

RESSOURCE EN EAU DES CONTREFORTS NORD DE LA SAINTE BAUME

IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION
DE LA RESSOURCE MAJEURE À PRÉSERVER
POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

Synthèse et mise à jour
des connaissances actuelles

TABLE DES MATIÈRES

1 Préambule.....	4
2 Exploitation minière	5
3 Contexte géologique	6
4 Hydrogéologie.....	9
4.1 Généralités.....	9
4.2 Karstification	10
4.3 Données piézométriques.....	10
4.4 Zone d'alimentation	12
4.5 Bilan hydrologique	13
4.5.1 Bibliographie	13
4.5.2 Bilan Hydrofis 2008	14
4.5.3 Bilan mis à jour	16
4.6 Paramètres hydrodynamiques et estimation des réserves.....	18
4.6.1 Pompage de 2006	18
4.6.2 Interprétation du pompage de 2007	18
4.6.3 Fonctionnement du système selon pompage d'essai de 2007	18
4.6.4 Synthèse.....	21
4.7 Qualité des eaux	22
4.7.1 Faciès généraux	22
4.7.2 Evolution de la qualité au puits d'aération	24
5 Vulnérabilité de l'aquifère	26
5.1 Vulnérabilité intrinsèque	26
5.1.1 Mécanismes	26
5.1.2 Méthode EPIK adaptée.....	27
5.2 Occupation du sol et sources de pollution.....	31
6 Modalités d'exploitation.....	35

6.1	Conditions d'exploitation envisagés	35
6.1.1	Ressource prise en compte - Recharge	35
6.1.2	Critères d'implantation d'ouvrages de prélèvements	37
6.1.3	Implantation des ouvrages	38
6.2	Impacts attendus	41
6.2.1	Zone d'influence	41
6.2.2	Alimentation du Caramy et du barrage de Carcès	43
7	Stratégie de protection.....	46
7.1	Protection de la ressource stratégique	46
7.1.1	Propositions d'Hydrofis	46
7.1.2	Mise à jour de la stratégie de protection.....	48
8	Compléments de connaissance.....	49
9	Conclusions.....	51

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Coupe géologique et hydrogéologique sud/nord – Hydrofis 2008	8
Figure 2 : Cotes de référence piézométrique et zone d'alimentation	11
Figure 3 : Evolution des concentrations en sulfates lors des pompages de 2006 – MRE	24
Figure 4 : Evolution des concentrations en sulfates lors des pompages de 2007 – MRE, Hydrofis	24
Figure 5 : Méthode EPIK, influence repective des paramètres sur le développement du réseau karstique, Hydrofis 2008	27
Figure 6 : Vulnérabilité intrinsèque de l'unité de Mazaugues.....	30
Figure 7 : Sources de pollution potentielles.....	33
Figure 8 : Occupation des sols sur le bassin d'alimentation.....	34
Figure 9 : Localisation des zones potentielles d'implantation.....	40
Figure 10 : Evolution des débits en fonction de leur distance à la source du Caramy en ayant enlevé le prélèvement du canal de Tourves – MRE 2006.....	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques du Caramy et de l'Issole.....	44
--	----

1

Préambule

Le département du Var s'intéresse depuis plusieurs années à la ressource en eau que constitue le flanc nord de la Sainte Baume dans la région de Mazaugues, siège d'une exploitation minière de bauxite jusque dans les années 1980.

De grandes quantités d'eau ont été pompées lors de l'exploitation minière laissant entrevoir des potentialités importantes en vue d'une exploitation pour l'eau potable. Des essais de pompage ont été conduits ultérieurement afin de vérifier ces potentialités.

Par ailleurs, la masse d'eau FR_DO_137 « Massifs calcaires de la Sainte Baume, Agnis, Sainte Victoire, Mont Aurélien, Calanques et bassin du Beausset interne » est recensée dans le SDAGE comme étant une masse d'eau dans laquelle des zones stratégiques pour l'alimentation en eau potable future sont à désigner.

Le Conseil Général du Var, devant les potentialités supposées de la ressource souhaite vérifier si l'aquifère de Mazaugues répond aux critères de définition d'une ressource stratégique, à savoir :

- Dont la qualité chimique est conforme ou proche des critères de qualité des eaux distribuées telles que définies dans la directive 98/83/CE ;
- Importante en quantité ;
- Bien située par rapport aux zones de forte consommation (actuelles ou futures) pour des coûts d'exploitation raisonnables.

Le présent document constitue une synthèse et une mise à jour des connaissances hydrogéologiques existantes sur l'unité de Mazaugues. Il a été élaboré à partir de l'étude Hydrofis de 2008 qui a porté sur un périmètre restreint de l'aquifère et des connaissances acquises lors des traçages effectués par SAFEGE en 2011.

(La partie besoin est étudiée dans le cadre d'un marché différent).

2

Exploitation minière

L'unité de Mazaugues a été le siège d'une exploitation de bauxite du début du XX^e siècle jusqu'à dans les années 1980.

Le site de Mazaugues aval, plus particulièrement étudié par les essais réalisés sur le puits d'aérage, destiné à la ventilation des mines et n'intéressant que la partie supérieure du site minier, est constitué de 5 lentilles minières, reliées entre elles par les galeries d'exploitation.

5 millions de m³ de bauxite ont été extraits de la mine de Mazaugues aval. Après l'exploitation, les mines ont été foudroyées augmentant la fracturation du massif.

La réserve potentielle ainsi formée est estimée entre 6 et 7 millions de m³.

Pendant l'exploitation de la mine et deux ans après (1970 – 1984) des pompages ont été nécessaires pour rabattre le niveau de la nappe et permettre l'extraction de la bauxite en profondeur.

Le débit moyen pompé était de 1000 m³/h, avec un rejet des eaux d'exhaure dans le Caramy. D'après les données existantes le débit pompé a pu être porté à plus de 2000 m³/h en pointe lors de périodes pluvieuses.

Les eaux d'exhaure de la mine étaient alors connues pour présenter de fortes teneurs en sulfates : de 600 à 1000 mg/l. Ces fortes teneurs en sulfates sont liées à la présence d'un faux toit charbonneux et pyriteux au dessus de la bauxite, d'une épaisseur de 20 à 80 cm.

3

Contexte géologique

La ressource en eau de Mazaugues est constituée d'un aquifère complexe comprenant les séries sédimentaires du Jurassique carbonaté au Crétacé supérieur marno-gréseux.

La nature et l'épaisseur des couches est très variable. On rencontre ainsi des plus récentes aux plus anciennes :

- Santonien : alternance de calcaires gréseux et de grès argileux d'environ 70 m d'épaisseur ;
- Turonien Coniacien : calcaires à rudistes de 50 à 60 m d'épaisseur ;
- Oxfordien à Portlandien (Jurassique supérieur) : calcaires en gros banc de 300 m à 350 m d'épaisseur ;
- Bathonien – Bajocien (Jurassique inférieur) : alternance de calcaires marneux et de marnes de 100 à 150 m d'épaisseur ;
- Trias argileux.

L'interface entre le Jurassique et le Crétacé est marquée par la présence de bauxite, qui a donné lieu à une exploitation minière.

Depuis le Trias jusqu'à la fin du Jurassique, la région connaît une phase de sédimentation marine plus ou moins continue. Les formations triasiques et notamment le Keuper, contenant du gypse marquent la présence d'un régime littoral de faible profondeur en climat aride.

Au Crétacé inférieur, la Provence est émergée. Se développe alors une première phase de karstification, dans laquelle se développe la bauxite. Puis la transgression turonienne permet la mise en place d'une puissante série de calcaires à rudiste. La mer se retire lentement et définitivement au Santonien.

La fin du Crétacé est marquée par une tectonique nord-sud qui plisse la région. Cette phase se poursuit jusqu'à l'Eocène. Elle provoque alors le décollement des séries triasiques gypseuses et postérieures qui viennent chevaucher depuis le sud les

formations qui constituent la Sainte Baume. A l'heure actuelle la série décollée forme le flanc sud de la Sainte Baume.

Ces formations sont disposées selon un vaste pli synclinal d'axe est-ouest, chevauché au sud par une unité allochtone. Celle-ci a été charriée sur plusieurs kilomètres depuis le sud, la série triasique gypseuse ayant servi de semelle de décollement.

L'ensemble présente un pendage marqué vers le sud.

La Figure 1 suivante présente les coupes géologiques et hydrogéologiques dressées par Hydrofis en 2008.

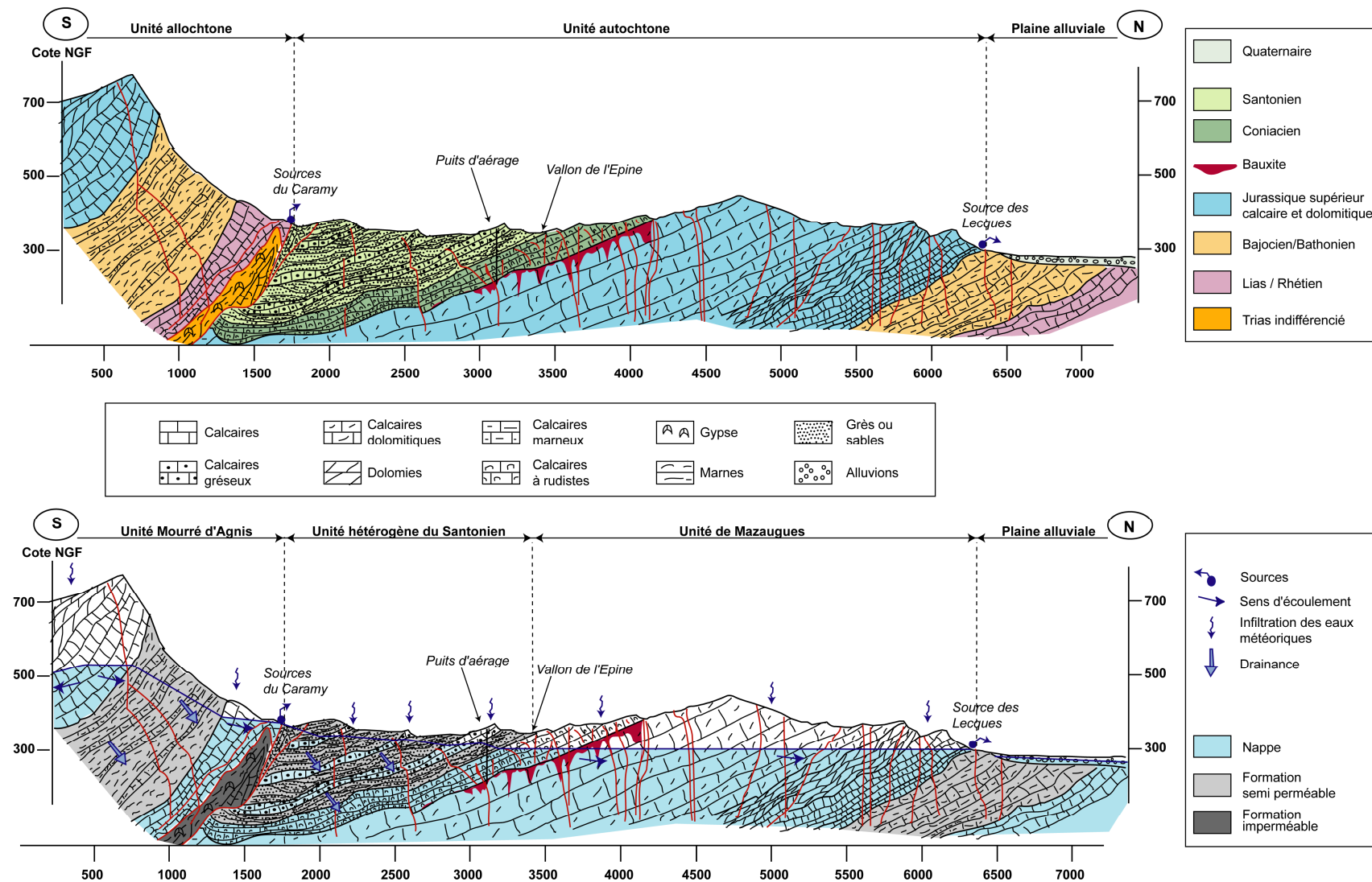


Figure 1 : Coupe géologique et hydrogéologique sud/nord – Hydrofis 2008

4

Hydrogéologie

4.1 Généralités

L'aquifère de Mazaugues est un aquifère karstique. Il est constitué de trois entités en relation hydraulique, formant ainsi un ensemble multi-couches :

- Une unité supérieure du Santonien à dominante d'alternance de marnes et de calcaires gréseux, fracturée par les dépilages consécutifs à l'ancienne activité minière. L'écoulement au travers de cette série d'environ 50 à 100 m se ferait de manière lente et différée, et localisée au droit des secteurs dépilés ;
- Une unité intermédiaire, constituée des calcaires à rudistes du Coniacien, à la surface desquels on rencontre un réseau très dense de lapiaz, et qui ont de plus été très déstructurés par les travaux miniers ;
- Une unité inférieure, correspondant aux séries carbonatées jurassiques peu fracturées mais karstifiées, d'une épaisseur pouvant atteindre 500 à 600 m. Cette unité présente des écoulements rapides et concentrés tout au moins dans les horizons supérieurs.

4.2 Karstification

Le développement de la karstification a conduit à la formation de deux types de réseaux : des réseaux profonds anciens, et des réseaux supérieurs d'âge plutôt quaternaire. Le réseau quaternaire est toujours actif mais son caractère superficiel ne permet pas d'y envisager de gros prélèvements.

Les vitesses de circulation de l'eau sont très variables, les traçages mettant en évidence des vitesses comprises entre 5 et plus de 140 m/h. Ces vitesses, caractéristiques de la nature de l'aquifère, sont très importantes, et le rendent très vulnérable à d'éventuelles pollutions de surface.

L'état des réseaux plus profonds est moins connu. Les travaux miniers qui ont été conduits dans le secteur ainsi que le creusement de la galerie SCP ont montré que les conduits recoupés étaient souvent colmatés par l'argile.

Ainsi, si le réseau ancien du karst jurassique est relativement peu connu, il semble qu'il soit probablement moins transmissif du fait des colmatages importants dont il fait l'objet.

4.3 Données piézométriques

La piézométrie du réservoir est mal connue. Seuls des points ponctuels permettent de définir des niveaux de référence pour la nappe profonde du karst jurassique et coniacien.

Ces points sont reportés sur la Figure 2 ci-après.

Les émergences du Caramy et de St-Julien constituent les points les plus bas.

Les émergences et niveaux de la partie ouest sont en position plus élevées ce qui n'exclut pas leur raccordement au système Caramy. Cependant la position altimétrique élevée des émergences les plus à l'ouest pourrait laisser la place à un point haut et une ligne de partage des eaux axée entre Rougiers et le Petit St-Cassien, d'ailleurs mentionnée dans la carte hydrogéologique du département du Var.

Cette ligne potentielle au repos pourrait s'effacer sous l'effet de pompages prolongés dans le secteur de Mazaugues.

Figure 2 : Cotes de référence piézométrique et zone d'alimentation

SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ACTUELLES

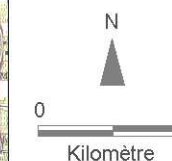
COTES DE RÉFÉRENCE PIÉZOMÉTRIQUE ET ZONE D'ALIMENTATION DE L'UNITÉ DE MAZAUGUES

Légende

- Cours d'eau permanent
- - - Cours d'eau temporaire
- Impluvium direct
- Participation par ruissellement et drainage
- Villes principales

PIEZOMETRIE

- Nom du point
Cote (m NGF)
- Forage
- Source
- Reconnaissance spéléologique



Source : IGN scan 25

4.4 Zone d'alimentation

Hydrofis dans son rapport de 2008 propose un bassin d'alimentation comprenant l'emprise des formations géologiques aquifères étayé par le résultat des traçages mettant en évidence des relations entre la partie centrale et l'est de l'aquifère.

La karstification superficielle mise en évidence par les traçages démontre la vulnérabilité de points éloignés à l'activité sur les zones de Mazaugues mais n'est pas une indication de l'appartenance au bassin versant du puits d'aérage. Les derniers résultats du pompage de 2007-2008 tendraient même à dire que les relations des anciennes mines sont faibles avec le massif en général. La participation du Coniacien est probable mais les relations avec le Jurassique semblent réduites.

Les traçages réalisés par SAFEGE en 2011 ont confirmé clairement un drainage vers le Caramy des points d'injection les plus occidentaux. Ils confirment et affirment la possibilité de contaminations divergentes et la faiblesse des périmètres de protection des captages existants, les Lecques notamment.

Par contre, par défaut de pompage simultané sur le puits d'aérage, les traçages ne confirment pas la participation à l'alimentation effective du système minier.

Le drainage par la source de Figuière appartient clairement à un système de drainage différent et superficiel, qui ne transite pas par les travaux miniers.

A défaut d'essai en pompage on retiendra les limites du bassin d'alimentation suivantes :

- À l'ouest, la limite de Nans-les-Pins, caractérisée par la limite d'affleurement des calcaires jurassiques, jusqu'à l'accident géologique au sud de la commune ;
- À l'est et au nord, les limites d'affleurement des terrains jurassiques aquifères ;
- Au sud la limite d'affleurement des formations du Crétacé au contact du Santonien.
- Cette zone d'infiltration directe est complétée par le versant jusqu'à la ligne de crête. En effet, les observations de terrain ont montré que le flanc nord de la Sainte Baume, constitué de terrains peu perméables, pouvait contribuer de manière importante par ruissellement à l'alimentation de l'aquifère à leur arrive sur les zones perméables du Coniacien.

La zone d'alimentation de l'aquifère se décompose alors comme suit :

- 47 km² correspondant à l'impluvium de l'aquifère (superficie des terrains carbonatés qui alimentent la nappe par infiltration directe) ;
- 27 km² correspondant à la zone de contribution par ruissellement.

4.5 Bilan hydrologique

4.5.1 Bibliographie

Deux bilans historiques ont été réalisés pour l'unité de Mazaugues, pour les années 1970 et 1990, respectivement par Cova et Cavalera.

Ceux-ci sont :

COVA 1970 (IN CAVALERA 2007) :

UNITE DE LA SAINTE BAUME ORIENTALE	
Superficie (km ²)	40
Pluviométrie moyenne (mm)	909
Débit total mesuré aux exutoires (L/s)	403
Coefficient d'infiltration mesuré	0,36
Module d'infiltration moyen mesuré (L/s/km ²)	10,1
Indice de qualité du bilan	2

Tableau 5-23 : Bilan hydrique global mesuré de la partie orientale de la Sainte Baume (plateaux de Mazargues) pour l'année hydrologique 1970

CAVALERA 2007 :

Détail bilan partie orientale (S= 40 km ²)					
Entrées (L/s)		Sorties (L/s)		Déficit	Excédent
Peff	360	Source des Lecques, Lieutaud	67	233 L/s (-65%)	Bilan déficitaire
		Source de la Figuière	20		
		Source Mère des fontaines	10		
		Source St Julien	30		
Total	360		127		

Remarques :

On notera sur ces deux bilans des discordances notamment dans les exutoires et les débits pris en compte.

Les débits mentionnés semblent être des débits d'étiage et non des débits moyens, ce qui constituerait une cause d'erreur importante sur le débit total.

Les autres exutoires (Trias, sous écoulement du Caramy ne sont pas pris en compte).

Le bilan de 1970 prendrait en compte une partie des eaux d'exhaure de mines ce qui le rendrait excédentaire hors pompage.

4.5.2 Bilan Hydrofis 2008

Pour le bilan réalisé par Hydrofis en 2008, les hypothèses sont les suivantes :

Entrées :

<u>Infiltration des eaux de pluie :</u>	1/3 de la pluie totale soit 280 mm, module d'infiltration de 9 l/s/km ² pour une surface d'impluvium de 50 km ² soit 450 l/s
<u>Drainance des séries du Santonien :</u>	100 l/s en application de la loi de Darcy.
<u>Pertes temporaires des cours d'eau (Caramy Grand Gaudin, vallon de l'Epine) :</u>	quelques dizaines de l/s en régime moyen et infiltrations plus massives sur le Grand Gaudin.

Sorties :

<u>Sources, permanentes et temporaires :</u>	Castelette : 10 l/s max et tarie à l'étiage Foux de Nans et source de trop plein : 100 l/s Lecques et Lieutaud : 30 et 40 l/s Figuières : 60 l/s Mère des Fontaines : 10 l/s Saint Julien : 10 l/s Synthèse : Le drainage par les sources permanentes est estimé entre 150 et 200 l/s. Le drainage par les sources temporaires est quant à lui estimé à environ 100 l/s.
<u>Drainance probable par les séries du Trias et la plaine alluviale entre Tourves et Saint Julien :</u>	100 l/s par application de la loi de Darcy
<u>Alimentation du Caramy en aval de Figuières :</u>	quelques dizaines de l/s

Bilan HYDROFIS :

<u>Entrée quantifiées :</u>	700 l/s.
<u>Sorties quantifiées :</u>	400 l/s.

Remarques :

Ce bilan fait apparaître, comme les précédents, un déficit de vidange estimé ici à 300 l/s environ : entrées cumulées de l'ordre de 700 l/s et sorties de l'ordre de 400 l/s.

Le terme Entrée est probablement bien dimensionné voire sous dimensionné compte tenu des caractéristiques d'infiltration rapide.

Le terme Sortie est probablement sous dimensionné par méconnaissance des débits moyens réels

4.5.3 Bilan mis à jour

Le bilan d'Hydrofis a été mis à jour à partir de la délimitation du bassin d'alimentation de l'aquifère. Cette modification conduit à augmenter le terme d'entrées.

On a ainsi comme paramètres d'entrée :

Le total de précipitations infiltrées, directement ou indirectement (après ruissellement) s'élève ainsi à 505 l/s.

Entrées :

<u>Infiltration des eaux de pluie :</u>	Sur le Jurassique Coniacien : 1/3 de la pluie totale soit 280 mm, module d'infiltration de 9 l/s/km² pour une surface d'impluvium de 47 km² soit 420 l/s Infiltration des eaux de ruissellement issues du BV du Santonien au sud 100 mm/an possible : 3,2 l/s/km² pour une surface de 27 km² soit 85 l/s.
<u>Drainance des séries du Santonien :</u>	100 l/s en application de la loi de Darcy.
<u>Pertes temporaires des cours d'eau (Caramy Grand Gaudin, vallon de l'Epine) :</u>	quelques dizaines de l/s en régime moyen et infiltrations plus massives sur le Grand Gaudin.

Sorties :

<u>Sources, permanentes et temporaires :</u>	Castelette : 10 l/s max et tarie à l'été Foux de Nans et source de trop plein : 100 l/s Lecques et Lieutaud : 30 et 40 l/s Figuières : 60 l/s Mère des Fontaines : 10 l/s Saint Julien : 10 l/s Synthèse : Le drainage par les sources permanentes est estimé entre 150 et 200 l/s. Le drainage par les sources temporaires est quant à lui estimé à environ 100 l/s.
--	--

<u>Prélèvement AEP (2009) :</u>	Rougiers Forages : 0,8 l/s Rougiers Source de Font Frege : 2,5 l/s Source des Lecques : 5,9 l/s Foux de Nans : 7,3 l/s
<u>Drainance probable par les séries du Trias et la plaine alluviale entre Tourves et Saint Julien :</u>	100 l/s par application de la loi de Darcy
<u>Alimentation du Caramy en aval de Figuières :</u>	quelques dizaines de l/s

Bilan mis à jour :

Le bilan d'Hydrofis mis à jour est donc :

<u>Entrée quantifiées</u>	Débit	<u>Sorties quantifiées</u>	Débit
Infiltration	420 l/s	Sources permanentes	150 à 200 l/s
Drainance du Santonien	100 l/s	Sources temporaires	100 l/s
Infiltration de ruissellement	85 l/s	AEP	16,5 l/s
		Drainance du Trias ou des alluvions de Tourves	100 l/s
Pertes temporaires des cours d'eau	Quelques dizaines de l/s	Alimentation du Caramy	Quelques dizaines de l/s
Total entrées	≈ 650 l/s soit 20,56 millions de m³	Total sorties	≈ 410 à 460 l/s

Remarques :

Ce nouveau bilan met également en évidence un déficit comme les études et bilans précédents. Il est possible que l'unité de Mazaugues possède des exutoires non identifiés à l'heure actuelle.

Cavalera, 2007, émet l'hypothèse que ces écoulements se feraient vers la mer, et participeraient à l'alimentation des sources littorales telles que Port-Miou et le Bestouan.

Néanmoins, on notera que l'incertitude sur la valeur des débits moyens des émergences par rapport au seul débit estival peut être de l'ordre de grandeur du déficit.

4.6 Paramètres hydrodynamiques et estimation des réserves

4.6.1 Pompage de 2006

Le rabattement au puits lors des essais était de 40 à 50 m pour un débit de 500 m³/h soit 350 m³/h réel, si on défalque le débit de réinfiltration dans le vallon de l'Epine depuis le Caramy liées à la position du point de rejet des eaux d'exhaure, en amont des zones de perte vers l'aquifère.

L'interprétation du premier essai de 2006 par GEEM selon Jacob conduit à retenir une « transmissivité » de 0,7 à $2 \cdot 10^{-3}$ m²/s. Cette valeur peut être interprétée comme un descripteur de l'évolution éloignée.

Cette valeur, faible, conduirait à des rabattements théoriques beaucoup plus forts que ceux mesurés. La ressource pompée exploite donc très clairement un effet de capacité lié aux cavités minières. Le rabattement reste malgré tout relativement élevé et le débit spécifique de 7 à 10 m³/h/m relativement faible au regard des cavités présentes.

4.6.2 Interprétation du pompage de 2007

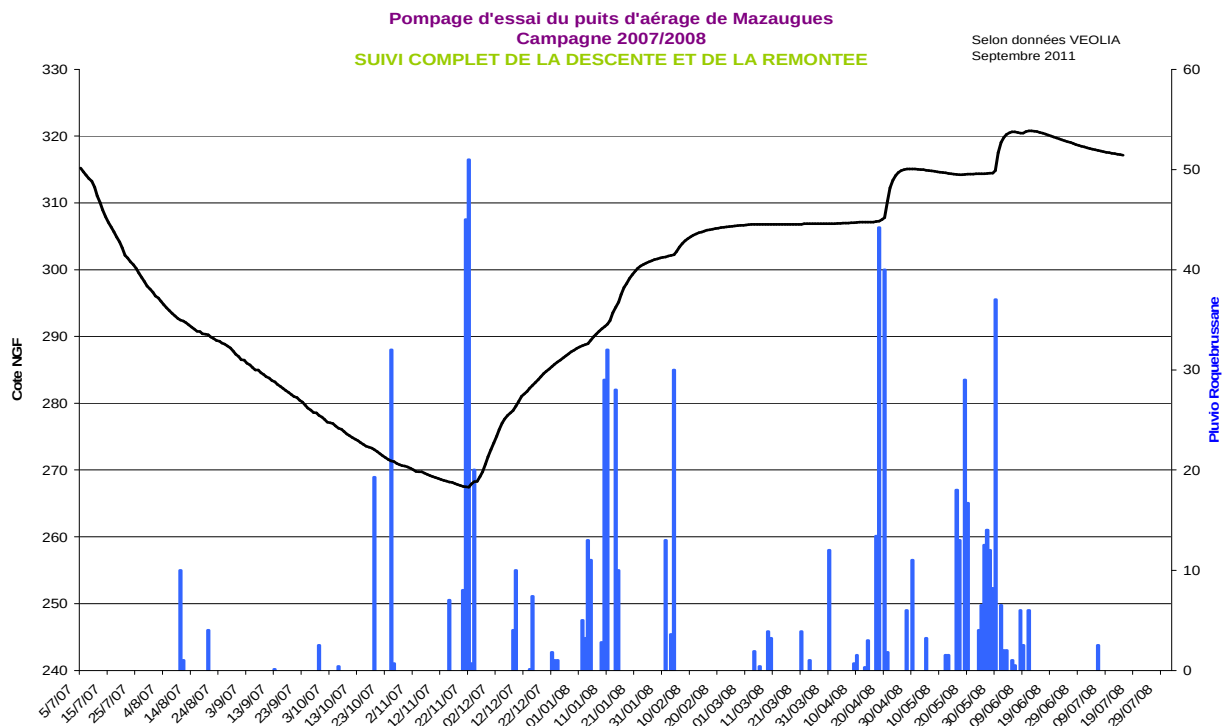
L'essai de pompage conduit en 2007 par VEOLIA a quant à lui été interprété avec la méthode Collignon. Hydrofis estime ainsi la réserve entre 2,2 à 6 millions de m³. Le volume stocké dans les travaux miniers pourrait être de cet ordre de grandeur.

4.6.3 Fonctionnement du système selon pompage d'essai de 2007

Le graphe complet de pompage-remontée du pompage de 2007 mis à disposition par VEOLIA montre :

- ✓ Une durée totale de pompage de 143 jours soit 1 635 312 m³ à l'index des pompes ;
- ✓ Un débit moyen exhauré de 476 m³/h dont ≈ 140 m³/h (40 l/s) ré-infiltré dans le Caramy ;
- ✓ Un arrêt des pompes le 25 novembre après 3 jours de remontées des niveaux induites par les pluies du 20 au 24 novembre 2007 (125 mm sur Roquebrussane). La remontée imputable à l'arrêt des pompes est donc masquée.
- ✓ Un rabattement maximum de près de 48 m (48,5 m en corrigeant de la recharge par les pluies) ;

- ✓ La remontée se fait par paliers après des épisodes de pluies plus importantes séparés par des paliers stabilisés :
 - ◆ 12 janvier 2008
 - ◆ 4 février 2008
 - ◆ 21 avril 2008 avec un retour stabilisé au niveau initial à la cote 314 m NGF
 - ◆ 29 mai 2008 : la pointe de crue atteignant presque 321 m redescend ensuite sur 317 m
- ✓ Il est à noter également que la pluie sur la période est atypique et marquée par un déficit :
 - ◆ sur septembre-octobre la pluie observée représente seulement 20% de la pluie moyenne depuis 1968 (déficit -80%) ;
 - ◆ sur novembre-décembre le déficit est de -36% ;
 - ◆ la pluie est équilibrée sur janvier-février 2008 (-3%) ;
 - ◆ la pluie est légèrement excédentaire (+10%) sur mars-avril 2008 ;
 - ◆ au global la période octobre 2007-avril 2008 représente un déficit de seulement -23%.



En résumé on observe que le retour au niveau initial, donc à la recharge complète du volume de 1 635 312 m³ prélevé pendant l'essai, a nécessité la quasi-totalité de la recharge automnale et printanière d'une année soit 462 mm correspondant à la moitié de la pluie d'une année normale.

Cette indication donne une borne haute à l'estimation du débit exploitable, défini comme celui pouvant être renouvelé annuellement.

4.6.4 Synthèse

Les données d'interprétation des essais conduisent à présenter les limites d'exploitation suivantes :

- ✓ Le système aquifère constitué par les vides miniers de Mazaugues constitue une réserve d'eau importante comprise entre 1,6 et 6 millions de m³ (fonction du foudroyage) ;
- ✓ Ce volume minier est très mal connecté au reste du massif jurassique et crétacé du nord de la Sainte Baume comme en témoigne les forts rabattements obtenus en pompage et les interprétations qui peuvent en être faite en terme de transmissivité : 0,7 à 2.10⁻³ m²/s ;
- ✓ La recharge totale du massif du nord de la Sainte Baume, évaluée paragraphe § 4.5.3 ne participe pas effectivement à la recharge du complexe minier :
 - ♦ De nombreux exutoires continuent à fonctionner indépendamment par défaut d'interconnexion comme l'illustre le fonctionnement distinct de la source de Figuière ;
 - ♦ Les influences pouvant être faibles les écoulements pourront ne pas être inversés au marges du système ;
 - ♦ L'alimentation effective du volume des travaux miniers ne couvrirait que 10 à 20% de la recharge totale de l'unité de Mazaugues.

Des données précédentes on peut cadrer les volumes annuels pompables :

- ♦ En limite basse 2 à 2,5 millions de m³
(validé par les pompages d'essais en période d'étiage avec une réalimentation correspondant à la moitié d'une recharge annuelle)
- ♦ En limite haute 4 millions de m³
(correspondant à une recharge annuelle)

L'exploitation de volumes supérieurs à 2,0 millions de m³ nécessitera un rabattement nettement supérieur à 50 m, il faudra rechercher des vides exploitables aux cotes proches des plus profonds, 250 m NGF.

En raison des relations médiocres entre les travaux miniers et l'ensemble du massif Crétacé et Jurassique, les influences éloignées resteront limitées. Notamment sur le secteur ouest et sur les captages AEP par forage, la faible connexion ne permettant pas ce transfert de pression sur ces distances (faible transmissivité en grand).

4.7 Qualité des eaux

4.7.1 Faciès généraux

La qualité des eaux du système aquifère du Nord de la Sainte-Baume est connue par les analyses réalisées sur les captages AEP : source des Lecques, forages de Rougiers et de la Foux de Nans. Sur la moyenne des dernières analyses ressources, les eaux sont de faciès bicarbonaté calcique et moyennement sulfaté (15 à 30 mg/l).

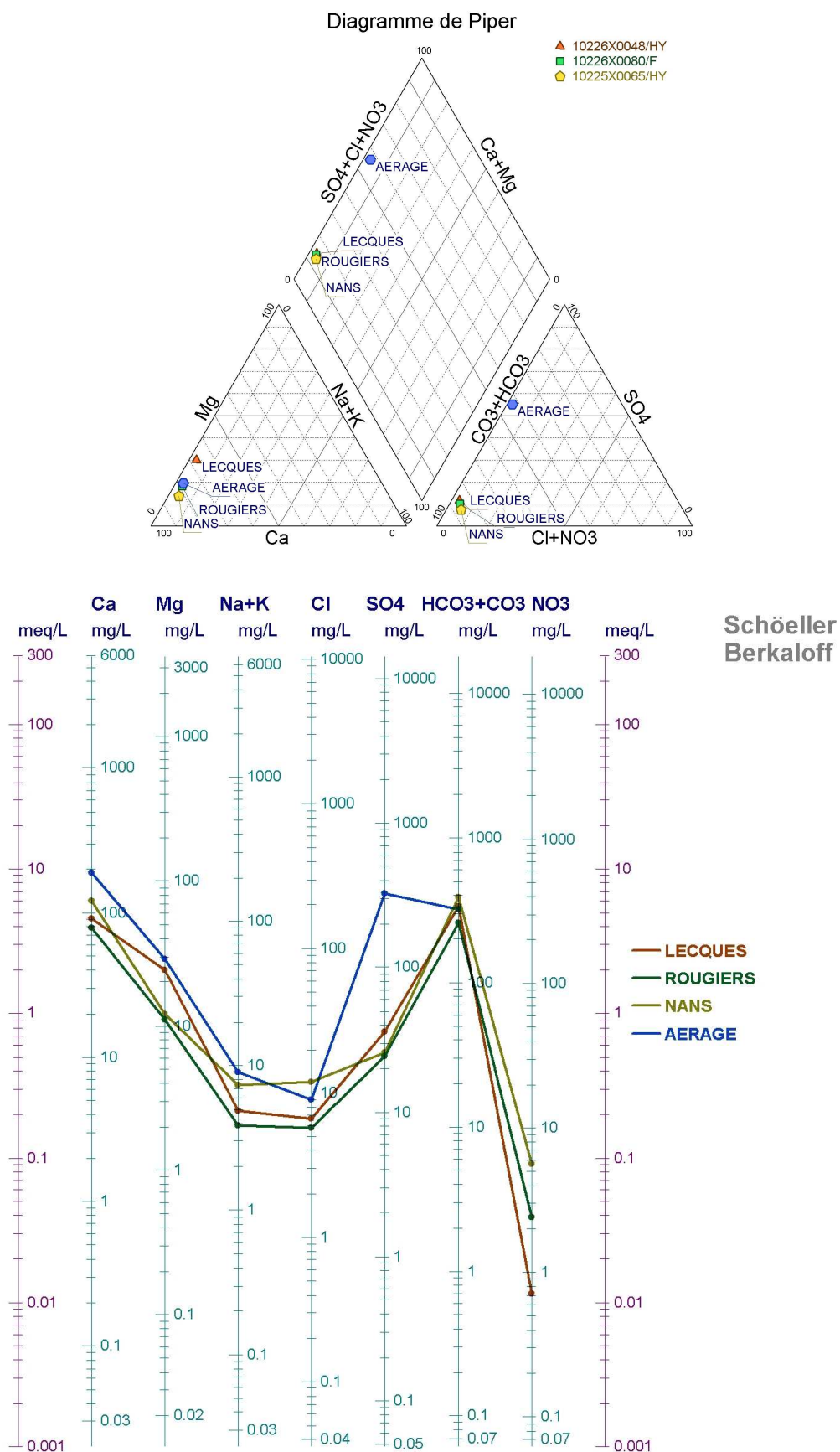
	Conductivité 25°C	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	HCO3 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l	No3 mg/l
Sources des LECQUES 10226X0048/HY	591.3	90.6	24.4	4.3	0.6	336.3	36.0	6.7	0.7
Forages de ROUGIERS 10226X0080/F	458.3	78.3	11.0	3.2	0.6	259.3	24.3	5.7	2.4
FOUX de NANS 10225X0065/HY	679.3	120.0	12.0	6.4	0.9	388.2	25.8	11.9	5.6

Ces eaux appartiennent à la même famille.

Par contre les eaux pompées dans le puits d'aération s'avèrent marquées par une forte teneur en sulfates :

	Conductivité 25°C	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	HCO3 mg/l	SO4 mg/l	Cl mg/l	No3 mg/l
Puits d'aération de MAZAUGUES	1 031	190.6	28.9	7.4	1.6	322.0	324	9	0

Le faciès reste bicarbonaté-calcique et sulfaté très minéralisé. Les eaux restent de la même famille que celle des ressources AEP locales.



4.7.2 Evolution de la qualité au puits d'aérage

La qualité des eaux évolue en cours de pompage.

Le suivi des essais de 2006 et 2007 donne des résultats similaires (Cf. Figure 3) :

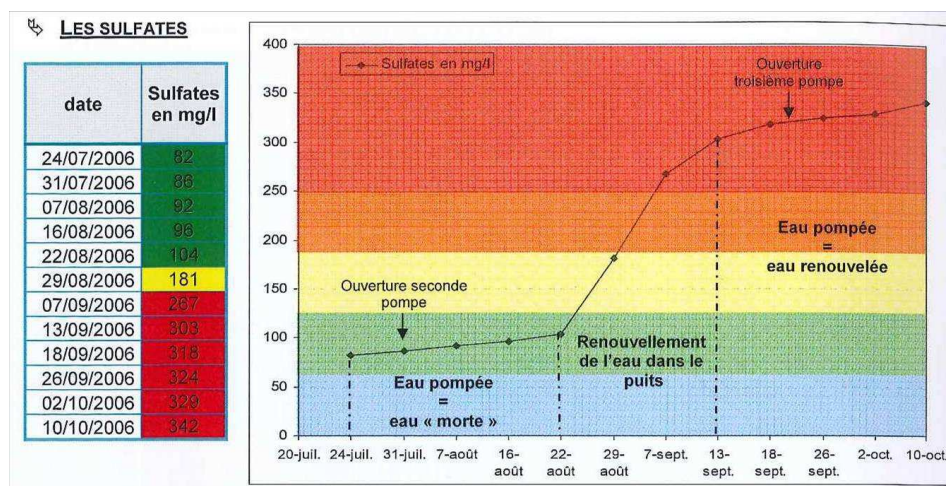


Figure 3 : Evolution des concentrations en sulfates lors des pompages de 2006 – MRE

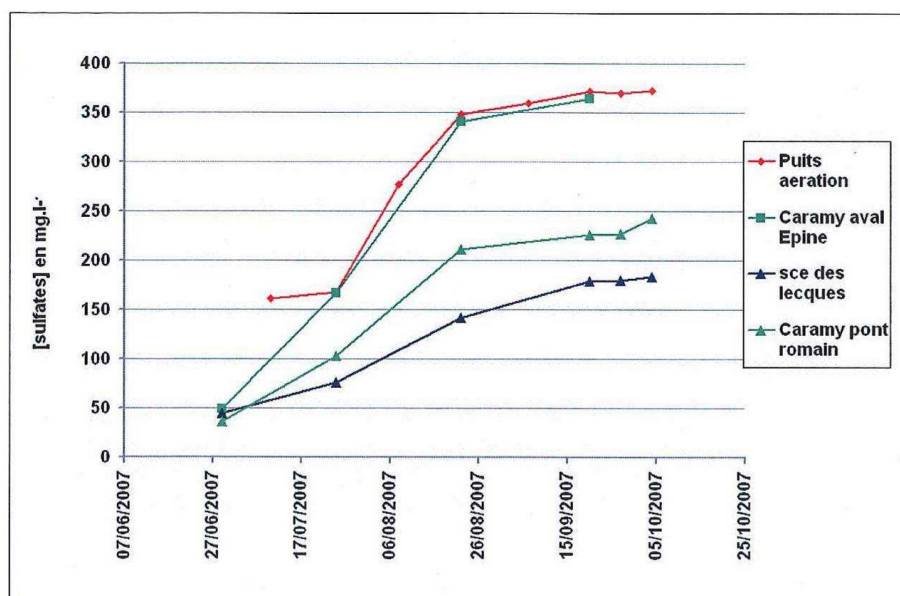


Figure 4 : Evolution des concentrations en sulfates lors des pompages de 2007 – MRE, Hydrofis

Dans les deux cas les concentrations dépassent la référence de qualité de 250 mg/l donnée par la législation.

On observe dans les deux cas une évolution similaire en pompage :

- ✓ Une concentration au démarrage relativement basse, <100 mg/l en 2006 et $\approx$ <150 mg/l en 2007 ;
- ✓ Une concentration croissante en fonction du temps de pompage atteignant 340 mg/l en 2006 et dépassant 350 mg/l en 2007 ;
- ✓ En 2006 les augmentations de débit n'ont pas de répercussion directe sur les variations de concentration : le passage à 550 m³/h n'a pas d'effet visible.
La forte montée du palier à 100 mg/l à la valeur à plus de 300 mg/l s'effectue elle à débit constant, l'ouverture de la troisième pompe ne modifie pas la pente du palier à 340 mg/l.

Il semble donc que les concentrations résultent plus de la sollicitation de masses d'eau plus chargées plutôt que d'une mise en solution imputable au pompage.

Ces sulfates proviennent d'une couche de pyrite carbonneuse d'environ 50 cm d'épaisseur située au dessus de la bauxite. La pyrite est une forme de soufre réduite qui s'oxyde en sulfates au contact de l'eau riche en oxygène.

Lors de l'exploitation minière les pompages d'exhaure de la mine de Mazaugues aval présentaient des teneurs comprises entre 600 et 1 000 mg/l pour des débits allant de 1 000 à 2 000 m³/h. Lors des travaux miniers le remaniement de déblais pouvait favoriser la mise en solution des sulfates à des concentrations aussi importantes, supérieures à celles rencontrées lors des pompages 2006 et 2007.

Il est ainsi attendu, en cas d'exploitation courante des ressources des travaux miniers, des concentrations initiales significatives en sulfates de l'ordre de 350 mg/l, ainsi que cela a été mis en évidence lors des essais réalisés.

Il est également envisageable d'attendre une diminution progressive des teneurs au fur et à mesure des cycles de pompage et de la passivation par oxydation de surfaces des pyrites au contact avec l'eau. La durée de cette passivation peut s'exprimer en années si l'on table sur 6 à 8 cycles.

Il est également possible que le maintien d'un niveau bas sans variation importante des niveaux permette un abaissement et une stabilisation plus rapide des teneurs.

Seule l'expérience permettra de confirmer la cinétique réelle des relations.

Lors du pompage de 2006, une analyse d'eau a détecté la présence de coliformes dans les eaux du puits d'aérage (2 UFC/100 ml). Ces bactéries, issues d'une contamination fécale provenaient vraisemblablement de la STEP de Mazaugues, qui fonctionnait mal et qui a fait l'objet d'une réfection. Ces bactéries sont l'indice de transferts relativement rapides entre le Caramy et les vides miniers.

5

Vulnérabilité de l'aquifère

5.1 Vulnérabilité intrinsèque

5.1.1 Mécanismes

Les traçages ont montré que les eaux d'infiltration étaient pour l'essentiel restituées de manière claire et avec des vitesses rapides par la source de la Figuière et par une moindre mesure par Lieutaud et les Lecques. Une arrivée probable à l'état de traces a été constatée sur la source de Maison Blanche.

L'absence de sulfates à la source de la Figuière lors des pompages d'essai indique que contrairement à la source des Lecques, elle ne bénéficie pas de l'apport de pertes du Caramy en aval du rejet du vallon de l'Epine.

La source des Lecques contient près de 50 % d'eau recyclée du Caramy quand celui-ci est en eau.

Les teneurs élevées en sulfates des eaux pompées dans les travaux miniers non retrouvées au repos dans les sources proches montrent que ces volumes sont peu renouvelés par les écoulements naturels.

Les eaux infiltrées dans le Coniacien lors des traçages qui aboutissent à la Figuière ne transitent pas par les travaux miniers (ce qui explique les grandes vitesses observées). L'eau des travaux miniers est ainsi au repos bien protégée car peu renouvelée par la surface.

Par contre en pompage d'exploitation futur, les eaux épuisées créeront un cône d'appel qui sollicitera des étendues nettement plus importantes. En particulier, les affleurements jurassiques proches seront probablement mis à contribution. En période de montée des eaux et de recharge des volumes vidangés cette contribution est certaine.

La zone participant à la recharge des travaux miniers est non connue. On citera parmi les voies d'alimentation possibles :

- Les zones d'affleurement du Coniacien notamment quand elles sont foudroyées ;
- Les mines interconnectées ;
- Les terrains du Jurassique dans les zones plus ouvertes karstifiées ou fracturées ;
- Le lit du Caramy vers le vallon de l'Epine, infiltration avérée.

Dans la zone on rajoutera également toutes les parties imperméables topographiquement supérieures susceptibles de ruisseler vers les zones perméables en grand.

Ces secteurs sont vulnérables à plusieurs titres. Tout d'abord leur contribution en termes de volumes est significative, ils représentent en effet plus de 15 % de l'alimentation totale du massif (Cf bilan hydrologique). Par ailleurs, dans ces secteurs les écoulements, superficiels, sont très rapides, et se concentrent dans les talwegs et les ruisseaux. Cet **effet concentrateur** peut être critique en cas de pollution.

5.1.2 Méthode EPIK adaptée

Hydrofis a mis en œuvre une adaptation de la méthode EPIK développée par les agences gouvernementales suisses pour caractériser la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère.

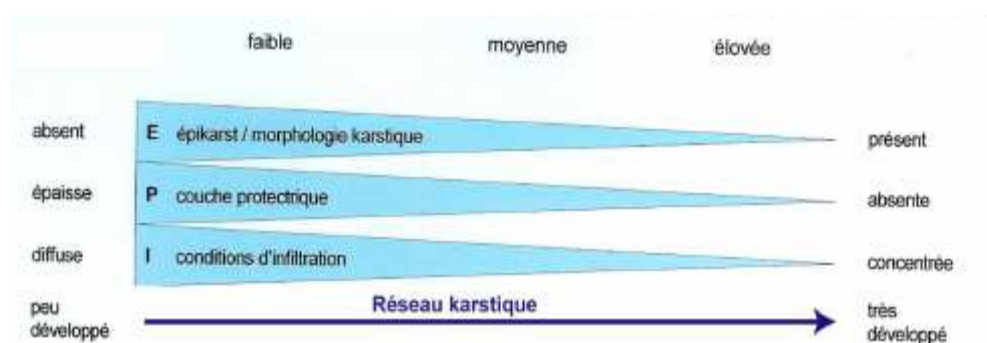


Figure 5 : Méthode EPIK, influence respective des paramètres sur le développement du réseau karstique, Hydrofis 2008

La vulnérabilité intrinsèque désigne la sensibilité des eaux souterraines à une pollution en fonction des caractéristiques du milieu naturel. Dans cette approche, on suppose que la vulnérabilité d'une ressource en eau dépend de facteurs purement physiques (type d'aquifère, épaisseur de zone non saturée, présence de niveaux argileux...) nonobstant les caractéristiques de la pollution.

Pour tenir compte du contexte particulier de l'unité de Mazaugues (travaux miniers, etc.), la méthode mise en œuvre par Hydrofis est la suivante :

- 4 critères ont été pris en compte :
 - Épaisseur des sols, basée selon des critères liés au substratum géologique, à l'occupation des sols et aux pentes ;
 - Développement de la Zone d'Infiltration Karstique (ZIK). 3 secteurs ont été définis sur la base des caractéristiques géologiques des terrains en présence ;
 - Impact des travaux miniers à partir des plans des mines ;
 - Zones de pertes, déterminées à partir des caractéristiques géologiques et du défilage des zones.
- Ces critères ont été affectés d'une note entre 0 et 20 (Cf. tableau ci-dessous).

	Notes relatives aux indices d'infiltration			
<i>Degré d'appréciation :</i>	<i>Faible</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Fort</i>	<i>Extrême</i>
Épaisseur des sols	3	6	10	10
Développement de la ZIK	2	5	15	20
Impact des travaux miniers	3	5	10	10
Zones de pertes	0	0	10	10

La somme de ces indices donne un indice compris entre 5 et 50, qui permet de qualifier le taux d'infiltration au sein de la zone non saturée :

Facteur	Qualification	Code couleur
0-10	<i>Infiltration faible à inexistante</i>	
11-20	<i>Taux d'infiltration ++</i>	
21-30	<i>Taux d'infiltration +++</i>	
31-40	<i>Taux d'infiltration ++++</i>	
41-50	<i>Taux d'infiltration +++++</i>	

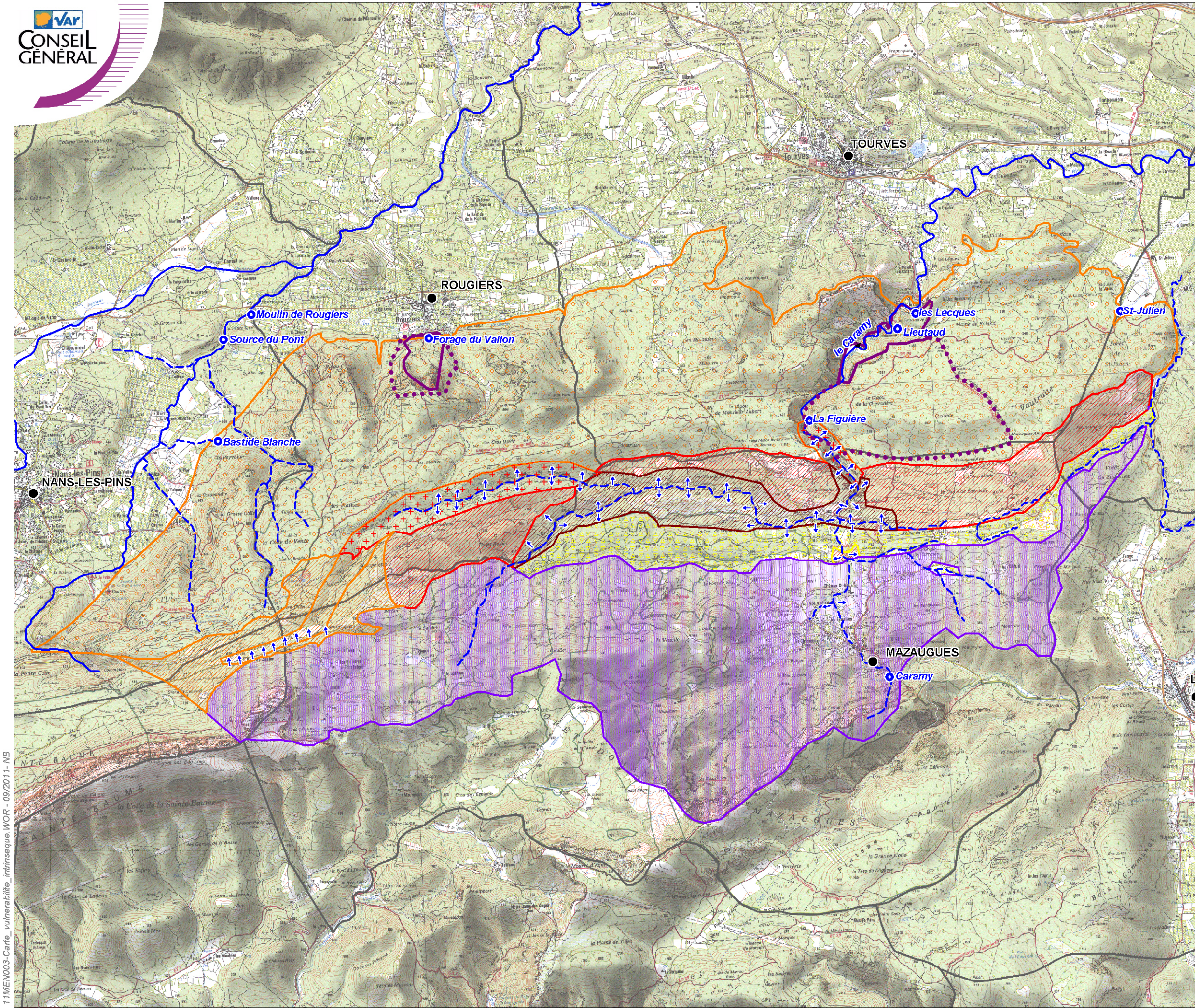
L'analyse d'Hydrofis a été reprise sur le périmètre tel que défini à la suite des traçages (Cf. Paragraphe 4.3).

A noter que cette analyse n'est valable que pour les transferts souterrains. Une zone de contribution a été définie en amont de l'impluvium de l'aquifère. Cette zone alimente l'aquifère indirectement, par drainance, et par ruissellement puis infiltration lorsque les eaux atteignent les zones perméables.

La vulnérabilité induite par la drainance est prépondérante par rapport au ruissellement sur les zones défilées. Ces secteurs ont été intégrés dans l'analyse de la vulnérabilité intrinsèque.

A l'amont le phénomène de drainance est moins prégnant, du à la capacité d'infiltration moindre dans les séries du Santonien non atteintes par les travaux miniers.

Dans ces secteurs, l'analyse présentée ci-dessus n'a pas été conduite, puisqu'elle ne s'applique pas aux transferts superficiels. Néanmoins la vulnérabilité de ces zones est importante (Cf. Paragraphe 5.1.1), ce qui a conduit à la création d'une classe spécifique traduisant la vulnérabilité au ruissellement (transferts rapides et concentrés).



SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ACTUELLES

VULNÉRABILITÉ INTRINSÈQUE DE L'UNITÉ DE MAZAUGUES

Légende

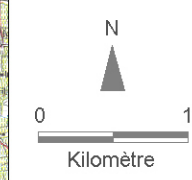
- Sources
- ▭ Périmètre de protection rapprochée
- ▭ Périmètre de protection éloignée
- Cours d'eau permanent
- - - Cours d'eau temporaire
- ↕ Pertes karstiques

VULNERABILITE

- ▭ Secteur vulnérable au ruissellement

Secteur vulnérable à l'infiltration

- ▭ Taux d'infiltration +++++
- ▭ Taux d'infiltration ++++
- ▭ Taux d'infiltration +++
- ▭ Taux d'infiltration ++
- ▭ Transfert à la nappe différé ; écoulement lent en zone noyée
- ▭ Transfert à la nappe lent ; écoulement rapide et concentré en zone noyée
- ▭ Transfert à la nappe rapide ; dispersivité forte et écoulement divergent en zone noyée
- ▭ Transfert à la nappe rapide ; écoulement rapide et concentré en zone noyée



Sources : IGN scan 25, HYDROFIS 2008

5.2 Occupation du sol et sources de pollution

La vulnérabilité réelle de la nappe dépend des mécanismes d'alimentation, de la protection des zones d'alimentation et de l'occupation du sol.

Hydrofis en 2008 a fait un recensement des sources de pollution potentielles sur l'unité de Mazaugues.

Ces sources de pollution ont été examinées et mises à jour en 2011.

En 2011 aucun projet n'est recensé dans l'emprise de la zone stratégique sur les communes de Tourves, Nans les Pins, Rougiers et Plan d'Aups.

Les projets et les activités existantes sont concentrés sur la commune de Mazaugues.

En 2011 on recense :

Installations existantes :	Risque :
Site Titanite	Site industriel connu actuellement géré et surveillé. Risque actuel faible (pas d'impact) Risque futur de non-maîtrise des activités de remplacement après cessation d'activité et de reprise des emprises par d'autres industriels
Exploitation SOMECA	Exploite les stériles déposés lors de l'exploitation minière Impact potentiel par les matières en suspension et les charges associées
Élevage de chèvres 50 bêtes environ	Risque faible en regard de la faible importance du troupeau
Casse automobile	Installation récente Risque faible si les mesures de confinement sont respectées
Station d'épuration	Rejet dans le Caramy : risque indirect de transfert lié à la réinfiltration des eaux du milieu récepteur en aval
Stand de tir (identifié comme ball-trap dans l'étude de 2008)	Risque faible associé au trafic routier Risque lié aux métaux des munitions très réduit en raison du confinement aux zones de tir
Projet de carrière	Projet sur la zone à infiltration directe : risque fort lié notamment aux engins et au lessivage en période pluvieuse

Installation projetées :	Risque :
Extension de la zone d'activité de la commune vers l'ouest dont l'implantation d'une savonnerie biologique	Risque liés à la gestion des produits et effluents Risque en cas de ruissellement
Un projet d'élevage d'esturgeons	Projet non détaillé Les besoins en eau et la gestion des rejets ne sont pas connus à ce jour. Leur impact fera l'objet d'une étude approfondie dans le cadre des procédures d'autorisation
Projet de ferme photovoltaïque d'une surface de 9 ha	Risques faibles liés essentiellement aux terrassements et aux ruissellements induits Risques potentiels en cas d'incendie

L'ensemble de ces éléments est localisé sur la Figure 7 et sur le SIG.

Depuis 2008 une installation existante et un projet ont été abandonnés :

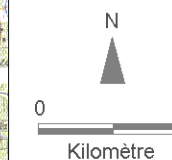
Récupération de métaux	Fermé en juin 2011
Projet de centre de stockage de déchets	Projet abandonné depuis le recensement de 2008

SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ACTUELLES

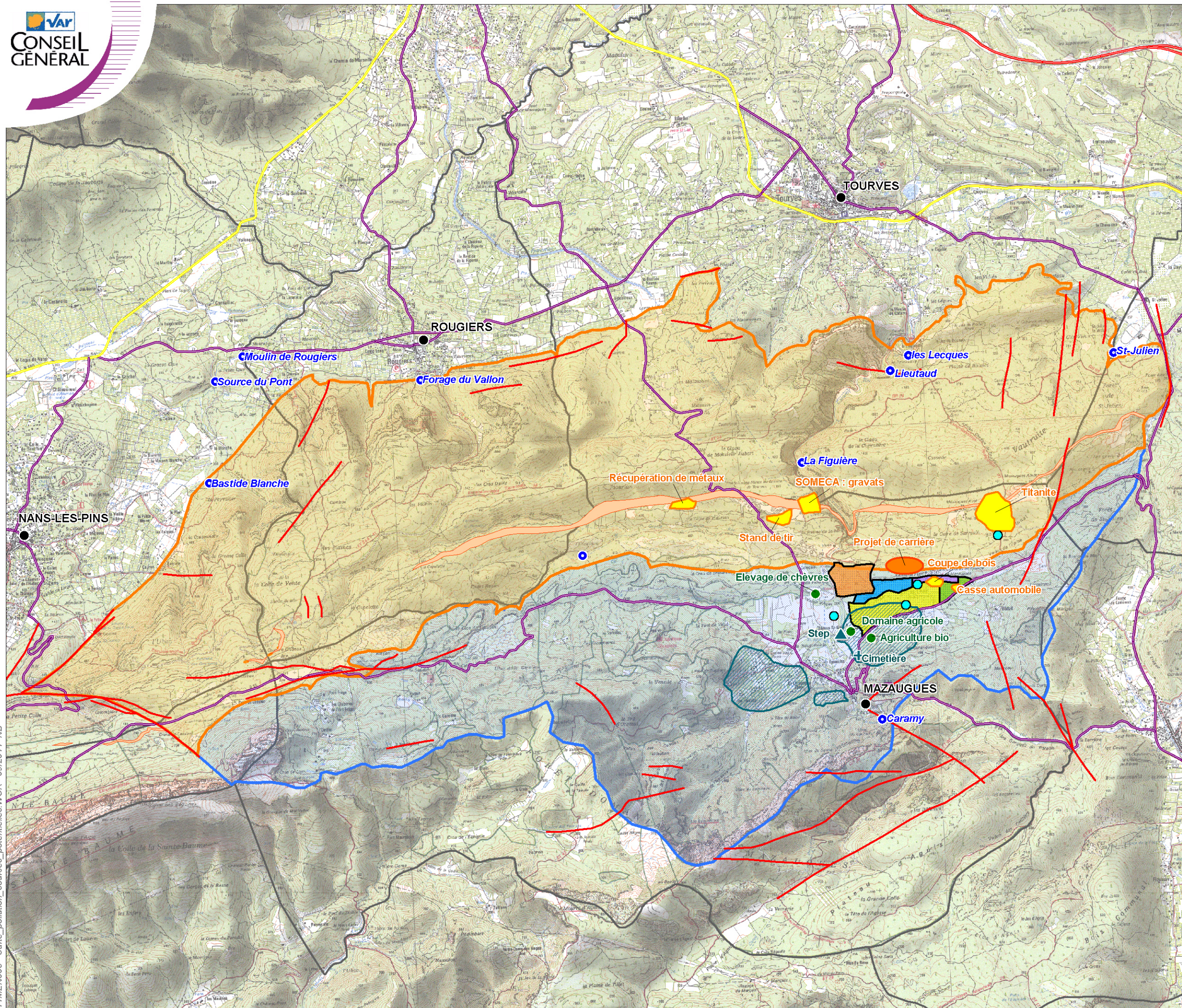
SOURCES DE POLLUTION POTENTIELLES

Légende

-  Impluvium
-  Participation par ruissellement et drainage
-  Failles
-  Activité industrielle en projet
-  Activité industrielle en place
-  ZAE de Mazaugues en projet
-  Projet parc photovoltaïque
-  Réserve paysagère
-  Zone agricole
-  Zone économique
-  Zone économique liée à l'eau
-  Zone en assainissement autonome
-  Héritage minier
-  Routes départementales
-  Routes nationales
-  Autoroutes
-  Forage d'eau privé
-  Activité agricole en place



Sources : IGN scan 25, HYDROFIS 2008, communes.

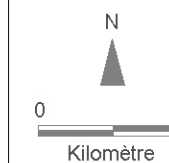


SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ACTUELLES

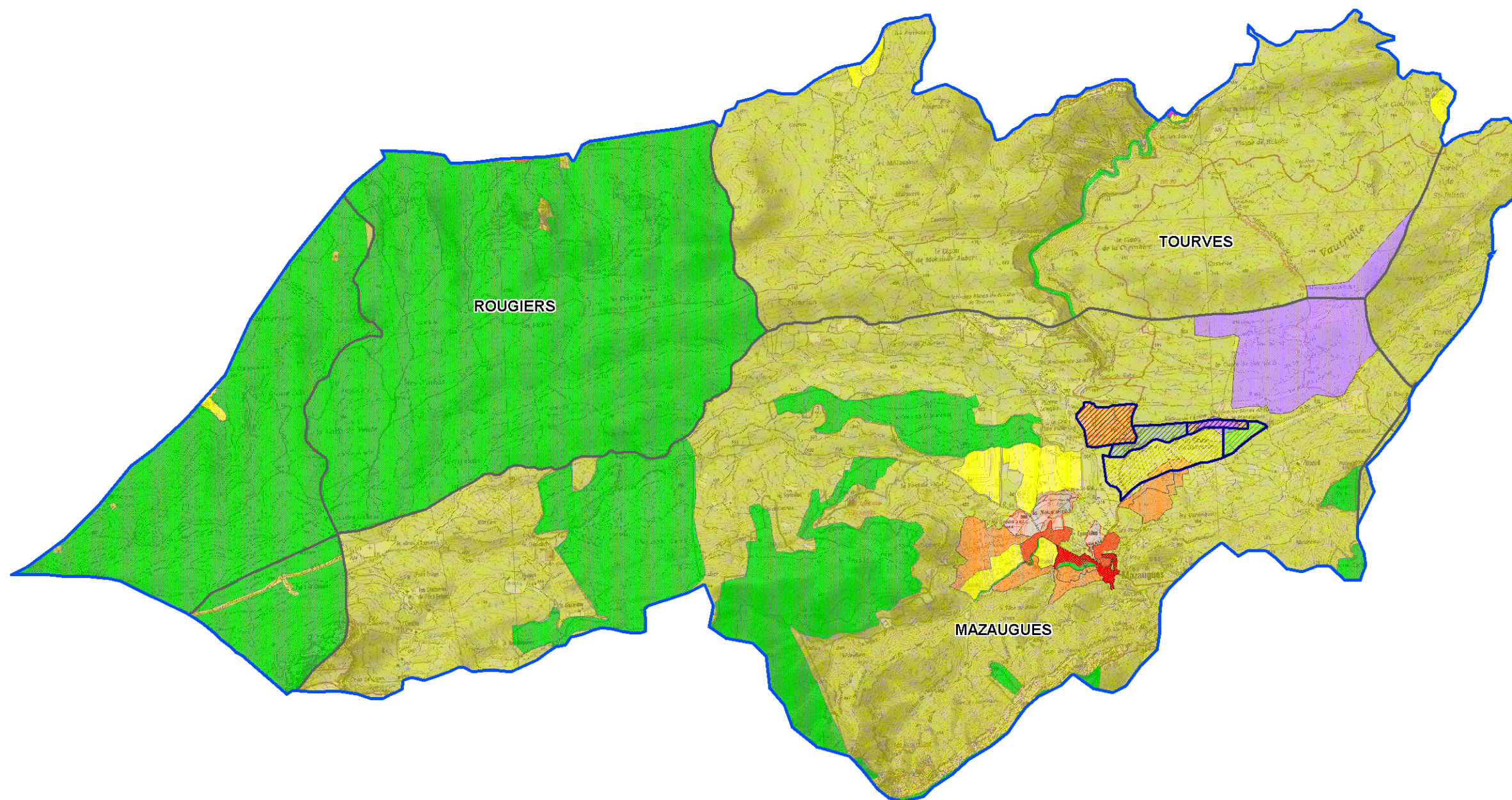
OCCUPATION DES SOLS SUR LE BASSIN VERSANT

Légende

- Bassin versant
- Occupation des sols**
 - Espace Boisé Classé
 - Zone naturelle à valeur agricole
 - Zone naturelle inconstructible
 - Zone d'habitat individuel
 - Zone d'habitat individuel et collectif
 - Zone urbaine constituant le centre de l'agglomération
 - Zone destinée à l'urbanisation touristique et de loisirs
 - Zone non équipée destinée à l'habitat
 - Zone réservée aux activités commerciales et industrielles
- ZAE de Mazaugues en projet
 - Projet parc photovoltaïque
 - Réserve paysagère
 - Zone agricole
 - Zone économique
 - Zone économique liée à l'eau



Sources : IGN scan 25, POS du Var



6

Modalités d'exploitation

6.1 Conditions d'exploitation envisagés

Les modalités d'exploitation, en termes de débit et de période, s'apprécient en fonction de nombreux paramètres. Deux conditions principales guident ici le choix des conditions d'exploitation :

- ✓ Le respect de la recharge annuelle guidant la définition des volumes encadrés §4.6.4. ;
- ✓ La seconde limite à l'exploitation est celle du respect d'impacts acceptables pour le milieu et les autres usages.
A ce titre les conditions d'exploitation devront respecter le bon état du milieu superficiel du Caramy, les conditions de remplissage de la retenue de Carcès et le maintien des conditions d'exploitation des captages AEP du bassin versant.

6.1.1 Ressource prise en compte - Recharge

La réserve exploitable est encadrée §4.6.4. entre 2 et 4 millions de mètres cubes. Elle correspond en première approche principalement à la réserve disponible dans les vides miniers.

La capacité de stockage constitue un tampon important permettant de répartir librement le volume de prélèvement sur la période annuelle à la restriction du respect des conditions de milieu pour le Caramy et des conditions d'alimentation estivale du lac de Carcès.

Le régime d'exploitation pourra également tenir compte des contraintes de qualité, sulfates notamment, qui en découleront.

En première approche on retiendra la gamme de débit de fonctionnement suivante :

- ♦ Débit moyen annuel de 456 m³/h pour 4 millions de m³ annuels ;
- ♦ Pointes possibles jusqu'à 1 000 m³/h.

La ressource annuelle **infiltrée** globale évaluée au paragraphe 4.5 s'élève à 20 500 000 m³/an.

Le prélèvement représente :

Ressource annuelle infiltrée globale :	
20 512 000 m³/an	

Hypothèse de prélèvement moyen continu		Part de la ressource globale
456 m³/h	127 l/s	
4 000 000 m³/an		
		20%

A l'échelle de l'unité hydrogéologique les volumes de prélèvement constituent un pourcentage important de l'alimentation (20 % de la ressource globale).

Ce bilan fait l'hypothèse que l'ensemble du bassin participe à l'alimentation de la zone des travaux miniers. Cependant il est avéré qu'une part importante de cette ressource s'évacue par des sources dont le débit semble peu affecté par les pompages dans le secteur de Mazaugues (Figuière notamment).

Ainsi une part significative de l'unité de Mazaugues ne participe vraisemblablement pas à l'alimentation des vides miniers, ce qui réduit le bassin versant réel participant et la recharge annuelle infiltrée, et tend à augmenter la part du prélèvement par rapport à la ressource.

Ainsi, le pompage est probablement vulnérable aux variations de recharge annuelle : les volumes disponibles sont susceptibles d'être réduits en cas de déficit hydrique.

La recharge potentielle se répartira sur les périodes automnale (octobre-novembre) et printanière (mars-mai).

6.1.2 Critères d'implantation d'ouvrages de prélèvements

Pour optimiser les chances de réussite d'obtenir des débits totaux élevés, de 500 à 1 000 m³/h, il faudra soit exploiter un volume bien développé : les mines, soit rechercher des ressources dans des karsts profonds et bien développés du Jurassique ou du Coniacien.

Ressource des calcaires du Jurassique :

L'avantage de rechercher une ressource dans les calcaires hors emprise des travaux miniers est de s'affranchir des relations minières dans le but d'obtenir une meilleure qualité, notamment moins de sulfates.

Le domaine jurassique est caractérisé par des transmissivités en grand réduites conduisant à de faibles probabilités d'atteindre des débits élevés en dehors de zones à la karstification importante.

La possibilité d'exploiter le Coniacien dans sa partie noyée reste une possibilité. Néanmoins comme sa productivité restera liée à une bonne interconnexion générale les teneurs en sulfates risquent de rester élevées.

Aucun indice permettant de localiser un développement de karstification profonde n'est disponible. La recherche dans le Jurassique et le Coniacien profond reste très aléatoire et nécessite très probablement de nombreux ouvrages de reconnaissance à débits réduits.

Ressource des travaux miniers :

Les travaux miniers constituent une forte réserve permettant l'exhaure de forts débits et la modulation par des prélèvements ponctuels.

La recherche dans les mines offre l'avantage de disposer d'objectifs bien identifiés et bien localisés en termes de position et de cotes.

Il est à attendre la présence de sulfates durant des périodes assez longues avant stabilisation à des valeurs plus basses que les 350 mg/l actuels.

6.1.3 Implantation des ouvrages

On envisage en première approche la réalisation du projet dans la partie orientale de l'unité du nord de la Sainte Baume. En fonction des critères géologiques cette zone peut se décomposer en trois secteurs type :

- ✓ Secteur n°1 : Objectif aquifère du Jurassique dans la partie nord du bassin versant :
 - ◆ Inconvénient d'une faible épaisseur potentielle de calcaires du Jurassique supérieur (proximité du Bajocien-Bathonien marneux) ;
 - ◆ Avantage d'un niveau statique proche de la surface du sol ;
 - ◆ Inconvénient de l'absence d'indices karstiques profonds permettant d'orienter les recherches ;
- ✓ Secteur n°2 : Emprise des travaux miniers sous couverture de calcaires du Crétacé fissuré karstifié et de marnes :
 - ◆ Avantage d'une ressource et d'une réserve en eau avérée ;
 - ◆ Avantage d'une localisation bien connue en XYZ des vides miniers ;
 - ◆ Inconvénient d'une qualité dégradée par la présence de SO₄ en fortes concentrations ;
 - ◆ Inconvénient de travaux pouvant être difficiles en termes de foration et de tenue dans des terrains déstructurés par les travaux et les dépilages ;
- ✓ Secteur n°3 : Aquifère du Jurassique supérieur : il s'agit des secteurs où il sera possible de recouper la quasi totalité du Jurassique sous couverture du Coniacien (ou en limite) :
 - ◆ Risque de ne trouver qu'une karstification colmatée, ou risque d'absence de karstification profonde du Jurassique ;
 - ◆ Risque d'influence sulfatée si les milieux s'avèrent très ouverts et très productifs ;
- ✓ Secteur n°4 : Aquifère du Coniacien profond noyé sans atteindre les vides miniers :
 - ◆ Avantage de s'affranchir partiellement des risques techniques des travaux dans des secteurs déstabilisés ;
 - ◆ Avantage : moins de modification du milieu pyriteux et moins de risque de mise en solution de sulfates ;
 - ◆ Inconvénient d'une karstification potentiellement moins importante que pour le Coniacien affleurant ;
 - ◆ Risque résiduel d'influence sulfatée pour des milieux souhaités très ouverts.

En conclusion :

Le Secteur 1 est à éviter pour ses faibles perspectives de débit et ses rabattements potentiels plus réduits ;

Le Secteur 2 présente des potentialités avérées et reste la seule garantie de débit, au prix de teneurs en sulfates élevées et de travaux potentiellement difficiles.

Le Secteur 3 plus favorable présente des risques en termes de débit et de caractère sulfaté.

Le Secteur 4 présente des potentialités plus importantes que dans le Jurassique supérieur et des travaux moins difficiles que directement dans les secteurs miniers, Les teneurs en sulfates peuvent rester élevées mais les lessivages directs seront plus réduits.

Nota : Les secteurs à l'ouest de la zone 3 présenteront de très fortes épaisseurs de terrain non saturé (200 à 300 m) qui rendront difficile l'exploitation de forages.

Sur le secteur 2, la société GEEM avait proposé deux sites d'implantation potentiels à la suite de l'essai de pompage de 2006. Ces sites sont repris sur la figure suivante.

Ces sites ont été proposés de manière à profiter de la configuration des réseaux miniers la plus favorable pour un pompage, et notamment la profondeur des réseaux miniers. L'exploitation de ces sites nécessiterait la réalisation d'ouvrages de plus de 200 m de profondeur pour recouper l'intégralité des vides miniers.

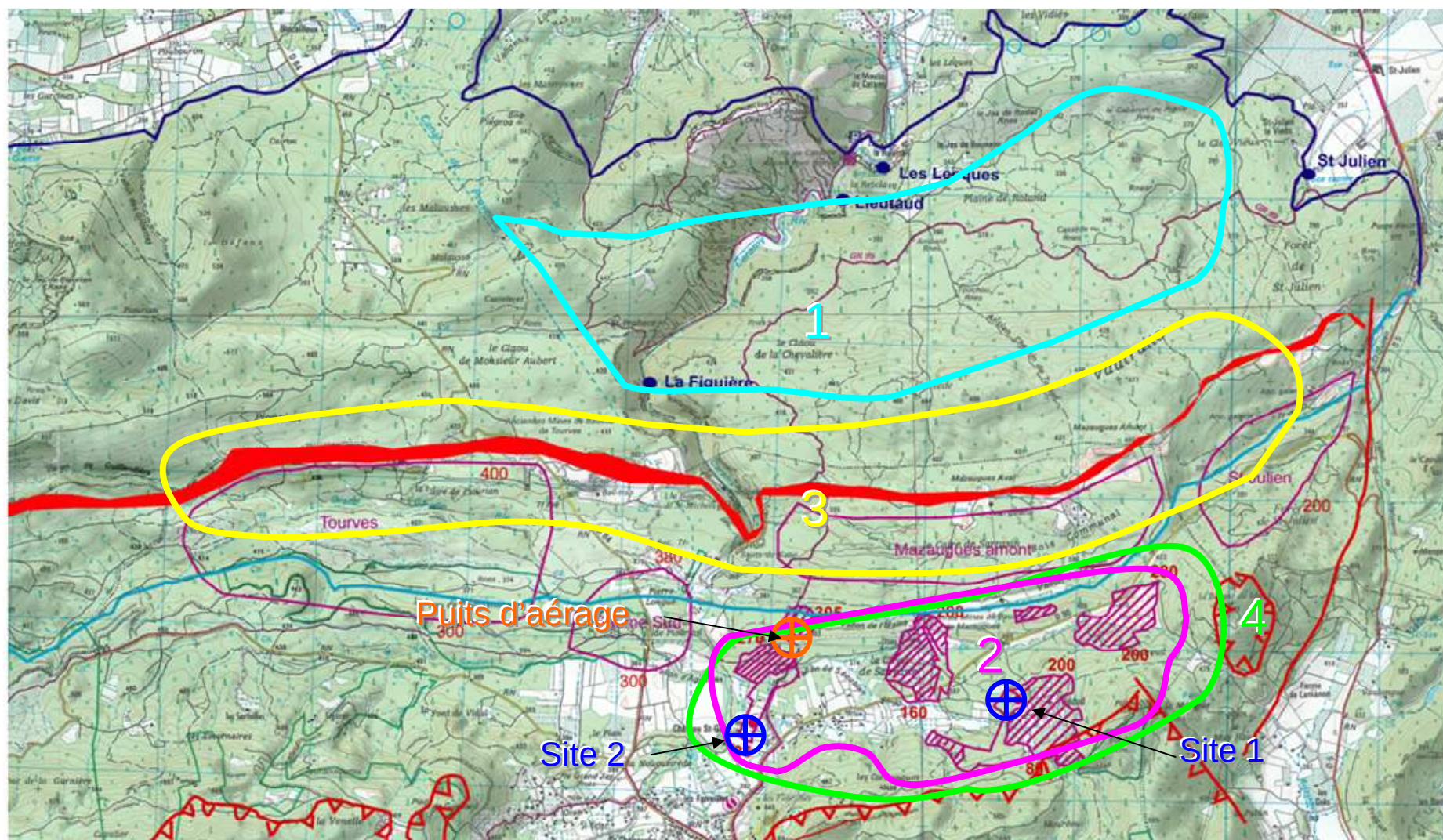


Figure 9 : Localisation des zones potentielles d'implantation

6.2 Impacts attendus

6.2.1 Zone d'influence

Aucune mesure directe n'est disponible pour quantifier les impacts.

La zone d'influence d'un pompage dans les travaux miniers n'est pas connue, les essais conduits sur le puits d'aérage n'ont pas permis de l'évaluer précisément.

Elle est évaluable à titre indicatif en faisant certaines hypothèses :

- La pente de descente (qualifiée de transmissivité) est utilisable sur le long terme et représente le comportement des terrains éloignés assimilé à homogène et isotrope à grande échelle : Transmissivité = 1.10^{-3} m/s ;
- La porosité proche est très élevée, la porosité éloignée est celle d'un massif karstique et sa représentativité réelle est valide à grande échelle. Porosité éloignée = 20 à 5% ;
- Diamètre cavité exploitée = 20 m
- Temps de pompage sans recharge = 180 jours

L'influence potentielle est donnée dans le tableau suivant :

	Hypothèse porosité 20%	Hypothèse porosité 10%	Hypothèse porosité 5%
Rabatement 500 m ³ /h	70 m	75 m	82 m
Rabatement 1 000 m ³ /h	140 m	150 m	160 m
Rayon pour une influence de 1 m sur la piézométrie	400 m	600 m	850 m

En réalité le milieu est non isotrope :

- Extension des zones perméables selon des axes préférentiels E-W parallèles à l’affleurement du Coniacien ;
- Extension vers le sud moins probable : non affleurant, colmatage par l’argile, compacité ;
- Extension vers le nord possible en fonction de la karstification/fracturation, elle est attendue plus réduite.

L’extension réelle pourrait être bien plus importante avec une influence kilométrique potentielle.

6.2.2 Alimentation du Caramy et du barrage de Carcès

L'aquifère est en étroite relation avec le Caramy. En effet, celui-ci contribue à son alimentation via des pertes le long de son tracé. Ces pertes sont mises en évidence par les mesures de débit effectuées par la Maison Régionale de l'Eau en 2006 (Cf. Figure 10).

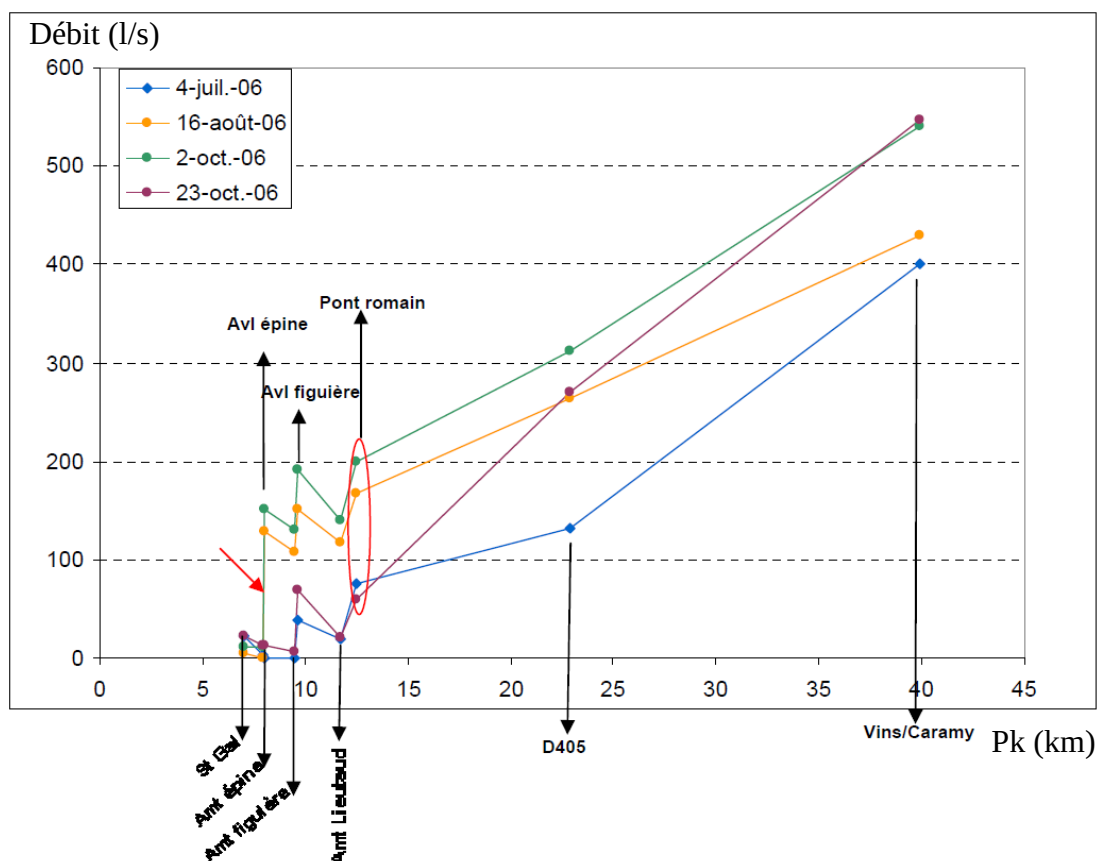


Figure 10 : Evolution des débits en fonction de leur distance à la source du Caramy en ayant enlevé le prélèvement du canal de Tourves – MRE 2006

Le Caramy en sortie de l'unité du nord de la Sainte-Baume est quant à lui alimenté par des sources qui émergent de l'aquifère, et notamment la source de Figuière.

A Vins sur Caramy seul 20% du débit provient des sorties visibles de l'unité du nord de la Sainte-Baume.

Le pompage dans l'aquifère pourrait avoir une incidence globale sur cette part d'alimentation du Caramy. En effet, le prélèvement en période de décharge de l'aquifère réduirait le débit du cours d'eau et pourrait avoir comme incidence :

- Un allongement de la période d'étiage du cours d'eau, par anticipation de l'étiage ou retard à la mise en eau ;
- Un écrêtement du débit du Caramy et de fait une réduction de l'alimentation en eau du barrage de Carcès.

La retenue de Carcès, une des ressources en eau potable de la ville de Toulon, est alimentée par le Caramy et l'Issole.

Le volume total de la retenue est de 7 850 000 m³, pour un volume utile de 6 000 000 m³.

La consommation de la ville de Toulon pour cet ouvrage est quant à elle de 17 000 000 m³/an. Ainsi la ville consomme dans l'année l'équivalent de 3 fois le volume de la retenue.

D'une manière générale, la retenue de Carcès connaît deux périodes de remplissage liées à la pluviométrie : l'automne et le printemps. Pendant l'été la consommation est la plus forte et supérieure à l'alimentation et le niveau baisse.

Le tableau suivant reprend les caractéristiques des deux cours d'eau qui alimentent le lac.

Tableau 1 : Caractéristiques du Caramy et de l'Issole

Caractéristiques	Caramy	Issole
Surface du BV (station) – km ²	215	223
Module (m ³ /s)	2.18	1.45
QMNA5 (l/s)	370	2
Débit spécifique moyen (l/s/km ²)	10.1	6.5

Le Caramy est une rivière plus importante que l'Issole. Elle représente environ 60 % du débit moyen entrant dans la retenue, et, à l'étiage, presque l'intégralité du débit d'alimentation.

Ainsi, indirectement, en cas d'impact du prélèvement dans l'aquifère sur le débit du Caramy par l'intermédiaire des exutoires de l'unité de Mazaugues, celui-ci pourrait être répercuté sur le lac de Carcès, en réduisant le débit entrant dans la retenue.

Cet impact pourrait être important pour la recharge en période d'étiage, où l'alimentation du barrage est réduite et où la consommation est la plus forte.

On rappellera que les précipitations sur l'unité de Mazaugues se répartissent comme suit :

- 30 % des précipitations sous forme de flux souterrain ;
- au moins 30 % des précipitations sous forme de ruissellement ;
- le reste des précipitations est évaporé.

De fait, la part d'alimentation du lac par les eaux souterraines de l'unité de Mazaugues est inférieure à l'apport par ruissellement.

Seule la période d'étiage est principalement alimentée par la restitution des nappes.

En l'état des connaissances actuelles l'impact du prélèvement sur le débit des sources et de fait sur le Caramy et le lac de Carcès n'est pas quantifiable. Les conditions de réalisation des essais de pompage n'ont pas pris en compte l'évaluation de l'incidence du prélèvement sur la ressource et les usages à l'aval.

7

Stratégie de protection

7.1 Protection de la ressource stratégique

Le constat effectué par Hydrofis est toujours valable :

- La vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère est élevée, et son bassin d'alimentation étendu ;
- L'aménagement actuel du territoire n'induit pas de pollution des eaux de la nappe : les eaux aux exutoires de la nappe sont de bonne qualité ;
- L'occupation du sol actuelle est relativement peu contraignante pour la qualité des eaux de l'aquifère. On ne recense pas d'activité susceptible d'occasionner une pollution forte et durable de l'aquifère.

Ainsi, l'aménagement actuel du territoire est compatible avec la protection de la ressource. Le risque réside dans l'occupation du sol future du bassin d'alimentation de l'aquifère.

La stratégie de protection de l'aquifère de Mazaugues en tant que ressource stratégique pour l'alimentation passe par une priorisation de l'usage AEP :

- par rapport aux autres usages de l'eau en ce qui concerne l'aspect quantitatif,
- par rapport aux usages du sol afin de prévenir la qualité de l'eau.

7.1.1 Propositions d'Hydrofis

Hydrofis proposait en 2008 :

- (1) la création d'une structure de gestion intercommunale pour assurer une politique de préservation des ressources à l'échelle adéquate ;
- (2) la révision des périmètres de protection existantes, tant en termes d'emprise des périmètres que de servitudes associées ;

- (3) la mise en place de périmètres pour la protection d'un futur puits d'exploitation, dont le projet est actuellement indéfini ;
- (4) la mise en place de procédures d'alertes à l'échelle intercommunale pour pallier d'éventuelles pollutions accidentelles.

CRÉATION D'UNE STRUCTURE DE GESTION INTERCOMMUNALE

Comme indiqué par Hydrofis, la création de cette structure est le point clef de toute stratégie de protection efficace et cohérente à l'échelle de l'aquifère.

Elle pourra conduire une gestion équilibrée et durable de la nappe et mener de façon légitime les actions nécessaires à la préservation des ressources souterraines locales.

RÉVISION ET MISE EN PLACE DE PÉRIMÈTRES DE PROTECTION

La protection de la ressource par l'intermédiaire de périmètres de protection est efficace à l'échelle des périmètres, puisqu'elle permet de fixer des servitudes et d'interdire certains types d'activités au sein du périmètre de protection immédiate et rapprochée.

Néanmoins à l'échelle d'un aquifère la notion de périmètre de protection n'est plus suffisante puisque afférente à un unique ouvrage ou champ captant.

De fait, si la révision des périmètres de protection, sur la base des dernières connaissances hydrogéologiques acquises apparaît nécessaire, elle ne sera pas suffisante pour assurer une protection durable de l'ensemble du secteur d'étude.

MISE EN PLACE DE PROCÉDURES D'ALERTE À L'ÉCHELLE INTERCOMMUNALE

La ressource de l'unité de Mazaugues est très vulnérable, comme l'a montré l'étude Hydrofis.

Cette vulnérabilité est inhérente à sa nature karstique, caractérisée par des temps de transit faibles avec des vitesses d'écoulement rapide.

Dans le cas d'une pollution accidentelle, les autorités sont généralement prévenues rapidement (accident de la route, incendie, fuite ou déversement de polluant...), et sont à même d'assurer l'information des populations et les procédures de contrôle des eaux distribuées.

Des procédures de contrôle ou d'alerte viendraient en doublon et n'apporteraient dans ce cas aucune plus-value pour la protection de la ressource.

7.1.2 Mise à jour de la stratégie de protection

Comme nous l'avons indiqué plus haut, la protection de la ressource en eau de Mazaugues nécessite de maîtriser l'occupation du sol.

A cet effet, l'objectif est de parvenir à inscrire la zone stratégique dans les documents d'urbanisme des communes concernées, avec des prescriptions en termes de protection des eaux souterraines.

Cette stratégie passe tout d'abord par une structure de gestion intercommunale (existante qui serait dotée des compétences nécessaires ou à créer). Cette entité est nécessaire pour à la fois identifier matériellement auprès des parties prenantes la zone stratégique, et pouvoir agir que ce soit en termes d'études à mener que d'avis et préconisations sur les projets qui pourraient voir le jour en tant qu'interlocuteur privilégié concernant les eaux souterraines.

Dès maintenant les prescriptions de protection devront être portées à la connaissance de l'ensemble des acteurs de la zone stratégiques afin qu'elles soient intégrées dans les projets et les documents de programmation.

Les périmètres de protection des captages sont quant à eux des outils efficaces pour la protection locale des ressources en eau. Néanmoins leur étendue est trop réduite pour permettre une protection à l'échelle de l'unité de Mazaugues.

Il sera néanmoins nécessaire de les réactualiser d'après les connaissances acquises lors des études menées récemment (Hydrofis et SAFEGE) afin de mieux protéger les captages et l'aquifère.

Un porter à connaissance auprès des communes devra être réalisé, matérialisant l'emprise de la zone et les enjeux qui y sont liés. Le porter à connaissance n'engendre aucune obligation de prise en compte des informations transmises. Néanmoins, il s'agit d'un outil pertinent pour la diffusion de l'information.

Il devra s'accompagner d'une forte sensibilisation et mobilisation des élus pour que l'enjeu soit reporté dans les documents d'urbanisme.

A noter qu'à l'heure actuelle la création d'un Parc Naturel Régional est en projet sur la Sainte Baume, et son territoire engloberait tout le massif.

La création de ce parc et les contraintes en termes d'urbanisme qu'il impose permettront de maîtriser l'occupation des sols sur le bassin d'alimentation de l'unité de Mazaugues. Néanmoins, pour qu'en cas de nécessité l'enjeu ressource en eau soit pris en compte par le Parc, il est nécessaire qu'il soit intégré aux objectifs du Parc.

8

Compléments de connaissance

Les études réalisées jusqu'à présent permettent d'avoir une bonne connaissance globale du fonctionnement hydrogéologique de l'unité de Mazaugues.

Néanmoins des zones d'ombre demeurent et ne permettent pas de qualifier précisément le fonctionnement de l'aquifère ni de quantifier l'impact d'un prélèvement futur sur la ressource.

Ainsi, afin de mieux connaître la ressource et quantifier à la fois son intérêt stratégique et l'incidence d'un prélèvement au régime d'exploitation envisagé, il conviendrait de mener les études suivantes :

- Inventaire des ouvrages existants ;
- Etablissement d'un bilan précis de l'aquifère, ce qui nécessite un inventaire et une instrumentation des exutoires pour au moins une année hydrologique, notamment :
 - Les sources des Lecques et Figuières ;
 - Les sources de la bordure ouest : Foux de Nans, Bastide Blanche, Source du Pont ;
 - Un suivi hydrométrique du Cauron ;
- Suivi piézométrique pluriannuel (au moins 3 ans) détaillé, avec au minimum :
 - Puits d'aérage ;
 - Forages de Rougiers ;
 - Forages de Titanite ;
 - Débit des sources de Lecques et Figuières, et mesure de la conductivité ;
- Mise en place d'un réseau de 5 piézomètres dans les travaux miniers, les travaux miniers éloignés et le jurassique, qui devra être suivi avec les autres ouvrages ;

- Reconnaissance profonde du Jurassique et suivi piézométrique associé ;
- Pompage avec suivi piézométrique et rejet à l'aval des zones de perte pour s'affranchir des réalimentations induites, et suivi des concentrations en sulfates sur les points de contrôle. Suivi de la remontée.
Ce pompage permettra d'évaluer l'impact réel du prélèvement, tant sur la ressource que sur le remplissage du lac de Carcès ;
- Reconnaissance profonde dans d'autres cavités que la mine de Mazaugues ;
- Log SO_4 au repos du puits d'aérage, pour identifier une éventuelle stratification de la colonne d'eau et ainsi mieux appréhender les mécanismes de mise en solution des sulfates.

Une partie de ces mesures pourrait être intégrée dans le contrat de rivière dans le cadre de projets complémentaires.

9

Conclusions

L'unité de Mazaugues est un aquifère complexe à plusieurs interfaces qui présente une ressource en eau importante en quantité et facilement mobilisable au niveau des vides miniers.

Hydrofis évalue ainsi des volumes exploitables compris entre 2,2 et 6 millions de mètres cubes. Ces volumes correspondraient à des débits d'exploitation de 500 m³/h en moyenne pouvant être portés à 1000 m³/h en pointe. Néanmoins, le renouvellement à l'échelle d'une année d'un tel prélèvement n'est pas certain au vu des résultats des pompages réalisés dans le passé : ainsi, la réserve réellement exploitable, limitée par la capacité de recharge annuelle des vides miniers, est encadrée entre 2 et 4 millions de m³.

L'impact du prélèvement est difficile à quantifier en l'état actuel des connaissances. En effet, les conditions de réalisation des pompages antérieurs ne permettent pas de quantifier l'impact réel d'un prélèvement sur la ressource, puisqu'influencés par l'alimentation induite par l'exhaure du pompage (rejet dans le Caramy, en amont des zones de perte).

On peut néanmoins supposer que le prélèvement dans la ressource pourrait allonger la période d'étiage du Caramy et écrêter son débit, avec une incidence sur le remplissage du lac de Carcès, et indirectement sur l'alimentation en eau potable de Toulon.

Par ailleurs les pompages réalisés en 2006 et 2007 ont mis en évidence une augmentation des concentrations en sulfates dans les eaux pompées, dépassant la référence de qualité de 250 mg/l.

Pour cette raison il sera nécessaire de recueillir l'avis de l'ARS quant à la possibilité d'une dérogation pour la distribution d'eau sulfatée.

Ainsi des études complémentaires devront être conduites afin de mieux connaître la ressource et quantifier l'incidence d'un prélèvement au régime d'exploitation envisagé, et connaître les mécanismes de mise en solution des sulfates.