 150 ouvrages utilisables (soit en moyenne 125 ouvrages) pour tracer une carte piézométrique et le même nombre pour réaliser des prélèvements. Ce ne seront donc pas nécessairement les mêmes ouvrages pour les deux types de campagne mais dans les deux cas, ils ne devront pas être sélectionnés au hasard.

3.2.2.2 Diagraphies

Des mesures de productivité et de gamma ray seront également réalisées sur quelques ouvrages bien ciblés (5 ou 6), notamment pour localiser les intercalaires argileux par exemple et relier les résultats aux analyses chimiques et à la productivité des forages. Le forage de Loriol fera partie des points d'eau investigués.

Il est impossible d'envisager sur l'ensemble du bassin des mesures diagraphiques et des pompages d'essai sur chaque forage. Des investigations de ce type existent déjà (forages d'Aubignan, forage SEEM de Monteux) ou seront menées prochainement sur de nombreux ouvrages (nouveau forage de Monteux pour le 2^{ème} trimestre 2011). Elles seront traitées et intégrées à l'interprétation générale.

Car il faudra quelques ouvrages de référence pour démontrer le fonctionnement de cet aquifère. L'idéal serait de réaliser ces mesures de manière systématique sur tous les forages, mais ce n'est pas envisageable d'un point de vue financier et compliqué car il faut obtenir l'accord des propriétaires pour déposer les pompes, faire les mesures, etc.

Sur ces ouvrages, préférentiellement des ouvrages profonds, pourront être également pratiqués des prélèvements sélectifs à des côtes ciblées afin de réaliser des analyses sur la verticale du forage pour voir s'il existe une répartition verticale des teneurs.

3.2.2.3 Campagne piézométrique

Une campagne piézométrique sera réalisée de manière différentielle en essayant de savoir la partie aquifère captée (aquifère de surface, aquifère profond...). Cette campagne sera essentielle pour caractériser les zones artésiennes. Elle sera aussi importante pour localiser les entrées et les sorties : en effet où va l'eau de cet aquifère à l'aval ? Quel est son exutoire ? Jusqu'à ce jour ces questions n'ont jamais été abordées ou que très rarement et il s'agit pourtant d'un élément de base.

La seule piézométrie dressée à l'heure actuelle sur ce bassin est celle de G. FAURE. Elle a été établie à l'été 1979 et non pas en hiver 1981, sans nivellement précis et sans mesure précise des pressions sur les forages artésiens. Elle a ensuite été plusieurs fois reprises par les publications scientifiques jusqu'à la thèse de F. LALBAT. Quelle est donc l'évolution de la piézométrie sur 30ans ?

Il s'agira également de confirmer la position des zones artésiennes vis-à-vis des deux directions de fracture et valider un effet de forme du bassin ou une mise en charge préférentielle au travers des grandes failles et du sédiment plus grossier déposé sur cette zone médiane du horst.

Il faudra également mettre en place un suivi des niveaux (compléter le réseau actuel) sur des ouvrages connus et pertinents. Il s'agira principalement d'exploiter les données issues des suivis quantitatifs en cours et peut être de proposer un suivi sur de nouveaux ouvrages pertinents.

3.2.2.4 Productivité

Dans le cadre des mesures citées précédemment, seront réalisées, des mesures de débits afin de vérifier si, comme cela avait été proposé dans la Thèse de G. FAURE, il existe sur la zone du horst des dépôts plus grossiers (liés à la paléogéographie au moment du dépôt) engendrant une meilleure productivité.

3.2.2.5 Pluies efficaces

C'est certainement l'une des approches les plus délicates des études complémentaires car pour l'instant, les calculs des pluies efficaces ont été basés sur des équations dont on n'a aucun moyen de vérifier le degré de précision.

Les calculs réalisés par F. LALBAT sur cet aspect sont basés sur une seule station météorologique située en plaine dans le secteur de Carpentras. Or le bassin hydrogéologique et hydrologique de Carpentras ne se limite pas à un secteur de plaine et il n'est pas tenu compte par exemple des écarts probables de pluies efficaces entre un secteur de moyenne montagne et la plaine. Il est donc nécessaire de réaliser un travail beaucoup plus discrétisé.



Il nous semble donc important de disposer de plusieurs stations météorologiques ou d'en créer quelques unes de manière expérimentale (pluviomètre) sur des secteurs choisis et représentatifs du contexte climatique local.

Ce travail est certainement à mettre en relation avec celui réalisé dans le cadre de la détermination des volumes prélevables sur les bassins situés au Sud-Ouest du Mont Ventoux, étude lancée par l'Agence de l'Eau dernièrement. C'est pourquoi, nous n'avons donc pas chiffré ces activités, car il nous semble tout à fait pertinent de pouvoir disposer des résultats de ces études.

Ensuite, il serait important de pouvoir disposer de données expérimentales qui intégreront les différences météorologiques, les différences de sol et les différences de pratique culturale. Il faut donc envisager plusieurs sites expérimentaux et tenter une extrapolation sur l'ensemble du bassin. Il pourrait être également intéressant de se rapprocher de l'INRA locale qui peut disposer d'une base de données de ce type.

3.2.3 D'ordre qualitatif

Les propositions qui sont faites ci-après seront adaptées en fonction des résultats qui seront acquis plus avant, sans toutefois en changer d'une façon générale leur nature. Nous avons prévu des campagnes de prélèvements pour analyser :

-  les ions majeurs, les nitrates, le fer et le manganèse ;
-  les pesticides ;

- ✚ les isotopes (tritium, C14) pour définir des âges de l'aquifère et voir l'évolution depuis le début des années 1980, date des premières mesures de datation ;
- ✚ les isotopes (deutérium, oxygène 18) pour définir les altimétries du bassin d'alimentation.

Les ions majeurs, les nitrates, les isotopes sont autant d'éléments traces qui peuvent nous renseigner sur l'âge des eaux et donc leurs origines et leurs transit au sein de la nappe. En effet, tous les auteurs s'accordent à dire qu'il est difficile d'établir des corrélations stratigraphiques (par les coupes géologiques) en l'absence de niveaux repères au sein de la molasse.

Ainsi, dans l'hypothèse d'une alimentation profonde par le karst, l'âge des eaux sera différent suivant si on se trouve au droit et entre les deux failles majeures (axe de circulation préférentiel) ou à l'écart.

L'analyse de la répartition spatiale (en trois dimensions autant que possible) des nitrates est également fondamentale. En effet comment expliquer, si ce n'est par une alimentation différentielle, que certains secteurs soient fortement impactés (zone Est de Carpentras par exemple avec des concentrations pouvant atteindre voire dépasser 50 mg/l) alors que d'autres secteurs laissent apparaître des teneurs en nitrates proches de zéro, ceci pour une pression agricole pour le moins semblable.

De telles campagnes ont déjà été réalisées, notamment dans les années 1980 (thèse P. ROUDIER) où 250 points d'eau avaient été analysés pour les ions majeurs et une trentaine pour les isotopes (sauf deutérium) dont la moitié exploitable faute d'une connaissance précise des caractéristiques des forages.

Une nouvelle campagne permettrait surtout de comparer les valeurs et d'analyser l'évolution sur ces points.

Pour les pesticides, hormis le secteur Nord de Carpentras où les résultats sont assez denses mais concentrés sur une petite zone, les informations qualitatives sont relativement peu nombreuses sur le domaine d'étude proposé.



A partir d'une liste de 100 à 150 ouvrages présélectionnés (125 ouvrages en moyenne), des prélèvements pour analyses seront effectués. 4 grandes catégories d'analyses sont prévues :

- ✚ les ions majeurs dont les nitrates et nitrites, ammonium, oxygène dissous, fer et manganèse. Seront étudiées plus particulièrement les teneurs en magnésium ou les couples Mg^{2+}/Na^{+} pour avoir une idée de l'âge des eaux ;
- ✚ les pesticides : les molécules analysées seront soit ciblées et correspondront aux molécules mises en évidence sur le bassin (37 molécules listées dans la bibliographie), soit une liste beaucoup plus complète correspondant à la liste des pesticides totaux du contrôle sanitaire de l'ARS 84 (109 molécules). Ces campagnes sont destinées à donner une vision spatiale des pesticides mais également verticale et voir quels niveaux de la molasse sont impactés ;
- ✚ les isotopes : tritium, deutérium et oxygène 18 qui permettront de dater les eaux et de connaître l'altitude du bassin versant. Cette analyse est fondamentale dans la recherche et la circonscription du bassin d'alimentation des zones à réserver pour l'AEP. Ces analyses seront essentiellement concentrées sur les zones amont et centrale précédemment définie ;
- ✚ le carbone 14 : réalisé sur les ouvrages dont la première datation au tritium indiquera que les eaux sont plus anciennes que 1953.

3.2.4 Modélisation

Le but est de développer un modèle mathématique du fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère. Ce modèle a pour but principal d'évaluer la capacité support de la ressource et d'orienter les propositions d'investigations ultérieures (forages de reconnaissance). Le modèle proposé aura le détail suffisant pour cet objectif. En regard du budget évalué, il n'aura cependant pas l'objectif de représenter tout le système hydrogéologique du bassin étudié et d'en constituer un outil de gestion détaillé. Le budget de réalisation d'un tel outil serait beaucoup plus élevé que celui visé ici.

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 secteur d'étude comporte comme aquifères principaux l'aquifère de la mollasse et celui des alluvions anciennes et modernes. Ces deux aquifères sont en étroite connexion avec les cours d'eau du secteur et soutiennent en grande partie leur débit. Ils nécessitent donc le développement d'une modélisation entre autre à cause 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, une taille de maille de 50 à 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 terme 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.

3.3 Investigations au droit des zones stratégiques

3.3.1 Descriptif des investigations 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 le Syndicat mixte des Eaux de la région Rhône-Ventoux, trois zones stratégiques ont été retenues sur le bassin molassique de Carpentras, en fonction des critères de productivité de l'aquifère, de la qualité des eaux souterraines et de la proximité du réseau AEP existant.

Des études complémentaires ciblées sur ces 3 zones stratégiques paraissent indispensables pour :

- ✚ Préciser l'écoulement des eaux au niveau de ces 3 zones stratégiques ;
- ✚ Identifier les relations avec les aquifères alluviaux et les cours d'eau ;
- ✚ Estimer la vulnérabilité de la ressource ;
- ✚ Préciser la qualité des eaux souterraines.

Ces études comprennent :

- ✚ Un recensement des ouvrages existants et l'identification des ouvrages pertinents ;
- ✚ Une campagne de mesures des niveaux piézométriques sur les ouvrages pertinents pour tracer une carte piézométrique ;
- ✚ Une campagne de prélèvements pour analyses des ions majeurs, des pesticides, du fer, du manganèse ;
- ✚ Des prélèvements pour analyses isotopiques (tritium, deutérium et oxygène 18) et datation au carbone 14 ;
- ✚ Une diagraphie gamma-ray, micromoulinet, température, conductivité et un pompage d'essai sur un forage libre (non équipé par une pompe).

Les campagnes piézométriques et de prélèvements nécessitent de disposer d'une base de données de points d'eau vérifiés et représentatifs.

Le recensement des ouvrages sera effectué sur une zone élargie (=domaine d'étude), englobant les 3 zones stratégiques.

L'objectif est de repérer et visiter environ 150 ouvrages répartis le plus uniformément possible sur le domaine d'étude, ceci à raison de 10 ouvrages par jour soit 15 jours de travail.

Chaque point d'eau visité devra faire l'objet d'une fiche signalétique où seront notés 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...

Ceci signifie donc de passer du temps sur chaque point d'eau pour en tirer le maximum d'informations.

Il faudra écarter automatiquement les ouvrages dont il est impossible d'avoir une information cohérente. Dès que l'occasion pourra se présenter, le niveau d'eau devra être mesuré, ainsi que la profondeur du forage, la productivité de l'ouvrage sera évaluée à l'aide d'un test de pompage, et quelques mesures physico-chimiques in situ (nitrates, conductivité) seront réalisées.

L'objectif, à l'issue de ce recensement, est de pouvoir disposer de 50 à 75 ouvrages utilisables pour tracer une carte piézométrique et environ 40 ouvrages pour réaliser des prélèvements. Ce ne seront donc pas nécessairement les mêmes ouvrages pour les deux types de campagne mais dans les deux cas, ils ne devront pas être sélectionnés au hasard.

Une campagne piézométrique sera réalisée de manière différentielle en essayant de savoir la partie aquifère captée (aquifère de surface, aquifère profond..). Cette campagne sera essentielle pour caractériser les zones artésiennes.

A partir d'une liste de 40 ouvrages présélectionnés, des prélèvements pour analyses seront effectués. 4 grandes catégories d'analyses sont prévues :

- ✚ les ions majeurs dont les nitrates et nitrites, ammonium, oxygène dissous, fer et manganèse. Seront étudiées plus particulièrement les teneurs en magnésium ou les couples Mg^{2+}/Na^{+} pour avoir une idée de l'âge des eaux ;
- ✚ les pesticides : les molécules analysées seront soit ciblées et correspondront aux molécules mises en évidence sur le bassin (37 molécules listées dans la bibliographie), soit une liste beaucoup plus complète correspondant à la liste des pesticides totaux du contrôle sanitaire de l'ARS 84 (109 molécules). Ces campagnes sont destinées à donner une vision spatiale des pesticides mais également verticale et voir quels niveaux de la molasse sont impactés ;
- ✚ les isotopes : tritium, deutérium et oxygène 18 qui permettront de dater les eaux et de connaître l'altitude du bassin versant ;
- ✚ le carbone 14 : réalisé sur les ouvrages dont la première datation au tritium indiquera que les eaux sont plus anciennes que 1953.

Une mesure de productivité et de gamma ray sera réalisée sur un ouvrage libre, c'est-à-dire non équipé d'une pompe, pour localiser les intercalaires argileux par exemple et relier les résultats aux analyses chimiques et à la productivité du forage. Il pourra s'agir par exemple du forage de Loriol.

Les résultats de ces études seront présentés dans un rapport en 5 exemplaires, sans réunion de présentation.

3.3.2 Chiffrage des investigations au droit des zones stratégiques

INVESTIGATIONS SUR LES ZONES STRATEGIQUES - BASSIN DE CARPENTRAS			Ingénieur		Technicien		Frais kilométrique	Frais repas / hébergement	Autres frais	Nature	Total	
TYPE	DELAI	DETAILS PHASES	PU : 600.00		PU : 380.00							
			Jour	Total	Jour	Total						
RECENSEMENT OUVRAGES	5 semaines	préparation visite	2	1 200.00 €	3	1 140.00 €					2 340.00 €	
		recensement ouvrages terrain (150)			15	5 700.00 €	1 000.00 €	1 000.00 €			7 700.00 €	
		élaboration des fiches			8	3 040.00 €					3 040.00 €	
		sélection des points d'eau	5	3 000.00 €	2	760.00 €					3 760.00 €	
		Sous-Total	7	4 200.00 €	28	10 640.00 €	1 000.00 €	1 000.00 €	0.00 €			16 840.00 €
PIEZOMETRIE	1 semaine	nivellement des points d'eau (50)			3	1 140.00 €	175.00 €	240.00 €			1 555.00 €	
		tracé cartes - interprétation	2	1 200.00 €							1 200.00 €	
		Sous-total	2	1 200.00 €	3	1 140.00 €	175.00 €	240.00 €	0.00 €		2 755.00 €	
CAMPAGNES D'ANALYSES	1 semaine de prélèvement + 1 semaine de traitement et cartographie (hors délais d'analyses)	prélèvements sauf carbone 14 (40)			4	1 520.00 €	420.00 €	300.00 €			2 240.00 €	
		prélèvements C14 (5)			2	760.00 €	150.00 €	90.00 €			1 000.00 €	
		analyses ions majeurs/Fe/Mn/O2 (40)							5 872.00 €	analyses	5 872.00 €	
		analyses pesticides (40) (37 molécules)							9 613.00 €	analyses	9 613.00 €	
		analyses pesticides (40) (109 molécules)							14 736.00 €	analyses	pm	
		analyses tritium (10)							1 500.00 €	analyses	1 500.00 €	
		analyses H2 et O18 (10)							500.00 €	analyses	500.00 €	
		analyses C14 (5)							1 500.00 €	analyses	1 500.00 €	
		traitement résultats	2	1 200.00 €	3	1 140.00 €						2 340.00 €
		tracé cartes, documents qualitatifs	2	1 200.00 €								1 200.00 €
Sous-total	4	2 400.00 €	9	3 420.00 €	570.00 €	390.00 €	33 721.00 €			25 765.00 €		
INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES (DIAGRAPHIES / POMPAGES)	2 jours/forage libre (non équipé)	gray/température/micromoulinet (1)	0.5	300.00 €	1.5	570.00 €	150.00 €	90.00 €			1 110.00 €	
		pompage d'essai (1)	0.5	300.00 €	2	760.00 €	150.00 €	90.00 €			1 300.00 €	
		Sous-total	1	600.00 €	3.5	1 330.00 €	300.00 €	180.00 €	0.00 €			2 410.00 €
SYNTHESE		rédaction d'un rapport	3	1 800.00 €							1 800.00 €	
		édition rapport en 5 exemplaires			0.5	190.00 €			600.00 €	reprod.	790.00 €	
		Sous-total	3	1 800.00 €	0.5	190.00 €	0.00 €	0.00 €	600.00 €		2 590.00 €	
TOTAL H.T.			17	9 600.00 €	44	15 390.00 €	1 745.00 €	1 630.00 €	34 321.00 €		50 360.00 €	

Tableau 5 : Chiffrage des investigations sur les zones stratégiques

ANNEXES

Annexe 1 : Profil sismique FSH



A	12/12/97		<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	Y. DRIGUILLER
Ind.	Date	Désignation	Dessin (nom + visa)	Vérification (n + v)	Approbation (n + v)	Approbation ANDRA

Ce document est la propriété de l'ANDRA et ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation



Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

GARD RHODANIEN - 1997
 PROFIL SISMIQUE FSH 82-SE-4B
 INTERPRETATION ANDRA 1997 modifiée
 ET
 COUPE GÉOLOGIQUE

Titulaire	DIASTRATA 20 bis, rue Serpelle 99100 VILLEURBANNE Tel : 04 78 68 27 99 Fax : 04 78 64 24 92	Titre du marché	Synthèse géologique et hydrogéologique de la cuvette comtadine
Référence Titulaire	AND / 97.06	No du marché	004631 SHG
	Echelle	Format	Identification ANDRA
	1/50 000	/	D PL 0DIA 97-087

LEGENDE DE LA COUPE GEOLOGIQUE

LÉGENDE DES FORMATIONS A L'AFFLEUREMENT

- QUATERNAIRE INDIFFÉRENCIÉ
- PLIOCÈNE NON AQUIFÈRE
- TORTONIEN SEMI-PERMÉABLE
- SERRAVALLIEN AQUIFÈRE
- LANGHIEN SEMI-PERMÉABLE
- BURDIGALIEN SEMI-PERMÉABLE
- PALÉOGÈNE NON AQUIFÈRE

LÉGENDE DE LA COUPE GÉOLOGIQUE

- NEOGENE
- PALEOGENE
- TURONIEN
- CENOMANIEN
- VRACONIEN
- APTO-ALBIEN
- BARREMO-BEDOULIEN
- NEOCOMIEN
- JURASSIQUE
- DIAPIR - TRIAS

LEGENDE DU PROFIL SISMIQUE INTERPRETE

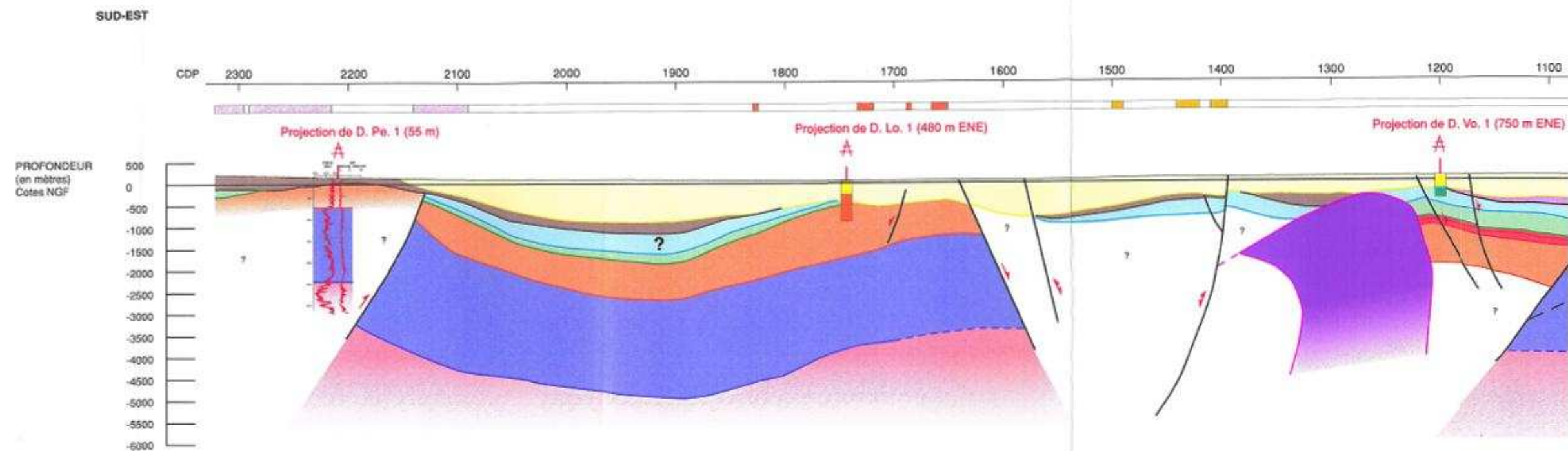
- MUR DU MIOCENE
- MUR DU PALEOGENE
- MUR DU TURONIEN
- MUR DU CENOMANIEN
- MUR DU VRACONIEN
- MUR DE L'ALBIEN
- MUR DU GARGASIEN
- MUR DU BARREMO-BEDOULIEN
- TOIT DU JURASSIQUE
- ENVELOPPE DU DIAPIR TRIASIQUE
- FAILLES
- FAILLE NORMALE
- FAILLE INVERSE
- FAILLE INVERSEE

LÉGENDE DES ABREVIATIONS DE FORAGE

- D.Bo.1 : Forage Bouchet 1
- D.Vo.1 : Forage Violés 1
- D.Lo.1 : Forage Loriol 1
- D.Pe.1 : Forage Pernes 1

(une estimation de la longueur des projections est mentionnée à coté de la trace du forage)

COUPE GEOLOGIQUE D'APRES LE PROFIL SISMIQUE FSH 82-SE-4B - transformation des temps-doubles en profondeur



PROFIL SISMIQUE FSH 82-SE-4B - interprétation de l'ANDRA 1997, complétée selon les travaux DIASTRATA

