



Aquifère miocène du Comtat Venaissin Etat des connaissances et problématiques

Note de synthèse mise à jour par le BRGM, en collaboration avec
la DIREN PACA et l'Agence de l'eau RM&C



BRGM/RP-56389-FR
mai 2008



Aquifère miocène du Comtat Venaissin Etat des connaissances et problématiques

Note de synthèse mise à jour par le BRGM, en collaboration avec la
DIREN PACA et l'Agence de l'eau RM&C

BRGM/RP-56389-FR
mai 2008

D. Salquère, G. Valencia, L. Cadilhac

Note de synthèse réalisée dans le cadre des missions d'appui à la police
de l'eau du BRGM en 2008



Vérificateur :

Nom : M. MOULIN

Date : 19 juin 2008

Signature :

Approbateur :

Nom : D. DESSANDIER

Date : 19 juin 2008

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

Mots clés : aquifère, miocène, piézométrie, forages, nitrates.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Salquèbre D., Valencia G., Cadilhac L. (2008) - Aquifère miocène du Comtat Venaissin, état des connaissances et problématiques - Note de synthèse mise à jour par le BRGM, en collaboration avec la DIREN PACA et l'Agence de l'eau RM&C - BRGM/RP-56389-FR, 41p., 7 ill..

Avant-propos

La nappe miocène du Comtat Venaissin est l'un des plus grands réservoirs d'eau souterraine de la région PACA, et a été classée « aquifère patrimonial » dans le SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée-Corse.

Le niveau d'exploitation de l'aquifère n'est à ce jour, pas totalement connu, mais le nombre de captages en constante augmentation (pour l'essentiel de très nombreux forages privés à usage domestique, d'irrigation ou agro-industriel), et la perte d'artésianisme¹, depuis une cinquantaine d'années, semblent indiquer une surexploitation, au moins sur certains secteurs.

De même sur le plan de la qualité, les données disponibles montrent une très nette dégradation de la ressource depuis deux décennies, avec l'émergence de pollutions azotées et la présence de certains pesticides. Ce phénomène est d'autant plus préoccupant que les contaminations se rencontrent dans des secteurs *a priori* « protégés » de la surface par des formations peu perméables.

Face à l'augmentation des pressions sur la ressource et à une situation difficilement réversible (faible vitesse de renouvellement de la nappe), il est désormais nécessaire d'agir rapidement.

Ce document s'appuie sur un bilan des connaissances établi par la DIREN PACA et l'Agence de l'eau RM&C réalisé en 2005, avec la participation de l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.

Il s'est largement inspiré, pour sa partie hydrogéologique, du document réalisé par Hydrosol Ingénierie et par le Cabinet Gilles Mallessart en 2002, sous maîtrise d'ouvrage de la DIREN PACA : « Synthèse bibliographique des connaissances sur l'aquifère miocène du Comtat Venaissin, dep. 84-26 ».

Les principales données nouvelles intégrées par le BRGM sont notamment basées sur les résultats de la thèse réalisée par Frédéric Lalbat, au sein de l'université d'Avignon et des Pays de Vaucluse : « Fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère du Miocène du bassin de Carpentras, 2006 ».

L'objectif de ce document est d'effectuer la **synthèse des principales données connues** en 2008 sur cet aquifère, et de dresser un **état des lieux des problématiques** : multiplication des prélèvements par forages et problèmes de qualité (nitrates et pesticides).

¹ Aquifère artésien : aquifère dont la surface piézométrique est située au-dessus de la surface du sol

Enfin, les **principales pistes d'action** sont également indiquées. Elles résultent des réflexions engagées depuis de nombreuses années, notamment dans le cadre de la MISE² du Vaucluse.

Cette note de synthèse a été mise à jour par le BRGM dans le cadre de ses missions d'appui aux services en charge de la police de l'eau.

² MISE : Mission Inter - Services de l'Eau

Sommaire

1. Contexte général.....	7
1.1. PRESENTATION	7
1.2. GEOGRAPHIE.....	8
1.3. HYDROGRAPHIE.....	10
2. Contexte géologique et hydrogéologique	11
2.1. INTRODUCTION	11
2.2. STRUCTURE GEOLOGIQUE DES BASSINS SEDIMENTAIRES	11
2.3. PIEZOMETRIE DE LA NAPPE	14
2.3.1. Piézométrie générale : écoulement de la nappe	14
2.3.2. Relations nappes alluviales - nappe miocène	16
2.3.3. Evolution des niveaux piézométriques	16
2.4. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DE L'AQUIFERE.....	18
3. Surexploitation de l'aquifère du Miocène ?	21
3.1. EXPLOITATION DE LA RESSOURCE EN EAU	21
3.1.1. Ouvrages existants	21
3.2. BILAN ENTREES/SORTIES DE L'AQUIFERE MIOCENE	24
3.2.1. Entrées	24
3.2.2. Sorties	24
3.2.3. Bilan entrées/sorties réalisé en 1992	25
3.2.4. Renouvellement de la ressource	25
4. Qualité des eaux et problématiques de pollutions	27
4.1. SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX.....	27
4.2. QUALITE GENERALE DES EAUX / VULNERABILITE DE L'AQUIFERE MIOCENE AUX POLLUTIONS	28
4.3. BASSIN DE VALREAS (Huneau, 2000)	29

4.4. DANS LE BASSIN DE CARPENTRAS (Faure, 1982 ; Roudier, 1987; Mallessard, 1991; Musset, 1999)	29
5. Principales problématiques / propositions d'actions	35
5.1. PROBLEMATIQUE « QUANTITATIVE » : BAISSSE DU NIVEAU DE LA NAPPE	35
5.2. PROBLEMATIQUE « QUALITE » : NITRATES ET PESTICIDES	35
5.3. PROPOSITIONS D'ACTION.....	36
6. Bibliographie	39

Liste des illustrations

illustration 1 : Cadre géographique, Comtat Venaissin	9
illustration 2 : Coupe géologique schématique n°2, Védène-Caromb.....	13
illustration 3 : Schéma de fonctionnement général de l'aquifère miocène	15
illustration 4 : Evolution du niveau piézométrique – piézomètre de Monteux	18
illustration 5 : Schéma hydrogéologique – fonctionnement de l'aquifère Miocène	26
illustration 6 : Campagne d'analyses des nitrates – nappe miocène – été 2005.....	31
illustration 7 : Campagne d'analyse des pesticides – nappe miocène – été 2005.....	32

1. Contexte général

1.1. PRESENTATION

L'aquifère des molasses miocènes du Comtat s'inscrit dans la région correspondant aux plaines du Comtat Venaissin (*cf.* illustration 1). Ces plaines forment un couloir s'étendant depuis l'Enclave de Valréas à la vallée de la Durance entre les Baronnie et les monts du Vaucluse à l'est et un alignement de collines à l'ouest, entre les massifs du Tricastin et d'Uchaux, d'Orange, de Vedène et de Châteauneuf-de-Gadagne.

Il correspond à un **bassin sédimentaire** constitué d'une alternance de formations sableuses et argilo-sableuses, généralement indurées (molasses), d'une épaisseur de plusieurs centaines de mètres.

Cet aquifère peut être divisé en 2 parties principales :

- le **bassin de Valréas** au nord (Haut-Comtat), situé en partie dans la Drôme (26),
- le **bassin de Carpentras** au sud (Bas-Comtat), situé dans le département du Vaucluse (84).

L'aquifère des molasses miocènes du Comtat, comprenant ces deux parties, est répertorié en tant que masse d'eau sous le n° 6218 par l'Agence de l'eau RMC³.

Dans la synthèse hydrogéologique de la région PACA (Gravost, 1986), l'aquifère est également divisé en 2 parties principales (Valréas et Carpentras), mais la distinction d'un niveau aquifère profond est également proposée, au sein de la formation des molasses miocènes du Comtat :

- les aquifères « supérieurs » : n°549a (bassin de Valréas), 549b (bassin de Carpentras),
- un aquifère profond n°228 (Miocène du Comtat, surface non délimitée).

Dans la bibliographie, les niveaux supérieurs et l'aquifère profond sont rarement distingués.

D'une manière générale, l'aquifère des molasses miocènes du Comtat constitue l'un des plus importants réservoirs aquifères de la région PACA, s'étendant sur 1000 km² environ. C'est à ce titre qu'il a été désigné comme aquifère d'intérêt patrimonial par le SDAGE⁴.

³ RMC : Rhône Méditerranée et Corse

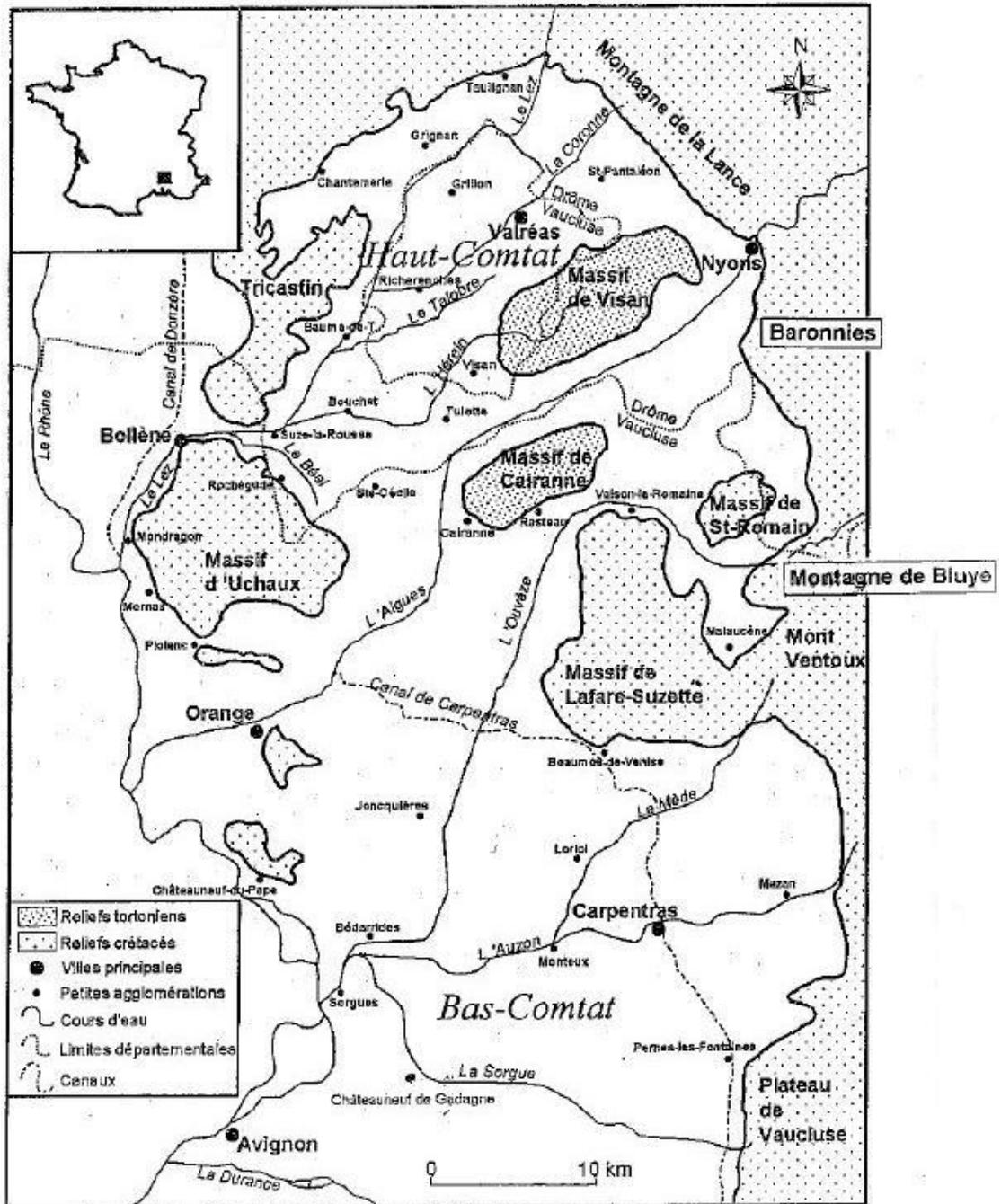
⁴ SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

1.2. GEOGRAPHIE

Le bassin tertiaire du Comtat correspond à une dépression d'un peu plus de 1000 km² s'étendant sur les départements de la Drôme et du Vaucluse. Les bassins de Valréas et de Carpentras qui la constituent sont bordés d'importants reliefs :

- au nord, la montagne de la Lance culmine à 1338 m. On trouve également les massifs du Tricastin et d'Uchaux qui séparent le bassin de Valréas de la vallée du Rhône ;
- à l'est, se situent les Baronnies, la Montagne de Bluye (1062 m), le massif de Lafare-Suzette et le mont Ventoux (1909 m) ;
- au sud-est, le plateau de Vaucluse et ses contreforts constituent la limite orientale du bassin de Carpentras ;
- à l'ouest, les modestes collines s'élevant au dessus de la plaine entre Bédarrides et Châteauneuf-de-Gadagne, et qui s'alignent parallèlement à la vallée du Rhône, constituent la limite occidentale.

L'altitude moyenne de cette région est d'environ 150 m.



d'après Huneau, 2000

illustration 1 : Cadre géographique, Comtat Venaissin

Le Comtat est une région agricole très active, où se pratiquent notamment le maraîchage et la viticulture.

La surface agricole utile se répartit de la manière suivante (données RGA⁵ 2000) :

- environ 70 % de vignes ;
- environ 30 % : arboriculture, maraîchage, grandes cultures et élevage.

Remarque : les vignes utilisent *a priori* peu d'engrais azotés, les problématiques liées à cette activité sont essentiellement issues de l'utilisation de pesticides.

1.3. HYDROGRAPHIE

De nombreux cours d'eau, affluents du Rhône, drainent l'essentiel des eaux superficielles des bassins de Valréas et de Carpentras.

Les trois exutoires de ce domaine correspondent aux cours :

- du Lez à la trouée de Bollène,
- de l'Aigues (ou Eygues) au nord d'Orange,
- de l'Ouvèze en amont de Sorgues.

Les nombreux canaux d'irrigation, qui parcourent le bassin de Carpentras, ont été mis en place pour couvrir une partie des importants besoins en eau agricole. Ces canaux prélèvent les eaux de la Durance, située plus au sud.

⁵ RGA : Recensement Général Agricole

2. Contexte géologique et hydrogéologique

2.1. INTRODUCTION

Dans les paragraphes qui suivent, les termes d'« aquifère » et de « nappe souterraine » sont souvent utilisés et il est utile d'en faire la distinction ici :

- **aquifère** : Formation (géologique) perméable contenant de l'eau en quantités exploitables ;
- **nappe souterraine** : Eau libre contenue dans les interstices ou les fissures de l'aquifère.

L'aquifère miocène du Comtat est de type poreux, les écoulements d'eau y sont très lents, et le renouvellement des eaux peut atteindre plus de 30 000 ans. En cela, il diffère des aquifères de type karstique, comme les plateaux de Vaucluse (Fontaine de Vaucluse), où les écoulements sont en général rapides.

2.2. STRUCTURE GEOLOGIQUE DES BASSINS SEDIMENTAIRES

L'aquifère se divise en deux entités séparées par la zone est-ouest de Courthézon-Vacqueyras où l'épaisseur du Miocène est moindre (200 m).

Les bassins de Valréas et de Carpentras correspondent à deux **structures synclinales** de part et d'autre du « seuil » de Courthézon-Vacqueyras. L'épaisseur de la formation aquifère atteint 300 à 400 m et localement 500 à 600 m.

Le mur de l'aquifère est constitué par les molasses burdigaliennes (formations détritiques, marneuses ou calcaires), ou par les calcaires et marno-calcaires du Crétacé supérieur.

Le toit est formé, le plus souvent, soit par des marnes pliocènes imperméables qui comblent des paléo-vallées de l'Aigues et de l'Ouvèze, soit par des alluvions quaternaires qui constituent également dans certains secteurs, une formation aquifère.

La formation aquifère miocène d'âge helvétien (Vindobonien) est constituée d'un empilement de strates alternativement sablo-gréseuses ("safres") et argilo-marneuses, avec de nombreuses et rapides variations latérales de faciès.

Une particularité du réservoir miocène est la très bonne cohésion des sables qui sont plus ou moins indurés, et qui ont permis la réalisation de forages peu coûteux, car non tubés.

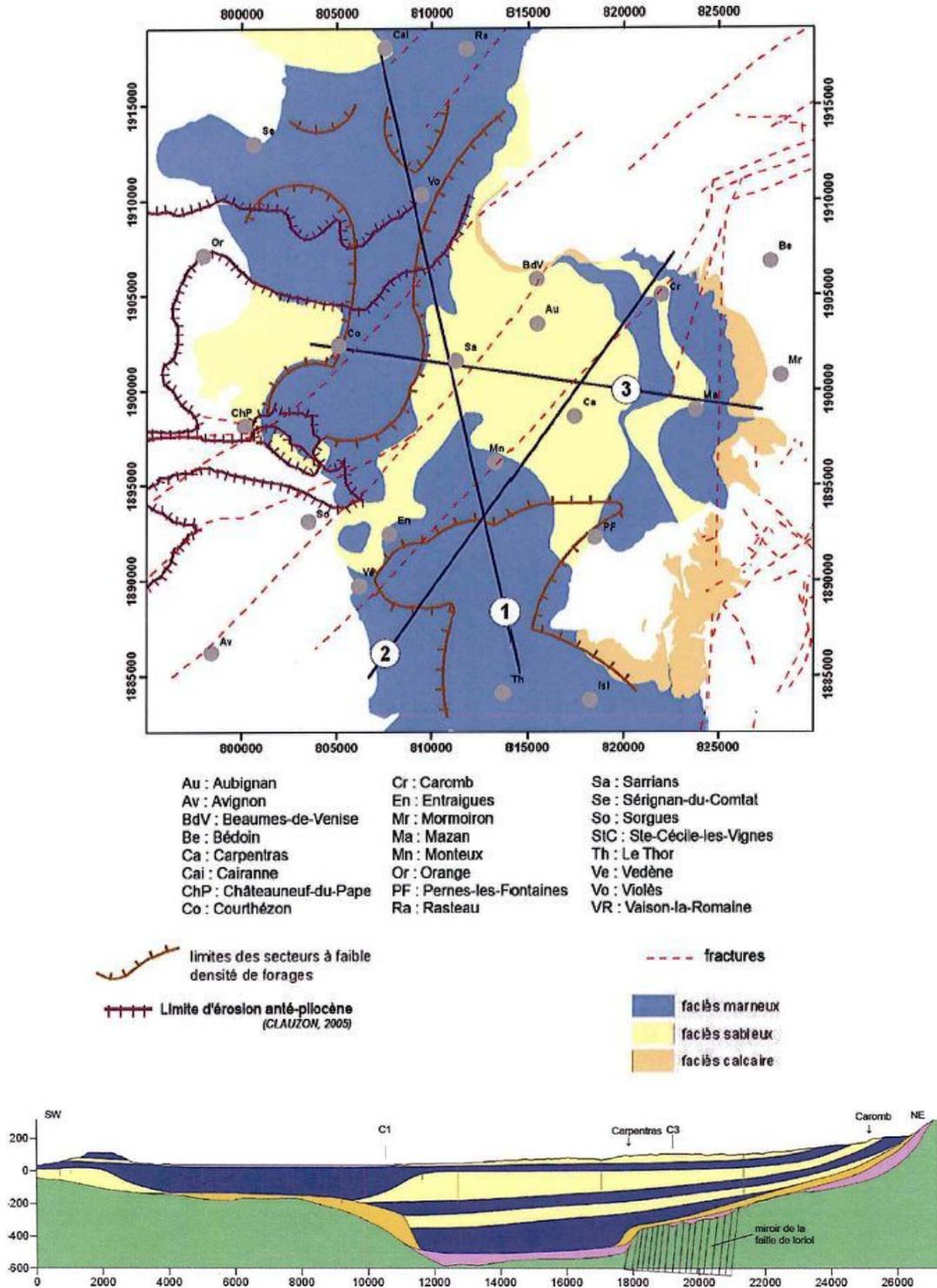
Le réservoir miocène présente donc une structure **d'aquifère multicouche**. Les nappes des strates supérieures sont libres, mais au-delà de 30 mètres de profondeur, les nappes deviennent généralement captives (en charge) avec un niveau piézométrique qui s'établit à quelques mètres du sol, et peut même être localement artésien (jaillissant).

Dans le bassin de Carpentras, le remplissage miocène est composé d'un agencement bien organisé de niveaux de safres marneux et de safres sableux. Selon les dernières études réalisées (Lalbat, 2006), qui ont donné lieu notamment à une campagne de géophysique par tomographie de résistivité électrique, les niveaux de safre seraient continus et de grande extension (cf. Source : Lalbat (2006)

illustration 2).

Selon Demarcq G. (1970), l'aquifère miocène était plutôt considéré comme une formation discontinue de lentilles de sables et d'argiles.

Sur sa majeure partie, l'aquifère des molasses miocènes est **couvert par des formations quaternaires** se composant de placages d'alluvions anciennes déconnectées des cours d'eau, et d'alluvions récentes en liaison avec les principaux cours d'eau, les épaisseurs sont variables et peuvent atteindre dans le meilleur des cas 30 m.



Coupe géologique n°2, de Vedène à Caromb

Source : Lalbat (2006)

illustration 2 : Coupe géologique schématique n°2, Védène-Caromb

A l'aplomb des collines de Cairanne-Villedieu et Visan-Vinsobres, l'aquifère miocène est recouvert par d'épaisses formations marneuses tortoniennes. Rares sont les forages dans ces secteurs et plus rares encore sont ceux qui ont atteint les couches aquifères miocènes situées parfois à 250 m sous la surface.

2.3. PIEZOMETRIE DE LA NAPPE

2.3.1. Piézométrie générale : écoulement de la nappe

Les **principales données disponibles** concernant la piézométrie de la nappe du Miocène sont :

- carte piézométrique de l'ensemble de la nappe du Miocène établie en 1970/1972 par le BRGM⁶ ;
- cartes piézométriques complémentaires réalisées par Faure (1980/1981) et Roudier (1984) ;
- carte de synthèse établie par BOINET (1996) (cf. Source : Boinet (1996)
- illustration 3) reprenant les données de Faure et Roudier, en considérant que l'inertie du système aquifère autorise leur assemblage à 3 années d'intervalle.

D'une manière générale, la **nappe s'écoule selon une direction NE-SO** :

- au nord (bassin de Valréas), les écoulements convergent vers la trouée de Bollène ;
- au sud, dans le bassin de Carpentras : le réseau hydrographique franchit le talus argileux miocène à Bédarrides grâce à un passage structural et s'écoule en direction du Rhône.

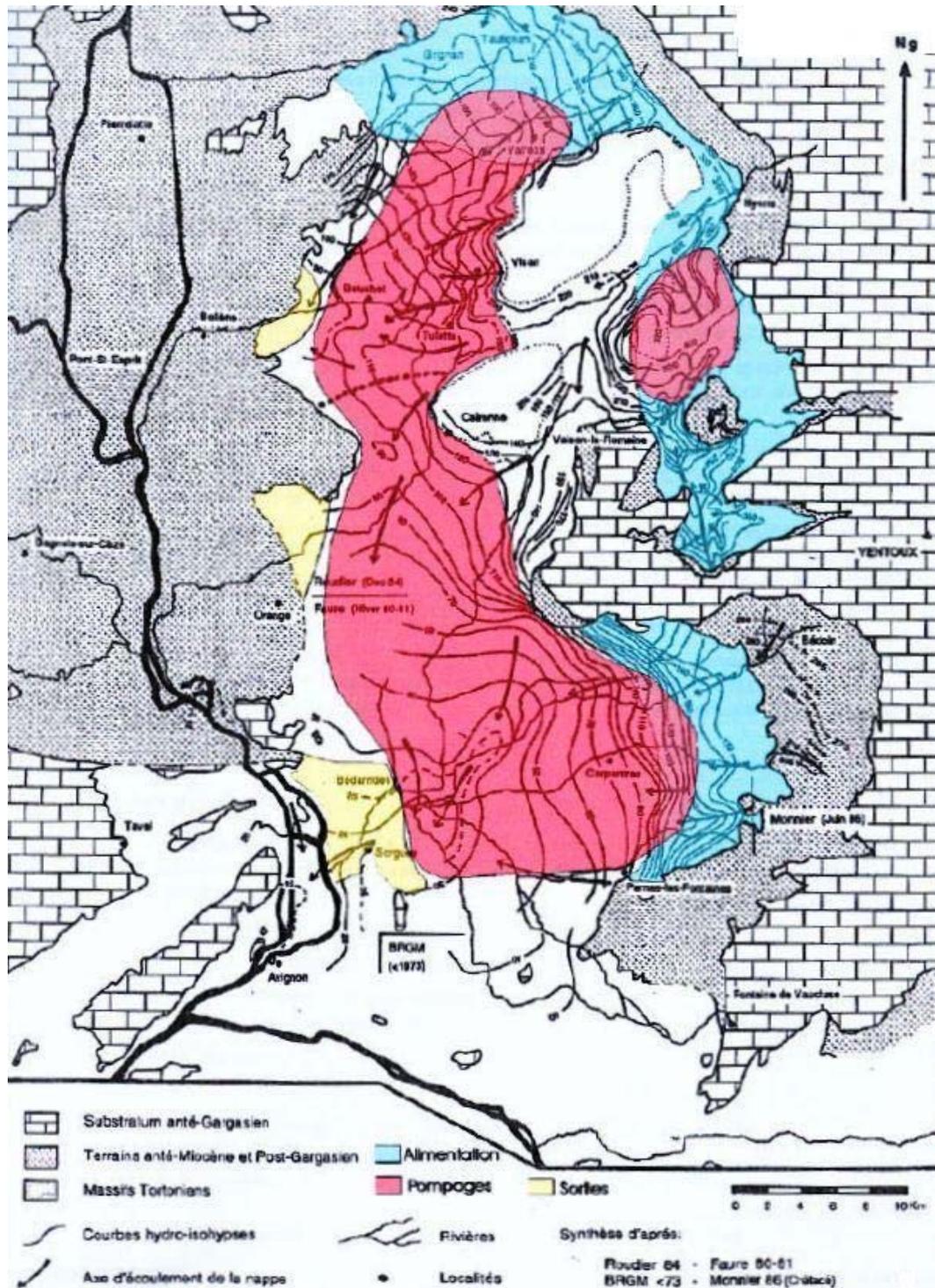
La carte piézométrique synthétique met en évidence le drainage du système hydrogéologique par le Lez, l'Aigues dans sa partie amont, l'Ouvèze, l'Auzon et les nombreux petits cours d'eau de la région.

Dans le bassin de Valréas, la convergence des écoulements vers la trouée de Bollène découle de la morphologie du paléo-réseau hydrographique anté-pliocène. Ces paléo-vallées comblées par les argiles pliocènes barrent en effet les écoulements en provenance du nord-est.

Dans le bassin de Carpentras, à Bédarrides, une brèche dans le talus argileux miocène, en limite ouest du bassin tertiaire, permet la fuite des eaux vers le réseau hydrographique actuel en direction du Rhône et de sa nappe alluviale.

D'une manière générale, la présence de barrières argileuses, dans les paléo-vallées (parfois comblées sur plus de 200 m), constituent des obstacles à l'écoulement des eaux, d'où les mises en charge importantes dans certains secteurs, notamment au nord-ouest de Carpentras et au sud-ouest de Valréas.

⁶ Carte réalisée en regroupant des mesures réalisées sur 10 ans, sans indication des lieux et dates de mesure



Source : Boinet (1996)

illustration 3 : Schéma de fonctionnement général de l'aquifère miocène

2.3.2. Relations nappes alluviales - nappe miocène

Nous avons vu précédemment que les eaux de l'aquifère étaient généralement en charge (nappe captive), et pouvaient donner lieu à des phénomènes d'artésianisme (niveau piézométrique supérieur au niveau du sol).

Dans la plaine alluviale, la nappe miocène soutient la nappe superficielle par drainance ascendante, sauf dans des secteurs de pompage intense de la nappe miocène.

D'une manière générale, on constate que les piézométries du Miocène et des aquifères alluviaux (Quaternaire) sont très proches, aussi bien en ce qui concerne le sens d'écoulement est-ouest que les altitudes (Bel, 1998).

Si la similitude des écoulements est logique (rôle majeur des seuils d'Orange et Bédarrides), il est possible que la similitude des altitudes piézométriques soit plus ou moins facilitée par les multiples communications entre nappes engendrées par les forages non étanches (circulations verticales le long des tubages non cimentés et mise en équilibre des différents aquifères).

Le phénomène de mise en communication de la nappe superficielle avec les eaux de l'aquifère profond semble pouvoir jouer un rôle significatif dans le bassin de Carpentras, même si son influence est mal connue. Or, il augmente les risques de contamination par les eaux superficielles pouvant être polluées (*cf. parties suivantes*).

Une étude menée par le BRGM (Gourcy et Salquèbre, 2008) montre que la nappe alluviale n'est généralement pas pérenne dans le secteur de Carpentras et de Caromb, et joue un rôle de stockage intermédiaire avant infiltration vers le Miocène. Par ailleurs, on constate qu'il existe en réalité plusieurs niveaux aquifères au sein du Miocène, dans ce secteur correspondant à la zone de recharge sur la partie orientale du bassin. Plus la profondeur traversée par les forages est importante, plus le pourcentage d'eaux récentes qui s'infiltrent dans la nappe miocène est élevé, et la qualité de l'eau dégradée, notamment par les nitrates.

2.3.3. Evolution des niveaux piézométriques

Sur le bassin de Carpentras, le niveau piézométrique est le plus souvent très près du sol (entre 1 et 5 m de profondeur) et même faiblement jaillissant par endroits.

Il est intéressant de noter à nouveau que dans de nombreux secteurs, les piézométries des aquifères miocènes et alluviaux sont similaires, alors qu'il y a 50 ans l'artésianisme était généralisé⁷.

Les principales données piézométriques constatées sur les forages atteignant le Miocène indiquent (hydrosol, 2002) :

- sur la plupart des forages, les niveaux aquifères sont rencontrés vers 50 à 80 m de profondeur, après traversée de niveaux peu ou pas perméables. L'eau remonte alors dans le forage, débordant parfois au sol (artésianisme) ;

⁷ Information issue des entreprises de forages

- la quasi-totalité des ouvrages présente un niveau piézométrique situé à moins de 30 m sous le sol, pour près d'un forage sur deux ce niveau est à moins de 10 m ;
- l'exploitation du Miocène par forages est facilitée par la faible profondeur des niveaux statiques (le phénomène d'artésianisme est aussi parfois mis à profit).

Dans le bassin de Carpentras, le niveau piézométrique de la nappe du Miocène varie peu au cours de l'année (<5 m) et l'essentiel des variations saisonnières est lié à l'activité des pompages dans l'aquifère. Cette évolution est particulièrement marquée au centre du bassin, dans les secteurs de forte exploitation. Les niveaux en périphérie sont plus stables. Il s'ensuit que les niveaux observés dans le Miocène ne sont jamais des niveaux stabilisés : la nappe est en régime transitoire à cause des pompages (Lalbat, 2006).

En ce qui concerne l'évolution globale du niveau de la nappe miocène, les auteurs s'accordent pour considérer qu'elle aurait subi un abaissement. L'estimation de la **baisse générale des niveaux piézométriques** reste approximative en l'absence de suivi régulier effectué. L'estimation est variable selon les auteurs, généralement comprise entre 5 et 10 m au cours des 50 dernières années (Faure, 1982 ; Mallessard, 1991).

Dans le bassin de Carpentras, les travaux récents (Lalbat, 2006) indiquent que la réduction de l'artésianisme est incontestablement due à l'exploitation de l'aquifère.

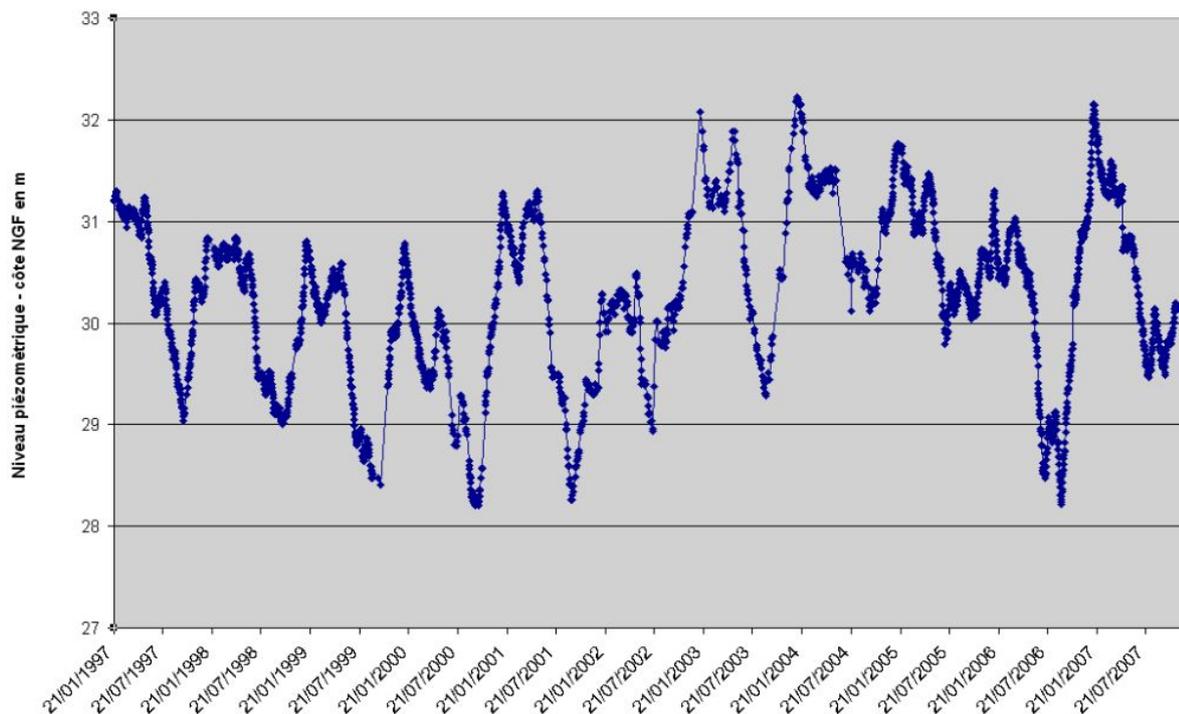
En ce qui concerne le secteur de Valréas, on dispose de peu de données de piézométrie.

Le **premier véritable ouvrage de surveillance** a été mis en place à Monteux, pour le bassin de Carpentras (code BSS⁸ : 09404X0219). Il est suivi par le BRGM dans le cadre du réseau de bassin RM&C (début de la chronique en 1997).

L'analyse de la chronique enregistrée (cf. Source : BRGM

illustration 4) montre que la nappe baisse de manière importante de juin à octobre, chaque année, vraisemblablement en relation avec les pompages saisonniers de forages agro-alimentaires de la zone Carpentras-Monteux alors que les variations interannuelles passent par un minimum à la fin 2000, pour croître ensuite.

⁸ BSS : Banque de données du Sous-Sol gérée par le BRGM



Source : BRGM

illustration 4 : Evolution du niveau piézométrique – piézomètre de Monteux

Trois ouvrages complémentaires de surveillance de l'aquifère miocène ont été mis en place en 2004 par la DIREN, et sont désormais suivis par le BRGM :

- piézomètre de Carpentras (code BSS : 09411X0235) → bassin Carpentras ;
- piézomètre de Travaillan (code BSS : 09143X0128) → bassin Valréas ;
- piézomètre de Mirabel-aux-Baronnies (code BSS : 08915X0028) → secteur intermédiaire (Vaison-la-Romaine).

Ces ouvrages atteignent une profondeur d'environ 100 m.

Plusieurs années de suivi seront nécessaires pour mettre en évidence de véritables tendances d'évolutions piézométriques.

Par ailleurs, d'autres piézomètres permettent un suivi des nappes alluviales, dans la plaine d'Orange, et la plaine des Sorgues. Ce suivi est également effectué par le BRGM (réseau de surveillance des Masses d'Eau Souterraines).

2.4. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DE L'AQUIFERE

L'aquifère miocène présente des caractéristiques hydrodynamiques plutôt médiocres, toutefois le réservoir présente par endroit des transmissivités intéressantes grâce à son épaisseur (10^{-4} voire 10^{-3} m^2/s) – perméabilité comprise entre 1.10^{-5} et 1.10^{-6} m/s .

La majorité des forages exploite la nappe à des débits avoisinant les 5 m³/h, mais certains atteignent 40 à 60 m³/h.

Les coefficients d'emmagasinement (porosité efficace) ont été estimés à 10 % pour la nappe libre et de l'ordre de 3 à 9.10⁻⁴ pour la partie captive.

Des débits spécifiques supérieurs à 2 m³/h/m se rencontrent dans la zone comprise entre Sainte-Cécile et l'ouest de Valréas et dans le bassin de Carpentras à l'aplomb de Sarrians, Loriol et Monteux, ces débits spécifiques plus intéressants sont sans doute à mettre en relation avec des faciès plus grossiers des matériaux et/ou une drainance depuis les formations calcaires sous-jacentes.

3. Surexploitation de l'aquifère du Miocène ?

3.1. EXPLOITATION DE LA RESSOURCE EN EAU

3.1.1. Ouvrages existants

La multiplication des forages s'est accompagnée d'une considérable augmentation des prélèvements annuels dans la nappe miocène.

- en 1973, G. Durozoy estimait le débit moyen prélevé dans l'aquifère à 2,5 à 3 millions de m³/an ;
- en 1992, Sud-Aménagement évaluait ces mêmes prélèvements à 26 millions de m³/an⁹ !

En 2001-2002, environ un millier de puits, forages ou sondages ont été recensés par Hydrosol Ingénierie auprès des différents organismes publics et des banques de données.

Il s'agit de forages captant la nappe du Miocène, mais également les nappes alluviales.

Sur les 1134 ouvrages recensés par Hydrosol Ingénierie, 435 ont pu être renseignés :

Usages de l'eau	Nombre d'ouvrages	Pourcentage
AEP individuelle	284	65%
AEP collective	29	7%
Irrigation	32	7%
Industrie	90	21%
total renseigné	435	100%
total non renseigné	699	
	1.134	

Ces ouvrages ont été rassemblés dans une base de données informatique (Access), dont dispose la DIREN PACA.

La majorité des ouvrages renseignés est utilisée pour l'alimentation en eau potable individuelle (zones d'habitat non raccordées au réseau public d'eau potable). Le nombre de forages destinés à l'irrigation semble relativement faible (mais les débits mis en jeu sont très supérieurs à ceux de l'usage domestique).

⁹ Modélisation mathématique des aquifères miocènes réalisée pour le Conseil Général de Vaucluse.

L'usage industriel (incluant les caves vinicoles) représente près d'un forage sur cinq.

Les ouvrages recensés par Hydrosol peuvent être classés en 5 ensembles principaux suivant qu'ils captent les eaux des nappes alluviales, celles de la nappe miocène ou un mélange d'eaux de divers horizons aquifères.

Suivant la ressource exploitée, ces ouvrages sont classés selon les caractéristiques techniques-types :

- des puits maçonnés, de gros diamètres et d'une profondeur maximale de 10 m captent la nappe alluviale ;
- des forages d'une profondeur inférieure à 20 m exploitent les alluvions déposées dans le paléo-réseau hydrographique anté-pliocène ;
- des forages d'une profondeur avoisinant les 150 m sollicitent uniquement la nappe miocène ;
- des forages de profondeur proche de 100 m et de mauvaise facture exploitent un mélange des eaux des nappes alluviales et du Miocène ;
- des forages profonds (plus de 250 m) extraient l'eau des réservoirs miocènes, paléogène, crétacé supérieur et parfois même urgonien.

Les niveaux sableux sont généralement assez indurés et les forages en trou nu ou tubé en PVC sont nombreux.

Toutefois, le chiffre d'un millier de forages recensé en 2001-2002 est largement sous-estimé par rapport à la réalité.

Remarque : La grande majorité des ouvrages a été réalisée entre 1970 et 1990. Le nombre de forages répertoriés après 1990 semble beaucoup plus faible. Cela peut être dû à une méfiance de la part des maîtres d'ouvrage et/ou des foreurs qui ne signalent que rarement les ouvrages qu'ils réalisent.

En 2005, le document d'incidence des prélèvements agricoles sur le bassin miocène (Hydrosol, 2005) permet de préciser la connaissance des prélèvements spécifiques à l'aquifère miocène, y compris ceux liés aux autres usages. Les données sont complétées par l'inventaire du BRGM pour les forages industriels (BRGM, 2007) :

Forages agricoles :

Les données sont issues d'une enquête menée par la Chambre d'agriculture en 2004, auprès des agriculteurs :

- 244 forages dans le bassin de Carpentras, soit 1,8 Mm³/an ;
 - 32 forages dans le secteur de Violès, soit 0,3 Mm³/an ;
 - 421 forages dans le bassin de Valréas, soit 3,9 Mm³/an.
- Soit un total de **697 forages**, pour **6 Mm³/an**.

Forages industriels (BRGM, 2007) :

Les données s'appuient sur une enquête réalisée en 2005-2006 à la demande de la DRIRE PACA auprès de 122 sites industriels (essentiellement des industries agro-alimentaires), avec un taux de réponse de 70 %. Il s'agit uniquement des installations soumises à autorisation :

1. 45 forages captant le Miocène¹⁰ ont été recensés pour le seul département de Vaucluse, soit un volume d'eau prélevé estimé à 2,65 Mm³/an.
→ Compte tenu du taux de réponse (70 %), on peut estimer, sur la base d'un ratio simple, un total d'environ **64 forages** soit **3,8 Mm³/an**, pour le département du Vaucluse. Une lacune d'information subsiste pour la Drôme.

Ouvrages domestiques (Hydrosol, 2005) :

Il s'agit d'une estimation basée sur un ratio de 1 forage pour 7 habitants, puis d'une répartition Miocène/alluvions sur la base de ratios connus (forages agricoles), enfin chaque prélèvement a été estimé à environ 300 m³/an par forage.

- 10 000 forages estimés pour le bassin de Carpentras, soit 3 Mm³/an ;
- 200 forages pour le secteur de Violès, soit 0,06 Mm³/an ;
- 2 000 forages pour le bassin de Valréas, soit 0,6 Mm³/an.
→ Soit un total de **12 200 forages**, pour **3,66 Mm³/an**.

Forages AEP public (Hydrosol, 2005) :

- 5 captages AEP dans le bassin de Carpentras, soit 0,75 Mm³/an ;
- 1 captage dans le secteur de Violès (0,07 Mm³/an) ;
- 5 captages dans le bassin de Valréas (1 Mm³/an).
→ Soit un total de **11 captages AEP**, pour **1,82 Mm³/an**.

D'après les dernières données d'inventaire indiquées ci-dessus, notamment le document d'incidence établi en 2005 (Hydrosol ingénierie), les estimations permettent d'établir un volume total prélevé d'environ **15,3 Mm³/an**.

Ce chiffre issu notamment de recensements est sans doute sous-estimé en raison de forages non répertoriés. Les forages industriels du département de la Drôme ne sont pas recensés. Et il faudrait prendre en compte également les forages exploités par les usines d'embouteillage, à Montoux (« source des Garrigues ») et à Cairanne (« sources Sainte-Cécile et Floralties »).

¹⁰ Les forages < 20 m sont supposés capter les nappes alluviales, et n'ont pas été retenus

3.2. BILAN ENTREES/SORTIES DE L'AQUIFERE MIOCENE

3.2.1. Entrées

La recharge de l'aquifère miocène est assurée par :

- l'infiltration des eaux de pluie ;
- les drainances descendantes depuis les nappes alluviales (dans les secteurs où la nappe miocène n'est pas captive) ;
- les drainances ascendantes venant du karst urgonien sous-jacent (bassin Carpentras) ;
- éventuellement les niveaux gréseux du Crétacé supérieur du bassin de Valréas (au demeurant peu perméables) ;
- des venues profondes (au-delà du substratum crétacé) signalées par des anomalies hydrochimiques.

Dans les zones où la nappe miocène est captive, en particulier sur les secteurs ouest des bassins de Carpentras et de Valréas, les percolations d'eau de la surface sont *a priori* négligeables.

Le bassin versant hydrogéologique de l'aquifère miocène n'est pas limité à l'aire du bassin tertiaire. Le karst urgonien en charge, recoupé notamment par les failles bordières du horst de Loriol, pourrait être à l'origine de drainances ascendantes dans le secteur de Carpentras (Faure, 1982). Toutefois, on ne dispose pas d'arguments hydrodynamiques, hydrochimiques ou isotopiques précis étayant cette hypothèse à ce jour.

Dans le diverticule de Malaucène/Beaumont-du-Ventoux/Entrechaux, une alimentation par l'intermédiaire du synclinal du Toulourenc (Rissas-Bluye) est également envisageable (avec des faciès hydrochimiques chlorurés sodiques dans le secteur de la faille de Mollans, soulignant la présence d'eaux profondes ayant été en contact avec des évaporites triasiques : la zone se situe entre les diapirs de Suzette et de Propiac).

3.2.2. Sorties

Les sorties du système étudié sont représentées par :

- les écoulements souterrains via les « trouées » de Bollène, Orange et Bédarrides ;
- les drainances ascendantes vers les nappes alluviales ;
- les drainages par les cours d'eau (plus importants dans le bassin de Valréas) ;
- les prélèvements par pompages dans les forages exploitant le Miocène.

Il apparaît difficile d'établir un bilan hydrogéologique en l'état des connaissances actuelles. Les données sont variables selon les sources d'information, et certaines sont difficiles à estimer. C'est le cas des venues d'eau profondes de l'aquifère crétacé (Urgonien).

En ce qui concerne l'évaluation des prélèvements d'eau par forages, le volume total prélevé dans l'aquifère miocène n'est pas connu avec précision. Il est probablement compris entre **15,3 Mm³/an** (cf. *partie 3.1*) et **28 Mm³/an** (Sud-Aménagement, 1992).

3.2.3. Bilan entrées/sorties réalisé en 1992

Un bilan avait été réalisé lors de la modélisation mathématique de la nappe miocène en 1992 (Sud-Aménagement, 1992) :

Entrées		Sorties	
rivières	4,8	pompages	27,9
pluies	19,0	rivières	5,7
Urgonien	15,6	drainage	11,2
Oligocène	6,1	fuites (lez)	0,7
TOTAL	45,5	TOTAL	45,5

Le bilan proposé semble volontairement équilibré, ce bilan ne permet donc pas d'apprécier une éventuelle surexploitation de l'aquifère.

Par ailleurs, ce bilan reposait sur différentes hypothèses dont l'origine n'est pas précisée. Or, même s'il est difficile d'émettre un avis sur les estimations proposées par Sud-Aménagement, il semble que l'estimation de certains flux est très approximative, notamment l'estimation de l'apport via l'aquifère sous-jacent (Urgonien).

3.2.4. Renouvellement de la ressource

D'après les analyses isotopiques (¹⁴C, ³H), l'âge des eaux du bassin miocène de Carpentras croît des zones bordières d'alimentation (amont) au centre du bassin et au pertuis de Bédarrides (aval), passant de quelques dizaines d'années à près de 20 000 ans. A Sorgues, il a été affecté à l'eau d'un forage un âge de l'ordre de 50 000 ans (Faure, 1982).

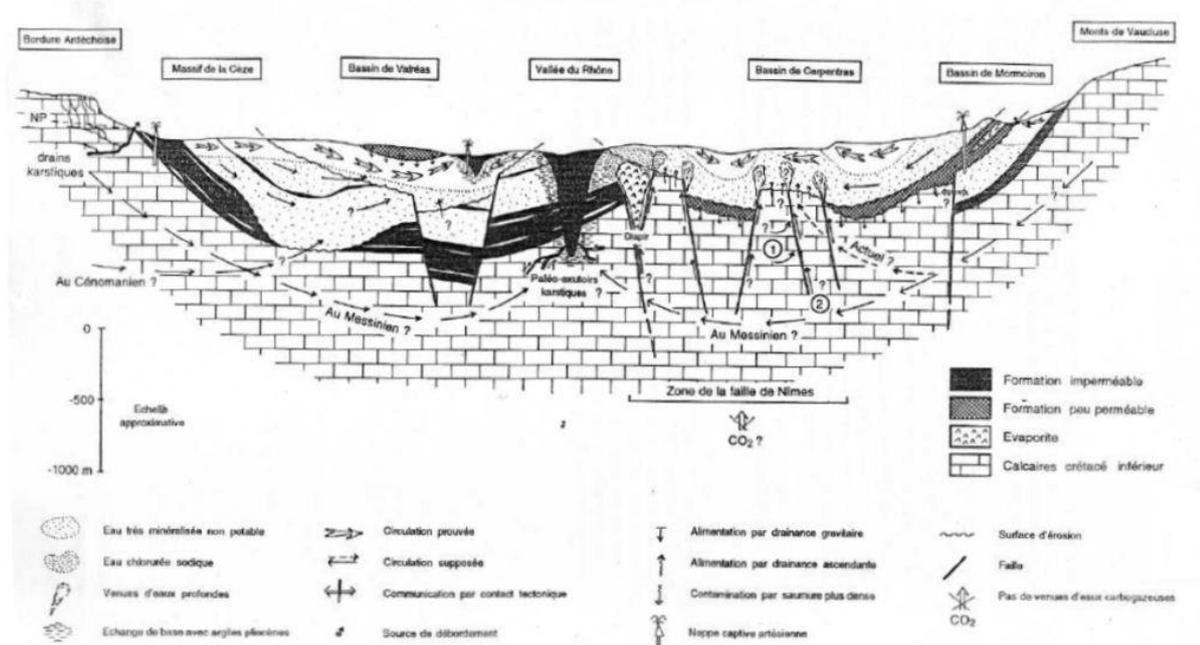
Dans le bassin de Valréas (Huneau, 2000), un âge maximum de 18 000 ans est proposé pour le secteur libre, pouvant atteindre 40 000 ans dans la zone captive sous les argiles de la ria pliocène (secteur Suze-Bouchet-Visan-Richeranches).

Ces eaux anciennes sont de très bonne qualité. Elles sont largement exploitées par pompage et progressivement remplacées par des eaux plus récentes de moins bonne qualité. On notera le rôle joué par les remplissages argilo-marneux de la paléo-ria de l'Aigues dans les phénomènes d'artésianisme de la région de Sainte Cécile – Bouchet. Au Messinien, la mise en place de ce barrage a refoulé les flux du réservoir miocène dans sa frange superficielle à l'est.

Parallèlement, le karst et les sables crétacés sous-jacents renfermant des eaux récentes pourraient être à l'origine de « contaminations » du réservoir tertiaire par la base (cf. Source : Boinet (1996)

illustration 5).

Les vitesses de circulation au sein de l'aquifère Miocène sont estimées à une valeur comprise entre 10 m.an⁻¹ et 100 m.an⁻¹ (Lalbat et Banton, 2005).



Source : Boinet (1996)

illustration 5 : Schéma hydrogéologique – fonctionnement de l'aquifère Miocène

4. Qualité des eaux et problématiques de pollutions

4.1. SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX

Le suivi de la qualité des eaux souterraines est réalisé en plusieurs points par l'Agence de l'eau RM&C :

Secteur	Type aquifère	Commune	Nom point de suivi	Code BSS	Prof.	Type suivi	Période suivi
Bassin Valréas	Alluvions	Cairanne	Puits les Garrigues	09143X0117/P	7m	pesticides	2006-2007
	Miocène	Valréas	Forage privé Montmartel sud	08904X0026FO	85m	qualité et pesticides	2003-2007
		Visan	Forage privé du Gibard	08907X0014FO	175m	qualité et pesticides	2001-2007
Bassin Carpentras	Alluvions	Aubignan	puits le Rocan	09155X0084/P	7m	pesticides	2005-2007
		Sarrians	forage du plan	09403X0183/F	21,5m	pesticides	2006-2007
	Miocène	Aubignan	forage AEP n°1	09404X0243/F1	100 m	pesticides	2006-2007
Intermédiaire	Alluvions	Jonquières	Puits privé des routes de Malijay	09147X0061/PU	8m	qualité et pesticides	2001-2007

Par ailleurs ces points de suivi ont été complétés par les points de contrôle du RCO (Réseau de Contrôle Opérationnel) de l'Agence de l'Eau RMC. Ces forages ont pour objectif d'évaluer les risques de non atteinte du bon état chimique des aquifères au regard de la DCE¹¹, avec un suivi spécifique des nitrates et des pesticides. Au total, une dizaine de forages a été retenue dans le RCO pour le suivi des molasses miocènes du Comtat, dans les bassins de Carpentras et de Valréas.

En dehors du suivi régulier de la qualité des eaux réalisé par l'Agence de l'Eau RMC, il n'y pas eu d'étude de diagnostic récente permettant d'appréhender la qualité de l'eau à l'échelle de l'ensemble de l'aquifère, et afin de comprendre les problématiques de pollutions (nitrates, pesticides).

¹¹ DCE : Directive Cadre sur l'Eau

On notera l'étude réalisée en 1999 (Musset), qui a permis d'effectuer des analyses de nitrates sur 177 points, dont 159 dans le bassin de Carpentras (alluvions et Miocène).

Par ailleurs, des données sont disponibles sur la qualité générale des eaux du bassin de Carpentras, notamment grâce à la thèse réalisée en 2006 (Lalbat), dont l'objectif était toutefois la connaissance de l'hydrodynamisme de l'aquifère miocène.

4.2. QUALITE GENERALE DES EAUX / VULNERABILITE DE L'AQUIFERE MIOCENE AUX POLLUTIONS

Les eaux de l'aquifère miocène sont en général de faciès bicarbonaté calcique, avec des pôles sulfaté et chloruré généralement peu importants. Leur conductivité moyenne est comprise dans la gamme 300-800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et leur pH se situe entre 7 et 8,2.

Ces eaux sont généralement de bonne qualité, lorsqu'elles ne sont pas influencées par les eaux de surface.

Du fait de sa nature (aquifère multicouche alternant niveaux perméables aquifères et niveaux argileux), la nappe des molasses miocènes est « théoriquement » **peu vulnérable** aux pollutions de surface.

Cela doit toutefois être nuancé, car la structure de l'aquifère est complexe. Dans la région orientale du bassin de Carpentras notamment, la partie supérieure de l'aquifère miocène n'est pas protégée par des formations argileuses. Les alluvions peuvent reposer directement sur les sables.

De plus, compte tenu des échanges entre les eaux superficielles et les eaux profondes du fait des nombreux forages réalisés de manière non conforme (infiltrations le long du tube par mauvaise étanchéité), des contaminations peuvent avoir lieu dans certains secteurs.

Ce phénomène a été constaté dans le bassin de Carpentras. Il est aggravé par la disparition locale, partielle ou totale, de la barrière hydraulique sous l'effet des rabattements dus aux pompages (baisse de charge de la nappe miocène sous la nappe superficielle).

Or, la nappe superficielle peut présenter de très fortes concentrations en nitrates. Quand elle est présente au-dessus des formations miocènes, ces contaminations constituent d'ailleurs un bon marqueur des zones d'échanges entre les deux nappes.

Sur les cartes d'isoteneurs en nitrates des bassins de Valréas et de Carpentras (*Roudier, 1987*), il apparaît nettement que les argiles pliocènes (région de Sainte-Cécile- Richerenches - Visan et l'ouest du seuil de Violès) et miocènes (Ouest des bassins de Valréas et Carpentras) limitent ou empêchent même la contamination de la nappe captive des sables par la nappe alluviale.

L'absence de contamination nitraté dans la nappe du Miocène en aval de Montoux semble liée à la présence d'une couverture limono-argileuse sur la nappe superficielle, et probablement à des phénomènes de dénitrification (conditions réductrices en l'absence d'oxygène).

4.3. BASSIN DE VALREAS (Huneau, 2000)

Les teneurs en **chlorures** sont faibles (5 à 40 mg/l) ; les valeurs les plus élevées semblent traduire l'influence des activités humaines (Valréas, Richerenches-nord, Visan-nord, Suze, Sainte-Cécile), alors que les parties amont et centrale (couverture pliocène) du système montrent des teneurs n'excédant pas 10 à 15 mg/l.

Pour ce qui concerne les **nitrate**s, le zonage est comparable à celui des chlorures, avec des teneurs élevées dans le périmètre Grillon-Valréas-Visan-Richerenches (40 à 50 mg/l), avec des pointes locales à 100 mg/l. A l'inverse, la bordure nord de l'aquifère, et la zone captive sous couverture pliocène révèlent des teneurs très faibles à nulles.

Les **sulfates** présentent des teneurs atteignant 100 mg/l dans la zone de recharge (amont), et n'excédant pas 50 mg/l dans la zone captive.

Le suivi réalisé sur les **pesticides** au forage de Valréas – Montmartel montre la présence d'herbicides d'usage viticole essentiellement : **Norflurazon**, **Terbutylazine**. L'**Oxadixyl** (fongicide) est également détecté. Les teneurs sont systématiquement supérieures au seuil de potabilité de 0,1 µg/l pour ces 3 substances.

Le suivi réalisé sur le forage de Visan indique l'absence de pesticides, en dehors d'une détection de **Pyrméthanil** (fongicide), à une teneur de 0,17 µg/l en 2003.

4.4. DANS LE BASSIN DE CARPENTRAS (Faure, 1982 ; Roudier, 1987 ; Mallessard, 1991 ; Musset, 1999)

Les eaux présentent en général un faciès **bicarbonaté calcique**, en dehors des zones influencées par des échanges bordiers ou d'origine profonde où l'hydrochimie est modifiée.

On notera de fortes teneurs en **sulfates** dans la zone sud-est du bassin (gypses du massif oligocène de Pernes), ainsi qu'à l'est de Mazan (gypses du bassin évaporitique de Mormoiron-Malemort).

Certains secteurs ont des teneurs élevées en **fer**, à relier vraisemblablement à des conditions réductrices locales : on citera notamment le secteur de Sarriens où les teneurs peuvent atteindre jusqu'à 1 mg/l, l'ouest de Caromb, le secteur de Monteux-Althen (0,2 mg/l).

Les teneurs en **nitrate**s les plus élevées sont mesurées au nord-ouest, au nord et à l'est de Carpentras (jusqu'à 200 mg/l). Elles sont sans doute à mettre en relation avec l'activité maraîchère et l'absence de terrains de couverture susceptibles de protéger la nappe, ou de terrains de couverture simplement représentés par des terrasses fluviales à galets (zone d'alimentation de l'aquifère).

Les teneurs sont nulles ou de quelques mg/l à l'ouest de Carpentras (on notera que ce constat vaut également pour la nappe alluviale à l'ouest de Monteux, protégée par une couche de limons argileux).

Pour mémoire, le Miocène du massif de Châteauneuf-du-Pape, à l'extrémité occidentale du système, semble présenter une contamination nitratée notable (20-30 mg/l).

On retiendra enfin que les 2 bassins miocènes (Valréas et Carpentras) présentent dans leurs parties amont non protégées par une couverture peu ou pas perméable (Pliocène marneux et collines tortoniennes pour Valréas), les signes d'une contamination d'origine anthropique (rejets, agriculture) soulignée notamment par la présence de nitrates, chlorures et sulfates.

Si les plus fortes teneurs peuvent provenir de captages mal isolés (ruissellement superficiels, nappe superficielle), il n'en demeure pas moins que l'ensemble des horizons supérieurs de l'aquifère miocène est touché.

En 1996, des analyses des teneurs en nitrates ont été réalisées (Musset, 1999) sur le bassin de Carpentras, allant d'ouest en est de Bédarrides à Carpentras, et de nord en sud de Sarrians à Velleron.

Au total, 229 forages ont fait l'objet de prélèvements, certains forages captant les nappes alluviales, d'autres la nappe miocène. Les résultats montrent des teneurs en nitrates généralement faibles (< 10 mg/l) pour la nappe miocène, avec toutefois des contaminations ponctuelles atteignant 50 mg/l voire 100 mg/l pour quelques points, essentiellement localisés sur la commune de Carpentras.

La principale source d'azote serait d'origine agricole, en provenance notamment des cultures maraîchères (Musset, 1999).

Une campagne d'analyses des nitrates a également été réalisée en 2005, sur la nappe miocène du bassin de Carpentras, dans le cadre d'une thèse menée au sein de l'université d'Avignon (Lalbat, 2006).

Les résultats d'analyses sont présentés dans l'illustration 6. Ils montrent des teneurs élevées, atteignant localement 100 mg/l. Le secteur investigué correspond pour l'essentiel aux alentours de Carpentras.

Ces résultats montrent que la nappe miocène est contaminée par les nitrates, malgré sa protection « supposée », liée à des formations sus-jacentes argileuses. Il est toutefois important d'indiquer le faible niveau de connaissance des ouvrages de prélèvement. La profondeur des forages n'est pas toujours connue avec précision. De plus, la majorité des forages n'est pas tubée, ce qui laisse supposer des mélanges entre les nappes.

Le niveau de contamination par les nitrates de l'aquifère miocène doit donc être interprété avec précaution.

On ne dispose que de peu de données sur la présence de **pesticides** dans la nappe miocène.

Les principales données sont présentées par l'illustration 7, et correspondent à la campagne d'analyses réalisée dans le cadre de la thèse menée au sein de l'université d'Avignon (Lalbat, 2006).

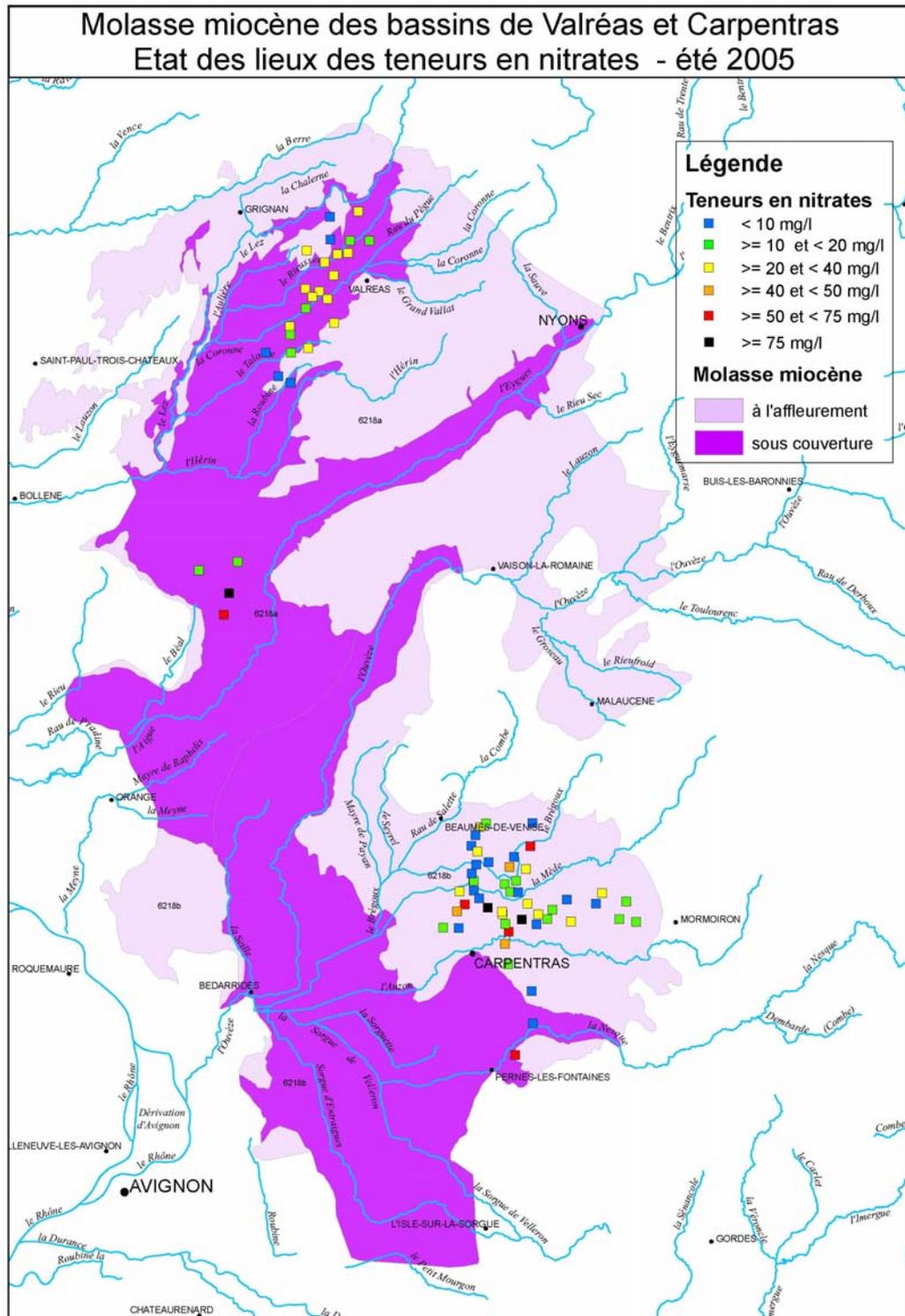


illustration 6 : Campagne d'analyses des nitrates – nappe miocène – été 2005.

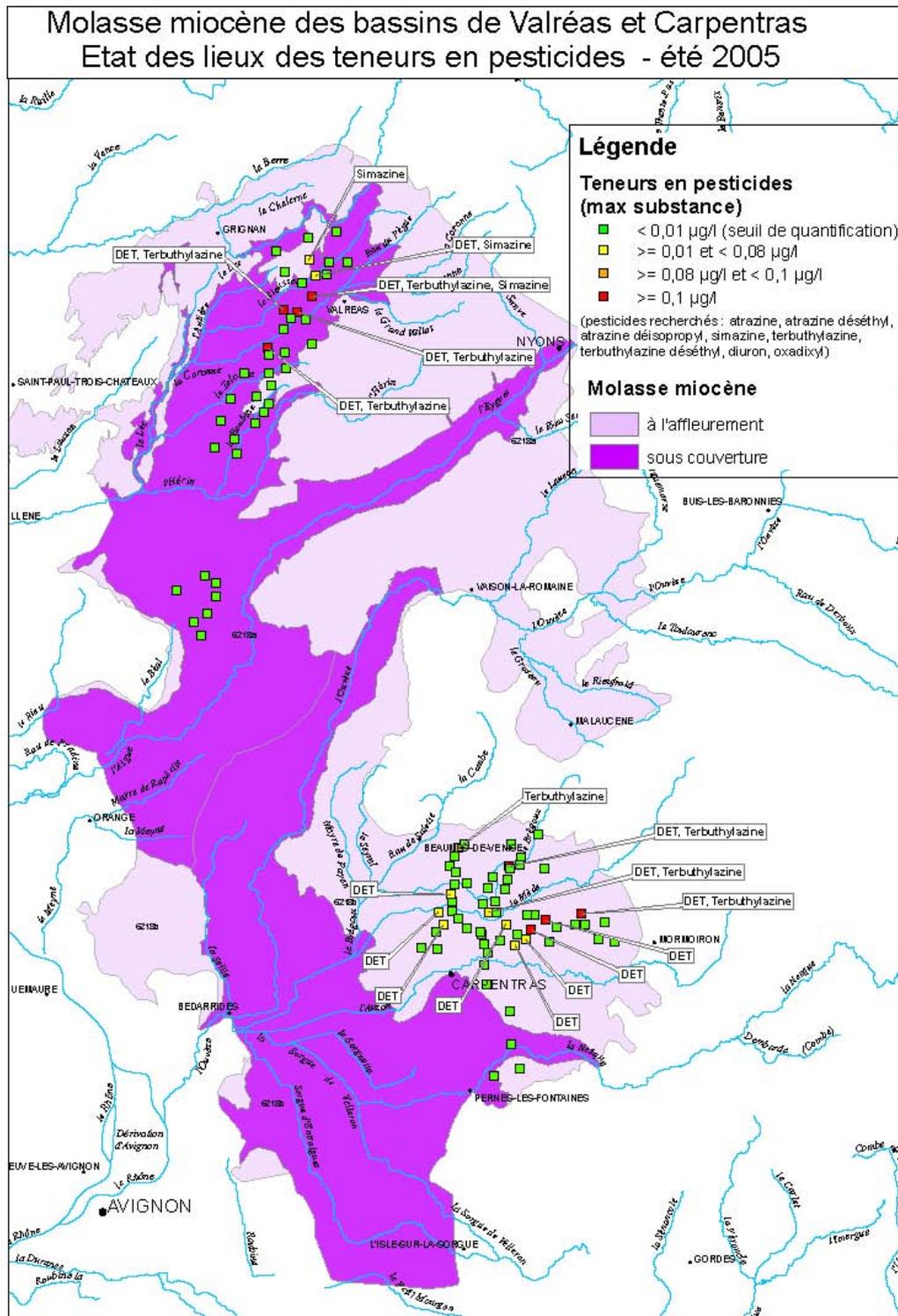


illustration 7 : Campagne d'analyse des pesticides – nappe miocène – été 2005.

Les molécules analysées sont les Triazines, le Diuron et l'Oxadixyl. Les résultats montrent la présence de Terbutylazine et de son produit de dégradation, la Terbutylazine-Déséthyl (DET), dans les nappes miocènes des bassins de Carpentras et de Valréas. Il s'agit d'un désherbant utilisé en viticulture (interdit depuis 2004).

La présence de simazine est également détectée dans le bassin de Valréas. La simazine est également un désherbant qui était utilisé surtout en viticulture.

Un point de suivi a par ailleurs été mis en place à Aubignan par l'Agence de l'eau RMC, depuis 2006. D'après les 1^{ères} analyses (de type multi-résidus), il ne semble pas y avoir de pesticides (teneurs inférieures aux seuils de détection).

5. Principales problématiques / propositions d'actions

5.1. PROBLEMATIQUE « QUANTITATIVE » : BAISSSE DU NIVEAU DE LA NAPPE

L'importance des réserves de cet nappe, qui couvre un territoire d'une surface considérable, et la qualité naturelle de ses eaux en font une ressource localement intéressante qu'il conviendrait de n'utiliser qu'avec parcimonie. L'utilisation actuelle des eaux est faite de façon anarchique, et assure besoins parfois peu exigeants en qualité qui pourraient être satisfaits à partir de ressources plus superficielles. Il s'agit d'ouvrages à usage surtout domestique, agricole (maraîchage), agro-industriel, et plus rarement AEP, avec une forte concentration des prélèvements dans le bassin de Carpentras.

Le niveau d'exploitation n'est pas connu avec précision, mais est de l'ordre de 15,3 à 28 millions de M³/an selon les sources. Aucun inventaire exhaustif de ces ouvrages et de leurs prélèvements n'a été mené à ce jour, mais on sait qu'ils sont en augmentation.

Cela a déjà eu pour conséquence une diminution généralisée de l'artésianisme et des niveaux piézométriques. La baisse piézométrique est évaluée d'une ampleur plus ou moins grande suivant les auteurs (5 à 10 m sur un siècle, ou de 10 m en 50 ans).

Cependant, l'ampleur de cette baisse générale est inconnue. A ce sujet, la thèse réalisée récemment dans le bassin de Carpentras (Lalbat, 2006) indique : « d'un point de vue quantitatif l'aquifère du Miocène subit la pression anthropique mais la ressource ne serait pas menacée si l'exploitation et la recharge restent inchangées ».

Il est donc à l'heure actuelle très difficile de préciser l'évolution de la piézométrie, et notamment, d'évaluer le risque de baisse du niveau général de la nappe du Miocène, même si la diminution de l'artésianisme nécessite d'être vigilant sur ce point.

De plus, même si une baisse de quelques mètres du niveau piézométrique général peut n'avoir qu'un impact limité sur les forages qui l'exploitent, elle peut avoir un impact direct et sévère sur le soutien d'étiage aux nappes superficielles et aux cours d'eau (Aigues, Meyne, Ouvèze, Sorgues...).

5.2. PROBLEMATIQUE « QUALITE » : NITRATES ET PESTICIDES

Sur le plan qualitatif, une contamination des eaux par des pollutions nitratées a été constatée par de récentes études, en particulier dans le secteur de Carpentras. Dans les secteurs ouest des bassins de Valréas et de Carpentras, où la nappe est naturellement protégée, la présence de nitrates est peu fréquente et serait essentiellement liée à des communications avec la nappe sus-jacente des alluvions

par l'intermédiaire d'ouvrages de captage, inadéquats dans un contexte hydrogéologique de nappes superposées.

Les problématiques liées aux pesticides sont rares dans la nappe miocène. En 2005, un état des lieux a toutefois mis en évidence la présence de Terbutylazine (herbicide utilisé en viticulture), dans les bassins de Valréas et de Carpentras.

Le territoire concerné par l'aquifère miocène ne fait l'objet d'aucune réglementation particulière au titre des prélèvements. Du fait de l'exclusion du champ d'application de l'article 10 de la loi sur l'eau, des prélèvements inférieurs d'abord à 40 m³/j (loi de 1992), puis 1000 m³/an (décret du 11 septembre 2003), on assiste à une multiplication continue des ouvrages de faibles débits, à usage domestique ou agricole réalisés sommairement – et souvent à moindre coût – sans déclaration au titre du code minier.

Cette tendance, en se poursuivant, entraînerait une aggravation de la baisse des niveaux piézométriques, et favoriserait une drainance descendante depuis la nappe alluviale très atteinte par cette pollution, et par conséquent une aggravation de la pollution d'origine agricole.

Une zone vulnérable aux pollutions nitrées d'origine agricole a été instaurée sur le bassin de Carpentras, par arrêté préfectoral du 21 Septembre 1994. Elle porte sur 10 communes, mais ne concerne toutefois que les alluvions quaternaires (forte pollution nitrée dont l'origine serait essentiellement l'activité de maraîchage).

Elle a fait l'objet d'un premier programme d'action défini par arrêté préfectoral du 3 Mars 1997. La révision de cette zone en 1999 a entraîné l'ajout d'une commune (arrêté du 15 novembre 1999).

En 2006, la délimitation de la zone vulnérable aux nitrates a été à nouveau modifiée :

- secteur ouest du bassin de Carpentras / communes retirées : Bedarides, Entraigues, Althen-les-Paluds, Velleron, Monteux, Loriol, Jonquières ;
- communes maintenues dans la zone vulnérable : Aubignan, Carpentras, Sarrians ;
- extension à l'est du bassin / communes ajoutées à la zone vulnérable : Mazan, Mallemort du Comtat, S^t Didier, Venasque, Saint-Pierre-de-Vassols, Modène, Caromb, Saint-Hyppolyte-le-Graveyron, Beaumes-de-Venise.

5.3. PROPOSITIONS D'ACTIONS

Les constats qui précèdent montrent que la situation est préoccupante particulièrement sur le bassin de Carpentras, cependant un risque de glissement des problématiques sur Valréas existe (multiplication importante des forages).

Un **certain nombre d'actions sont proposées** ci-dessous. Elles reprennent en grande partie les réflexions engagées par les services d'état (DIREN PACA), et de l'Agence de l'eau RM&C :

- **Plaquette d'information sur l'aquifère miocène** : diffuser l'information sous forme « vulgarisée » afin de montrer les enjeux réels aux acteurs publics

- **Création ou aide à l'émergence d'une structure de gestion porteuse des actions à engager** (réflexion engagée et édition d'un rapport de restitution d'auditions de l'agence de l'eau RM&C (Cabarro, 2006))
 - **Action de connaissance et de surveillance :**
 - **Volet quantitatif :**
 - compléter les données d'inventaire des points d'eau et estimation des débits prélevés : estimation des prélèvements effectués par les forages de particuliers (en cours de réflexion au sein de la DDAF) ;
 - création d'un réseau de suivi piézométrique opérationnel (10 à 15 points de suivi minimum), qui permette de surveiller le niveau de la nappe, et d'évaluer si la baisse générale se poursuit ;
 - préciser le bilan hydrogéologique (entrées/sorties) de l'aquifère miocène, et mise à jour de la modélisation réalisée en 1992.
 - **Volet qualitatif :**
 - réalisation d'un diagnostic de l'occupation des sols et des sources d'apport de nitrates (et pesticides) ;
 - surveillance pérenne de la qualité de la nappe miocène, via le RCO de l'Agence de l'Eau RMC, qui pourrait être complétée éventuellement par des points supplémentaires afin de couvrir l'ensemble de l'aquifère miocène.
- Remarque : dans les prochaines études/analyses qui seront menées, il est fondamental de prendre en compte les caractéristiques des ouvrages (coupe technique, tubage...) pour connaître précisément les niveaux aquifères captés.
- **Actions de prévention :**
 - Dans le cadre des actions à mettre en œuvre dans la zone vulnérable nitrates : obligation de réaliser tout forage selon les règles de l'art (décret du 11/09/2003), notamment en s'assurant de l'étanchéité des ouvrages, et afin d'éviter tout risque d'infiltration de pollution depuis la surface vers la nappe miocène ;
 - Sur le reste de la zone : sensibilisation des entreprises de forage et exploitants (déclaration et réalisation des futurs forages conformément à la réglementation et aux règles de l'art) ;
 - Actions en faveur de la maîtrise des pollutions agricoles et des assainissements individuels ;
 - Recherche et proposition d'alimentations de substitution attractives (canaux d'irrigation, nappes superficielles).
 - **Actions curatives :** A partir de l'inventaire des ouvrages, de la qualité des eaux des nappes, diagnostic des ouvrages qui *a priori* posent problème. En fonction de l'état des ouvrages, il s'agit de la réhabilitation, du rebouchage et du remplacement des ouvrages les plus défectueux.

6. Bibliographie

Synthèse bibliographique réalisée en 2002

Une **synthèse bibliographique a été réalisée en 2002** par Hydrosol ingénierie, pour le compte de la DIREN (Hydrosol ingénierie & Malessard, 2002). Ce travail a permis de rassembler les éléments suivants :

- carte hydrogéologique simplifiée de la nappe miocène (document SDE), et coupes schématiques,
- liste des communes situées sur la nappe (surfaces concernées),
- liste des communes dont plus de 70 % de la superficie recouvre la nappe (surfaces concernées),
- liste des prélèvements en eau souterraine connus de l'Agence sur ces communes (document SDR),
- note assainissement de Carpentras et de Valréas (document SDU),
- Rapport de mission du Conseil Général du GREF sur le Canal de Carpentras (janvier 99),
- étude d'impact sur le milieu et les ressources en eau - Canal de Carpentras - secteurs de Monteux (mai 2000),
- synthèse du diagnostic et de scénarios de développement du Canal de Carpentras (septembre 1997),
- Chambre d'agriculture du Vaucluse (1993), "État de la pollution des nappes du bassin de Carpentras à la mise en place de l'observatoire Maraîchage - Environnement",
- Schéma Directeur Hydraulique Agricole de Vaucluse (en cours d'élaboration),
- Projet Irri-Mieux Carpentras - Document provisoire réalisé par la Chambre d'agriculture de Vaucluse.

Principales références bibliographiques (géologie, hydrogéologie)

Ballesio R. et Truc G. (1967) - Contribution à la connaissance du néogène de la moyenne vallée du Rhône – Le miocène supérieur et le pliocène du Haut-Comtat Venaissin.

Bel F. (1998) - Synthèse hydrogéologique de la nappe miocène du Comtat Venaissin (Vaucluse), étude réalisée dans le cadre de l'appui BRGM service public à la police de l'eau. Rapport BRGM R 40236. 15 p.

Boinet N. (1996) – Structure, hydrogéologie et circulations profondes entre Ventoux, Baronnies et bordure ardéchoise. Fonctionnement des bassins sédimentaires de Valréas, Carpentras et de la vallée du Rhône. Th. Mémoire de DEA – Université d'Avignon. 114 p.

BRGM (1986) – Atlas des ressources du sous-sol et des eaux souterraines du département du Vaucluse. Rapport BRGM/RR-09651-FR, SGN 127 PAC.

BRGM (1989) - Ressources profondes du Vaucluse. Synthèse. Analyse des données. Objectifs des reconnaissances hydrogéologiques. Rapport BRGM/RR-27404-FR, SGN 271 PAC.

BRGM (2007) – Base de données sur les prélèvements industriels en Vaucluse. Note réalisée dans le cadre de l'appui aux services chargés de la police de l'eau.

Cabarrot G. (2006) - Mise en place d'une structure de gestion de l'aquifère miocène de Vaucluse. Définition d'une stratégie de communication, conception et réalisation de supports de communication. Rapport – restitution des auditions. Stage de Master de management et de communication d'entreprise. 40 p.

Chambre d'agriculture du Vaucluse (1993) – Etat de la pollution des nappes du bassin de Carpentras à la mise en place de l'observatoire Maraîchage-environnement.

CPGM (1980) – Etude géophysique de l'aquifère miocène (bassin de Carpentras). SIE Rhône Ventoux. Etude n° 2072.

Demarcq G. & Truc G. (1967) – Etude stratigraphique et structurale du bassin tertiaire de Malaucène. Bull. soc. Geol. Fr. Paris.

Demarcq G. & Truc G. (1970) – Etude stratigraphique du Miocène rhodanien. Mémoires du BRGM n°61.

DIREN Délégation de bassin Rhône-Méditerranée, **Agence de l'eau RM&C** (2005) - Caractérisation du district Rhône et cours d'eau côtiers méditerranéens – Fiches de caractérisation des masses d'eau souterraines et grilles d'évaluation du risque NABE en 2015.

Durozoy G. (1973), Etude hydrogéologique des plaines du comtat – Nappe du Miocène - rapport BRGM n°73 SGN 240 PRC.

Durozoy G. (1980) – Evaluation des ressources hydrauliques. Surveillance d'un réseau piézométrique. Plaines du Comtat (Vaucluse). Compte-rendu des opérations effectuées en 1979. Rapport BRGM/RR-20707-FR, SGN 235 PAC.

Faure G. (1982) - Etude hydrogéologique du bassin miocène de Carpentras (Vaucluse, France). Thèse de Doctorat de géologie des ensembles sédimentaires. Université Claude Bernard (Lyon I, France). 153 p.

Gourcy L., Salquèbre D. (2008) – Aquifère miocène du bassin de Carpentras : compréhension des échanges entre nappes et contribution à l'étude de l'origine des nitrates. BRGM/RP-56401-FR, 45 p., 16 ill., 3 ann.

Gravost M. (1986) – Synthèse hydrogéologique de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Quantité-Qualité, Etat des connaissances en 1985.

Huneau F. (2000). Fonctionnement hydrogéologique et archives paléoclimatiques d'un aquifère profond méditerranéen – Etude géochimique et isotopique du bassin miocène de Valréas. Thèse de doctorat. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. 168 p.

Hydrosol Ingénierie & Malessard (2002) - Synthèse bibliographique des connaissances sur l'aquifère miocène du Comtat Venaissin et inventaire bibliographique des ouvrages existant. Mission réalisée pour la DIREN PACA. 43 p.

Hydrosol Ingénierie (2005) – Document d'incidence des prélèvements agricoles sur les ressources en eau – Bassin Miocène du Comtat Venaissin. 43 p.

Lalbat F. (2006) - Fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère du Miocène du bassin de Carpentras (Vaucluse, France). Thèse de doctorat. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse. 229 p.

Lalbat F., Banton O. (2005) – Nitrate spread front evolution during 20 years in a deep molassic aquifer in South-eastern France (Carpentras, Vaucluse, France). International workshop "From data gathering and groundwater modelling to integrated management", Alicante (Spain), 4th – 8th October 2005, AIH-IGME, 6p.

Mallessard G. (1991) - Bassin de Carpentras - Appréciation des risques de pollution des eaux par les nitrates et les produits phytosanitaires en systèmes de production maraîchère. 13 p.

Malzieu E. (1987) - Ressources en eau entre Rhône et Ventoux – Hydrogéologie et hydrochimie du bassin de Bédoin – Mormoiron, de la plaine des Sorgues et du massif de Pernes-les-Fontaines. Thèse de doctorat, Université d'Avignon.

Musset J. (1999) - Déterminisme de la distribution spatiale du nitrate dans un système d'aquifères. Application à une petite région agricole méditerranéenne (Comtat – Venaissin, Vaucluse, France). Thèse de doctorat option Sciences de la Terre. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse (Avignon, France). 96 p.

Roudier P. (1987) - Etude hydrogéologique et hydrochimique des nappes aquifères des bassins miocènes de Valréas, Vaison la Romaine, Malaucène et Carpentras. Thèse de doctorat de l'Université de Lyon. 296 p.

Sud-Aménagement Agronomie (1992) - modélisation mathématique des aquifères miocènes. Mission réalisée pour le Conseil Général du Vaucluse.



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional “Provence-Alpes-Cote
d’Azur”**
117, avenue de Luminy - BP 168
13276 – Marseille - France
Tél. : 04 91177477