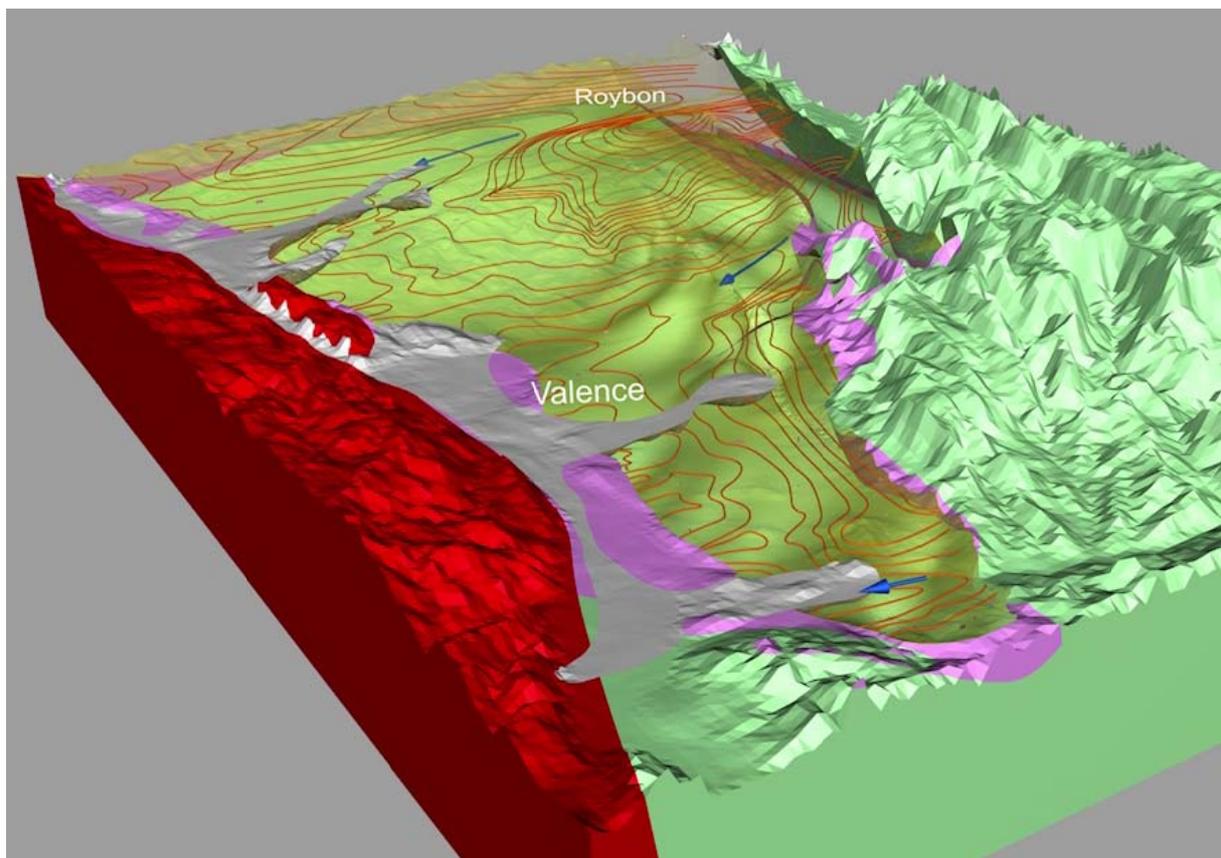


Etude de la nappe de la molasse du Bas-Dauphiné

Bilan des résultats et orientations de gestion

Décembre 2011



Tiffanie CAVE

Guy FAURE

SOMMAIRE

<u>I</u>	<u>CONTEXTE DE L'ETUDE</u>	5
I.1	INTRODUCTION	7
I.2	LES UTILISATEURS DE LA RESSOURCE	9
I.2.1	L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE	9
I.2.2	L'IRRIGATION	10
I.2.3	LES INDUSTRIELS	10
I.2.4	LES PARTICULIERS	10
I.2.5	CONCLUSION	10
I.3	CADRE GENERAL	12
I.4	BASE DE DONNEES FORAGES	13
I.5	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	15
I.5.1	CONTEXTE GEOLOGIQUE	15
I.5.2	CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	18
<u>II</u>	<u>LE FONCTIONNEMENT DE L'AQUIFERE</u>	21
II.1	GEOCHIMIE ET ISOTOPES	23
II.1.1	DONNEES CHIMIQUES ET ISOTOPIQUES : LES OUTILS DE LA COMPREHENSION	23
II.1.2	ECHANTILLONNAGE	24
II.1.3	REPARTITION DES ELEMENTS DANS L'AQUIFERE MOLASSIQUE	25
II.2	LE FONCTIONNEMENT DE L'AQUIFERE	28
II.2.1	LE MODELE CONCEPTUEL DE CIRCULATION DES EAUX	28
II.2.2	LES ZONES D'ALIMENTATION DE L'AQUIFERE	30
II.3	LES EXUTOIRES DE L'AQUIFERE	31
II.3.1	METHODOLOGIE	31
II.3.2	ETUDE DES BASSINS VERSANTS CIBLES	32
II.3.3	EXTENSION A L'ENSEMBLE DE LA ZONE D'ETUDE	40
II.3.4	BILAN GENERAL	44
II.4	CONCLUSIONS	46
<u>III</u>	<u>BILAN QUANTITATIF ET QUALITATIF DE L'AQUIFERE</u>	47
III.1	BILAN QUANTITATIF	49
III.1.1	EVOLUTION DES NIVEAUX D'EAU	49
III.1.2	IMPACT DES PRELEVEMENTS	50
III.2	BILAN QUALITATIF	54
III.2.1	DEFINITION DES CONCENTRATIONS NATURELLES	54
III.2.2	ETAT DE L'AQUIFERE MOLASSIQUE	58
III.2.3	EVOLUTION DES CONCENTRATIONS	60
III.3	CONCLUSION	66
<u>IV</u>	<u>LES ZONES D'INTERET DE L'AQUIFERE ET LEUR VULNERABILITE</u>	67
IV.1	INTRODUCTION	69
IV.2	PARAMETRES DE DETERMINATION DES ZONES D'INTERET DE L'AQUIFERE	71
IV.2.1	LES POTENTIALITES DE LA NAPPE	71
IV.2.2	LA QUALITE DE LA NAPPE	72
IV.2.3	CARTOGRAPHIE DES ZONES D'INTERET	73

IV.3	LES AIRES D'ALIMENTATION DES ZONES D'INTERET	75
IV.3.1	AIRE D'ALIMENTATION ZONES D'INTERET PRIORITAIRES	75
IV.3.2	AIRES D'ALIMENTATION DES ZONES D'INTERET SECONDAIRES	75
IV.3.3	CONCLUSION PARTIELLE	75
IV.4	LA VULNERABILITE DE LA NAPPE	77
IV.4.1	GEOLOGIE	77
IV.4.2	LES PRESSIONS ANTHROPIQUES	77
IV.4.3	CARTOGRAPHIE DE LA VULNERABILITE	78
IV.4.4	LA PIEZOMETRIE	78
IV.5	DEFINITION DES RISQUES POUR CHAQUE AIRE D'ALIMENTATION	80
IV.6	CONCLUSION	82
V	PROTECTION ET GESTION DE LA NAPPE	83
<hr/>		
V.1	INTRODUCTION	85
V.2	LES ZONES DE PROTECTION DE L'AQUIFERE	86
V.2.1	LES AIRES D'ALIMENTATION DES FLUX	86
V.2.2	LA PROTECTION EN FONCTION DU TYPE DE FLUX	86
V.2.3	SECTORISATION DE LA PROTECTION	88
V.3	LES ACTIONS A MENER	89
V.3.1	L'AGRICULTURE	89
V.3.2	LES FORAGES	89
V.3.3	LES PARTICULIERS ET LES COLLECTIVITES	92
V.3.4	LA MISE EN PLACE DE SUIVIS	92
V.3.5	LES ETUDES COMPLEMENTAIRES	93
V.3.6	LA MISE EN PLACE DU SAGE	96
VI	CONCLUSIONS GENERALES	99
<hr/>		
VI.1	POINT DE VUE HYDROGEOLOGIQUE : LE FONCTIONNEMENT DE LA NAPPE	101
VI.2	POINT DE VUE DE L'ETAT GENERAL DE LA NAPPE DE LA MOLASSE	104
VI.2.1	ETAT QUANTITATIF	104
VI.2.2	ETAT QUALITATIF	104
VI.3	L'AVENIR DE CETTE NAPPE : GESTION ET PROTECTION	106
BIBLIOGRAPHIE		109
<hr/>		
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX		113
<hr/>		
ANNEXES		117
<hr/>		

I Contexte de l'étude

Cette première partie a pour principal objectif de replacer l'étude dans son contexte global.

En premier lieu, nous nous intéresserons à son origine en abordant les raisons qui ont conduit à sa réalisation.

Puis, nous présenterons les principaux utilisateurs de la nappe de la molasse.

Et enfin, nous considérerons la nappe de la molasse selon une approche géographique, géologique et hydrogéologique.

I.1 Introduction

L'aquifère¹ molassique du Bas-Dauphiné est une des plus importantes ressources en eau de la région Rhône-Alpes. Cette ressource de bonne qualité est particulièrement intéressante pour la satisfaction des besoins en eau potable. Le SDAGE² Rhône Méditerranée définit l'aquifère molassique comme une ressource majeure, d'enjeu régional, vulnérable et à préserver pour les générations futures.

Le SDAGE précise par ailleurs que l'aquifère molassique nécessite des actions complémentaires pour la lutte contre les pollutions azotées et des pollutions par les pesticides, une grande partie de l'aquifère faisant déjà l'objet d'un programme d'actions en application de la directive nitrates. Il indique également que le territoire concerné (i.e. la nappe de la molasse du Bas-Dauphiné) nécessite la mise en place d'un SAGE³ pour atteindre l'objectif général fixé par la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (directive du 23 octobre 2000, n°2000/60) qui est l'atteinte du bon état en 2015. Ce bon état ne pouvant être atteint en 2015, l'échéance est reportée à 2021, et au plus tard à 2027.

Les premiers forages exploitant l'aquifère molassique ont été réalisés dans la Drôme des Collines pour l'irrigation. Un article de l'Impartial du 3 mai 1975 indique que le premier ouvrage a été fait à Bren par la Société Hydraulique de Monteux, suite à la sécheresse de l'été 1974. Cette même société a fait, quelques mois plus tard, le forage pour l'alimentation en eau potable du Grand Serre (l'Impartial, 29 novembre 1975). Ce sont les débuts de l'exploitation de cet aquifère qui est devenu la principale ressource en eau du Bas-Dauphiné, tant pour l'irrigation que pour l'AEP⁴. En effet, en presque quatre décennies, ce sont des centaines d'ouvrages qui ont été réalisés dans cet aquifère.

Les analyses réalisées sur l'eau de l'aquifère molassique indiquent des différences importantes entre des secteurs fortement impactés par les activités anthropiques et d'autres de qualité exceptionnelle. Les premières datations au carbone 14 (réalisées en 1979 par CPGF) ont permis d'estimer l'âge de certaines eaux profondes à plus de 4000 ans. Parallèlement à cela, on a également observé une augmentation des pollutions anthropiques dans certains ouvrages. C'est ce qui a conduit le Syndicat Intercommunal des Eaux du Sud Valentinois, sous l'impulsion de Jean-Louis Bonnet (Président du syndicat), Laurent Cadilhac (Agence de l'Eau Rhone-Méditerranée) et Guy Faure (bureau d'études Idées Eaux) à lancer la première étude sur cet aquifère. Celle-ci a été conduite sous la forme d'une thèse de doctorat, entreprise par Rémi De La Vaissière de 2002 à 2006. Cette étude a eu pour principaux résultats :

- la définition d'un modèle conceptuel d'écoulement des eaux au sein de l'aquifère,
- la sectorisation de l'aquifère en 5 sous-bassins versants,
- la définition de l'état actuel de l'aquifère.

¹ Roche poreuse contenant de l'eau qui peut circuler librement

² Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

³ Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

⁴ Alimentation en Eau Potable

Mais elle a également suscité des interrogations, ce qui a conduit le SEDIVE⁵ à lancer en 2008 une seconde étude sur cet aquifère, en l'étendant à une partie du département de l'Isère. Les résultats obtenus, détaillés dans le présent rapport, ont permis :

- de valider le modèle conceptuel d'écoulement des eaux sur le département isérois,
- de localiser et de quantifier les flux sortant de l'aquifère molassique,
- de quantifier la part d'alimentation des flux profonds,
- de préciser l'état qualitatif de l'aquifère et de voir son évolution en 5 années,
- enfin de préciser les objectifs de protection et de gestion de la ressource.

La nouvelle zone d'étude, d'une superficie de 3000 km², intègre en totalité les Chambarans, elle est délimitée par (Planche 1):

- le Rhône à l'ouest,
- la vallée de la Drôme au sud,
- la bordure occidentale du Vercors au sud-est,
- une zone de recouvrement de la molasse par des alluvions fluvio-glaciaires au nord-est,
- la limite nord du bassin versant de la Varèze au nord.

Ce territoire est occupé par 126 communes iséroises et 127 communes drômoises, pour un nombre d'habitants supérieur à 400 000. La population est répartie à hauteur de 70% sur le territoire drômois, 40% de la population totale sont concentrés dans les plus grandes agglomérations (Romans, Valence, Péage de Roussillon). La Planche 2 permet de mettre en avant la disparité de la répartition de la population sur la zone d'étude. Avec une surface agricole utilisée (S.A.U.) supérieure à 55%, le secteur d'étude est largement tourné vers l'agriculture.

⁵ Syndicat mixte d'étude sur la diversification de l'alimentation en eau potable de la région du valentinois

I.2 Les utilisateurs de la ressource

L'aquifère molassique est, sur certains secteurs, la seule ressource en eau accessible. Cette ressource est exploitée pour plusieurs usages.

I.2.1 L'Alimentation en eau potable

Sur une grande partie du territoire étudié l'alimentation en eau potable est gérée par des structures regroupant plusieurs communes (syndicats et communautés des communes). On en dénombre 18 réparties sur la zone d'étude (*c.f.* Planche 3), dont 11 exploitent la nappe de la molasse (3 sur le département de l'Isère et 8 sur le département de la Drôme). Plusieurs communes exploitent également cette nappe pour l'AEP dans les deux départements. On dénombre 59 ouvrages destinés à cet usage dont 44 se trouvent sur le département de la Drôme.

Afin d'avoir une meilleure estimation des volumes prélevés et des ressources concernées, nous avons envoyé un questionnaire aux principales structures et communes de la zone d'étude. Nous avons reçu 22 réponses sur les 33 questionnaires envoyés, les résultats détaillés ainsi que le questionnaire sont présentés en *Annexe 1* Il en ressort une nette distinction entre les deux départements concernés, avec une exploitation de la nappe de la molasse beaucoup plus importante dans le département de la Drôme. En effet sur les 13 collectivités drômoises ayant répondu au questionnaire, 8 utilisent cette ressource contre 3 sur 10 en Isère. Cette observation s'explique par la répartition de la population sur le territoire. En Isère elle est surtout répartie le long de l'Isère et du Rhône ainsi qu'en Valloire où des ressources superficielles sont disponibles. Dans la Drôme la répartition est plus hétérogène et la nappe de la molasse est souvent la seule ressource disponible.

D'un point de vue qualitatif, 5 collectivités iséroises ont des captages présentant des problèmes de pollutions d'origine agricole (nitrates et/ou pesticides), deux collectivités indiquent des problèmes de turbidité et une autre la présence de bactéries. Aucun des ouvrages concernés ne capte la nappe de la molasse. Du côté drômois, 2 collectivités indiquent la présence de pesticides sur des ouvrages captant des nappes superficielles, et un syndicat note des problèmes de turbidité au démarrage de la pompe d'un forage captant l'aquifère molassique.

Il ressort également de cette enquête que les structures n'ont généralement pas besoin de ressource supplémentaire, en dehors de quelques cas particuliers (SIE de la Galaure pour l'alimentation du futur Center Parc et SIE de Valloire Galaure qui a une ressource limitée en période de pointe). Par contre trois collectivités drômoises ont pour projet une sécurisation de la ressource à partir de la réalisation de forages captant la nappe de la molasse.

Les volumes prélevés au sein de l'aquifère molassique pour l'alimentation en eau potable sont de l'ordre de 11,4 Mm³ par an, dont 95% concernent le département de la Drôme.

Département	Nb d'ouvrages	Q prélevé (Mm ³ /an)
Drôme	44	10,8
Isère	11	0,6

Tableau 1 : Répartition des prélèvements et des ouvrages AEP sur la zone d'étude

I.2.2 L'irrigation

En termes de volume comme de nombre d'ouvrages de captage, l'irrigation est le principal utilisateur de la nappe de la molasse.

On dénombre, dans notre base de données (voir paragraphe I.4), 448 forages captant l'aquifère molassique, qui sont dédiés à un usage agricole. Plus de 90% d'entre eux se situent sur le département de la Drôme. Les prélèvements connus au sein de l'aquifère molassique sont de l'ordre de 17,2 Mm³ en 2006 (seulement 4,1 Mm³ sur le département de l'Isère). La majorité des ouvrages à usage agricole sont déclarés, on peut donc supposer qu'on en connaît 90 %. Le volume prélevé peut alors être estimé à 19,2 Mm³/an.

La plupart des prélèvements à usage agricole sont réalisés au niveau des collines molassiques, entre la vallée de l'Isère et la plaine de Bièvre-Liers-Valloire. Au sud de l'Isère, la majorité des irrigants sont alimentés par le canal de la Bourne, limitant ainsi les prélèvements au sein de l'aquifère molassique.

I.2.3 Les industriels

Concernant les industries, nous connaissons 36 forages dédiés à cet usage pour un volume prélevé de 2,4 Mm³ en 2006. On estime qu'on connaît moins de 50 % des ouvrages à usage industriel, plusieurs PME possédant des forages non soumis à déclaration. Le volume réellement prélevé par les industries serait alors de l'ordre de 5 Mm³ par an.

I.2.4 Les particuliers

Les particuliers utilisent également la ressource, pour l'arrosage des jardins principalement mais aussi pour leur alimentation en eau potable, et de plus en plus pour l'installation de pompes à chaleur eau-eau (dans ce dernier cas l'eau est réinjectée dans la nappe). Il est très difficile de connaître les volumes prélevés, en effet la déclaration des ouvrages à usage domestique n'a été rendue obligatoire auprès des mairies que depuis le 1^{er} janvier 2009. On ne connaît que 157 forages destinés à cet usage. Un particulier prélève en moyenne 500 m³/an, les prélèvements pour l'usage domestique seraient donc de l'ordre de 0,078 Mm³/an. En réalité on estime le nombre d'ouvrages à usage domestique à 15 000. En effet le nombre d'entreprises de forage travaillant sur le secteur d'étude est de l'ordre de 25, chacune d'elle réalise environ 25 forages par an depuis 25 ans (De La Vaissière, 2006). Les prélèvements par les particuliers au sein de l'aquifère sont alors estimés à 7,5 Mm³/an.

I.2.5 Conclusion

Les volumes prélevés au sein de l'aquifère molassique sont donc compris entre 30 et 42 Mm³ par an, la plus grande incertitude concerne les ouvrages à usage domestique.

La répartition des prélèvements en fonction des usages est représentée sur la Figure 1. Les prélèvements pour l'irrigation représentent 45 % des prélèvements totaux, vient ensuite l'alimentation en eau potable avec 26 % des prélèvements.

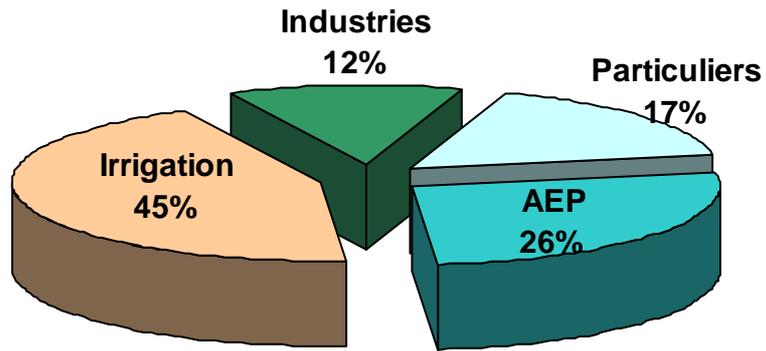


Figure 1 : Répartition des prélèvements au sein de l'aquifère molassique en fonction des usages

I.3 Cadre Général

La molasse est définie comme une roche sédimentaire, constituée de sables plus ou moins argileux et plus ou moins cimentés. Sa couleur varie du gris au jaune orangé (Figure 2).



Figure 2 : Affleurements de molasse à St Nazaire en Royans et à St Barthélémy de Vals

Ces “sables” sont aquifères, ce qui signifie qu'ils contiennent de l'eau mobilisable, et donc exploitable par pompage.

En région Rhône Alpes, la formation molassique du Bas-Dauphiné est présente de la vallée de la Drôme jusqu'à Lyon de façon continue (voir Figure 3). On peut également noter que le même type de formation existe plus au sud le long de la vallée du Rhône, dans les départements de la Drôme et du Vaucluse (molasse miocène du Comtat).

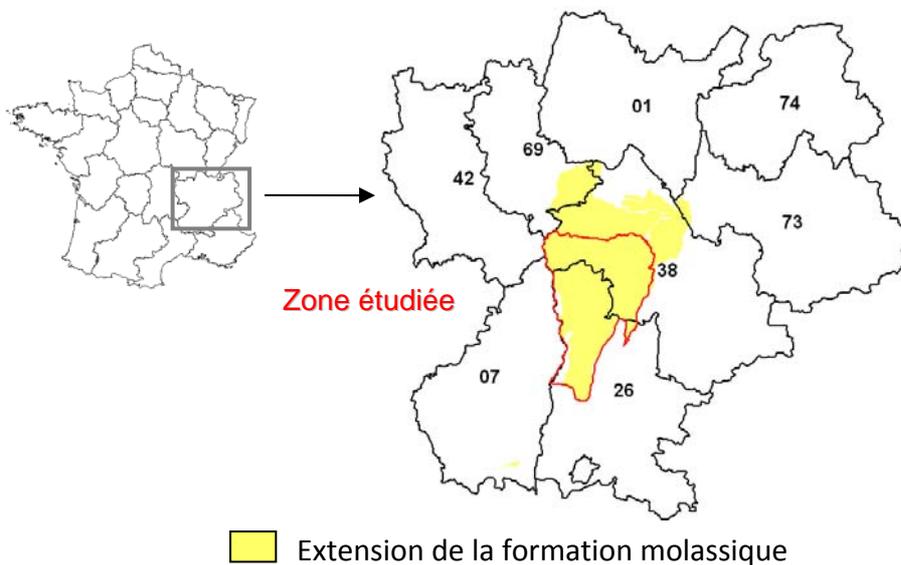


Figure 3 : Répartition de la formation molassique en Rhône Alpes et extension de la zone d'étude

I.4 Base de données forages

La première étude réalisée par De La Vaissière en 2006 avait amené à la réalisation d'une base de données regroupant l'ensemble des informations obtenues sur les ouvrages existants sur le secteur d'étude.

Lors de la présente étude, la base de données a été complétée. Les ouvrages ont été recensés sur la partie iséroise et des compléments ont été apportés sur la partie drômoise. Ce recensement a été effectué principalement auprès des foreurs travaillant sur le secteur, des DDT 26 et 38, des ARS 26 et 38 et enfin du bureau d'études Idées Eaux. Malgré cette recherche, la base de données n'est pas exhaustive et est vouée à évoluer. Les ouvrages à usage domestique, pour lesquels seule une déclaration en mairie depuis le 1^{er} janvier 2009 est obligatoire, sont particulièrement difficiles à dénombrer. Une stratégie devra être mise en place d'une part pour recenser les existants, et d'autre part pour connaître tous les nouveaux ouvrages réalisés. De plus les informations collectées n'ont pas pu être systématiquement vérifiées, et quelques erreurs sont possibles.

La base de données s'articule autour d'une table principale comportant le descriptif des ouvrages recensés et nommée "FORAGE Table Principale" (cf. Figure 4). Chaque ouvrage est incrémenté d'un numéro unique permettant de relier l'ouvrage aux autres tables.

Cette table décrit la situation du forage, le niveau d'eau et l'altitude du forage, les paramètres hydrogéologiques (débit spécifique, transmissivité, perméabilité,...), l'usage de l'ouvrage et la date de réalisation. L'origine des informations est également notée. De plus, il est précisé si certains ouvrages ont été nivelés ainsi que la date de la mesure piézométrique lorsqu'elle a été faite.

Nu	nom commune	lieu-dit/site	nom/propriétaire/appartenance fr	X/lambe	Y/lambe	Z/	ref	prc	col	mi	plir	coup	diagraph																																																						
1700	St hilaire de la Cote	Champ Souffrey	Commune	0	834816	2047434	400	46.5	354	incon	incon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																						
1701	Allex	Les Pues	Ville de Crest	F	0	805370	1975090	144	10.5	134	non	oui	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
1702	Allex	Les Pues	Ville de Crest	F	0	805420	1975060	144	10.5	134	non	oui	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
1703	Allex	Les Pues	Ville de Crest	F	0	805310	1975140	144	39	105	non	oui	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
1704	Izeron	Les Deveys	Daniel Eymard	J	0	838910.5	2021545	229	150	79	oui	non	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
1705	Izeron	Chagneux	Daniel Eymard	J	0	839440	2021570	240	115	125	oui	non	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>de</th> <th>à</th> <th>terrain</th> <th>d° de perme</th> <th>age</th> <th>MAPINFO_li</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>14</td> <td>graviers</td> <td></td> <td>quaternaire</td> <td>627</td> </tr> <tr> <td></td> <td>14</td> <td>15 molasse fine plutot argileuse</td> <td></td> <td>miocène</td> <td>628</td> </tr> <tr> <td></td> <td>15</td> <td>50 marne argileuse cimentée</td> <td></td> <td>miocène</td> <td>629</td> </tr> <tr> <td></td> <td>50</td> <td>65 molasse fine sableuse</td> <td></td> <td>miocène</td> <td>630</td> </tr> <tr> <td></td> <td>65</td> <td>95 molasse argileuse</td> <td></td> <td>miocène</td> <td>631</td> </tr> <tr> <td></td> <td>95</td> <td>105 molasse plus sableuse productive</td> <td></td> <td>miocène</td> <td>632</td> </tr> <tr> <td></td> <td>105</td> <td>115 marne</td> <td></td> <td>miocène</td> <td>633</td> </tr> <tr> <td>*</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>(Nouv.)</td> </tr> </tbody> </table>														de	à	terrain	d° de perme	age	MAPINFO_li		14	graviers		quaternaire	627		14	15 molasse fine plutot argileuse		miocène	628		15	50 marne argileuse cimentée		miocène	629		50	65 molasse fine sableuse		miocène	630		65	95 molasse argileuse		miocène	631		95	105 molasse plus sableuse productive		miocène	632		105	115 marne		miocène	633	*	0	0			(Nouv.)
de	à	terrain	d° de perme	age	MAPINFO_li																																																														
	14	graviers		quaternaire	627																																																														
	14	15 molasse fine plutot argileuse		miocène	628																																																														
	15	50 marne argileuse cimentée		miocène	629																																																														
	50	65 molasse fine sableuse		miocène	630																																																														
	65	95 molasse argileuse		miocène	631																																																														
	95	105 molasse plus sableuse productive		miocène	632																																																														
	105	115 marne		miocène	633																																																														
*	0	0			(Nouv.)																																																														
1706	Chatte	Le Girard	Pelerin Maurice	J	0	830349.9	2018150	257	100	157	oui	non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
1707	Chatte	plaine de Gervans	Jean Luc Revol	J	0	832099.2	2019395	272	75	197	non	non	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
1708	Chatte	plaine de Gervans	Pelerin Maurice	J	0	830660	2018000	253	60	193	non	non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
1709	Chatte	Epinasse	Alain Brunet	J	0	832685	2018829	266	65	201	non	non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
1710	Chatte	Montloubet	Brun Christian	J	0	829129	2019722	290	91	199	oui	non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
1711	Chatte	Montloubet	Joël Becques	J	0	829868	2019067	300	100	225	oui	non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
1712	Chatte	Le Pinet	Gabriel MARTIN	J	0	829922	2017714	250	0	0	proba	non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
1713	Ville sous Anjou	Carrefour Poncin	EARL Vital Fruit	J	0	796600	2045770	242	120	122	oui	non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
1714	Chatte	Les Gameaux	Becque Joël	J	0	830952	2019307	270	40	230	non	non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					
1715	Chatte	Paillet	S.E.Nu.R.A	J	0	832986.7	2020111	270	73	197	proba	non	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																					

Figure 4 : Exemple de la table "Forage table principal"

Par rapport à la première version de la base de données nous avons ajouté une colonne pour indiquer si des mesures de diagraphies ont été effectuées, une seconde table précise de quelles mesures il s'agit, et les données sont regroupées dans un dossier annexe.

Les puits et sources recensés sont également décrits dans deux tables.

Les résultats de toutes les analyses sont disponibles. Les campagnes menées par De La Vaissière se distinguent par le qualificatif "RDLV" ou par la date (2004), celles menées par T Cave par le qualificatif "TC" ou par la date (2009 ou 2010).

Les tables "paramètres physico-chimiques forages / sources / puits" rassemblent des données bibliographiques. Par ailleurs, les résultats d'analyse sont disponibles dans le document de thèse.

I.5 Contexte géologique et hydrogéologique

Ce paragraphe a pour principal objectif de replacer l'aquifère molassique dans son contexte global.

I.5.1 Contexte géologique

La mise place du bassin molassique s'est faite en quatre phases, depuis la fin de l'Oligocène, il y a 23 millions d'années, jusqu'à nos jours.

A la fin de l'Oligocène (-23 millions d'années), la quasi-totalité de la zone d'étude était recouverte par des marnes imperméables, pouvant atteindre 2000 mètres d'épaisseur par endroit. Ce sont ces formations qui renferment les sels exploités par les salines de Hauterives.

Les formations granitiques du Massif Central ainsi que les prémices du Vercors sont représentés sur la Figure 5.

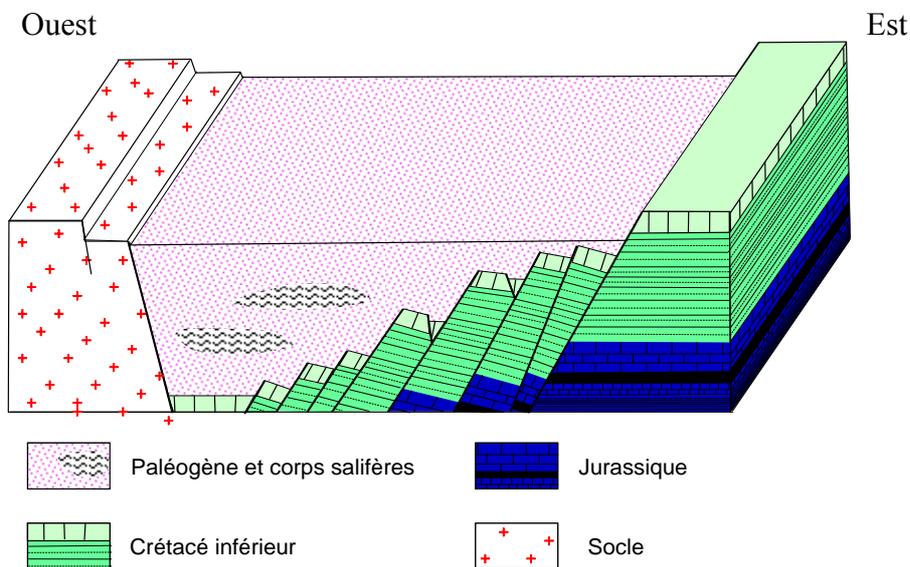


Figure 5 : Bloc 3D schématique de la plaine de Valence à la fin de l'Oligocène

Au Miocène (-17 à -6 millions d'années), le secteur a été envahi par la Mer Méditerranée et a peu à peu été comblé par les formations molassiques. Ces formations sont issues du démantèlement des massifs côtiers (principalement les Alpes mais également le Massif Central). L'accumulation de 700 mètres de sables molassiques par endroit a été possible grâce à un phénomène de subsidence, soit un enfoncement des séries géologique en commençant par les marnes oligocènes. Il est dû aux phénomènes tectoniques (poussée des Alpes vers l'ouest et soulèvement du Massif Central), associés au poids des matériaux accumulés comme indiqué sur la Figure 6.

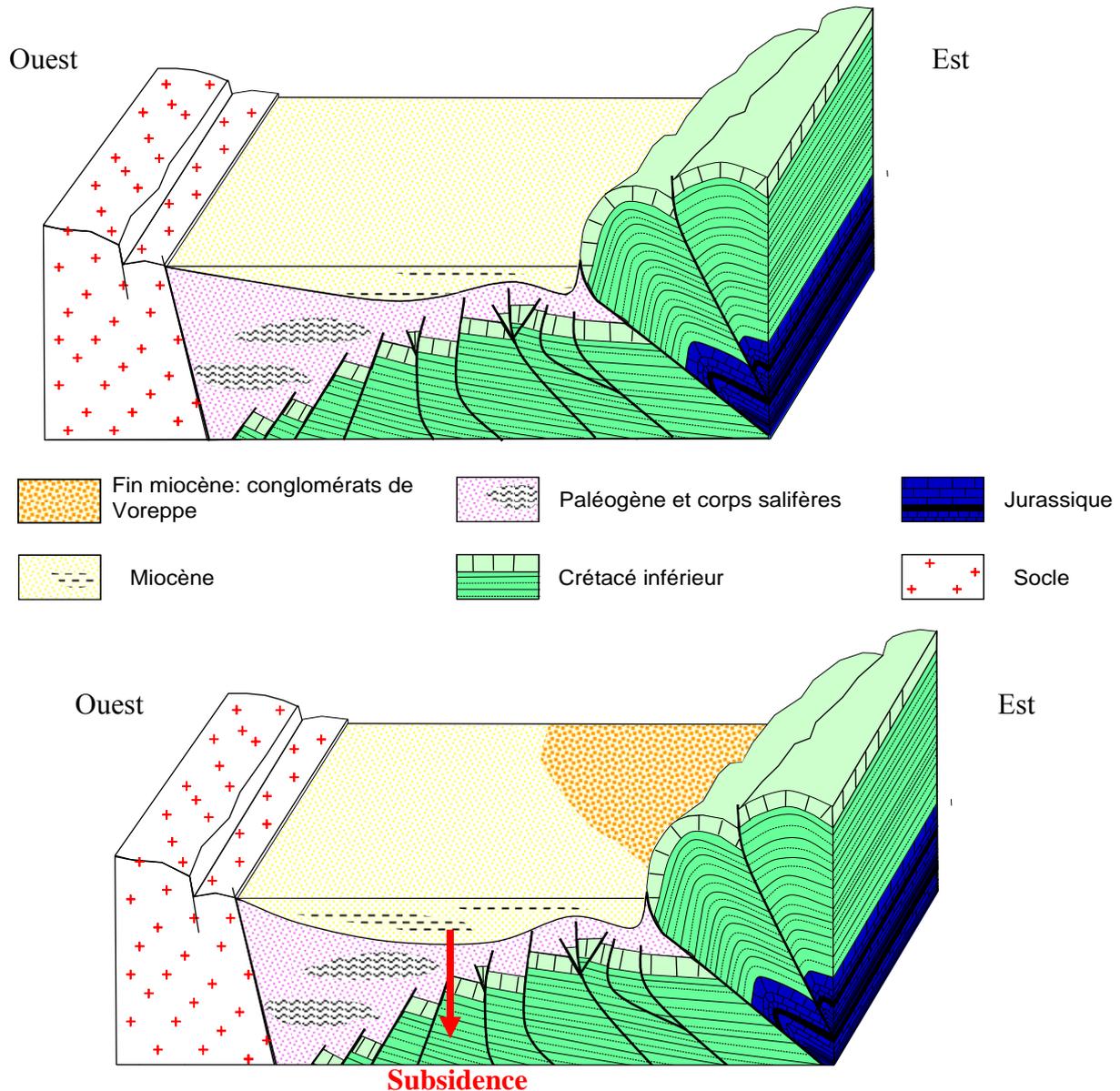


Figure 6 : Bloc 3D schématique de l'évolution de la Plaine de Valence au Miocène

La crise messinienne (-5,9 à -5,3 millions d'années) a ensuite eu lieu. Elle correspond au retrait brutal de la Méditerranée suite à la fermeture du détroit de Gibraltar. Le niveau de la mer a atteint une altitude de 1500 mètres en dessous de son niveau actuel. Ce phénomène a entraîné une forte incision des roches par les cours d'eau voulant rejoindre le niveau marin (niveau de base). De véritables canyons ont alors été creusés comme indiqué sur la Figure 7 (a) où on devine les anciens tracés du Rhône et de la Véore.

Le remplissage pliocène (-5,3 millions d'années) correspond à la remontée brutale du niveau marin après la réouverture du détroit de Gibraltar. Les canyons creusés par les cours d'eau ont été inondés puis comblés par les marnes bleues compactes, contenant quelques niveaux sableux (Figure 7 (b)).

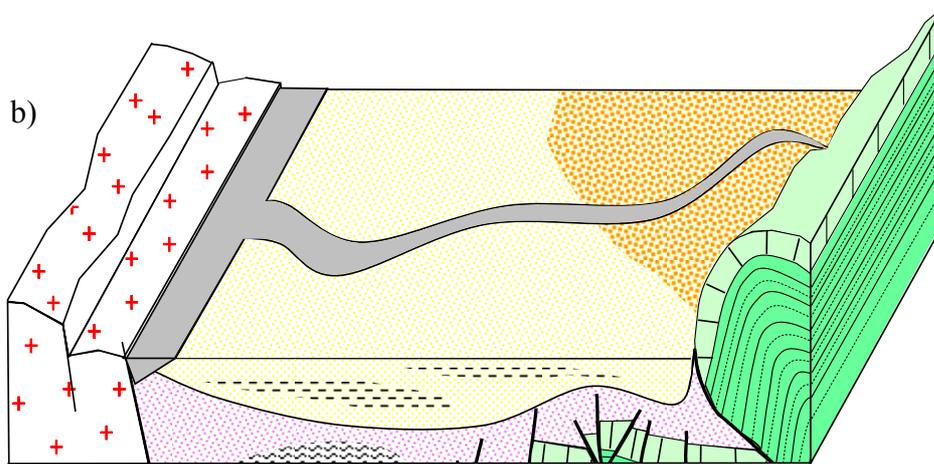
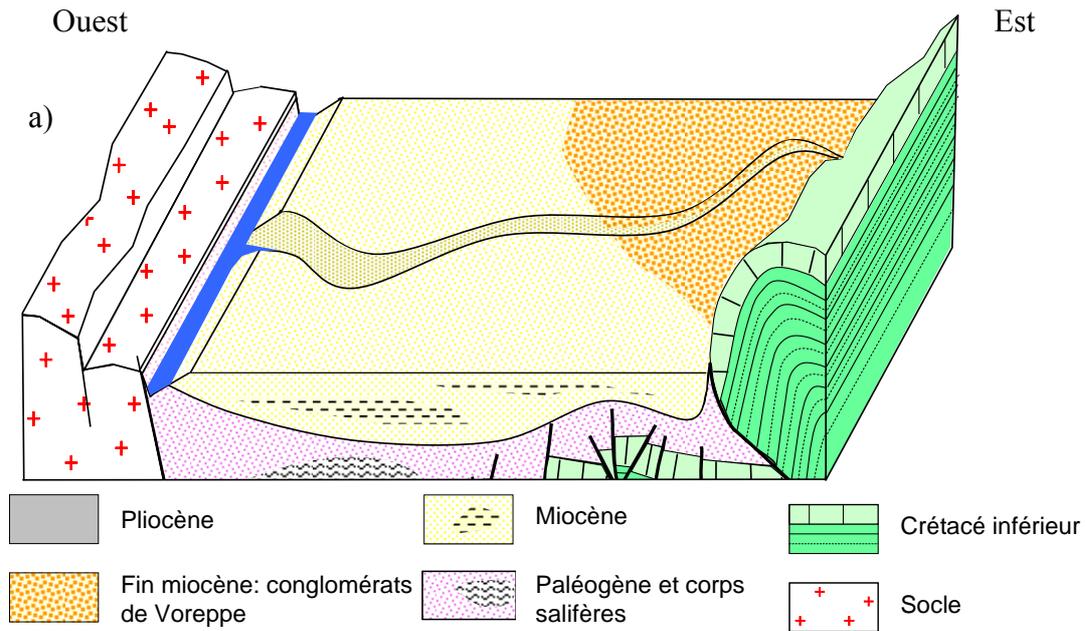


Figure 7 : Bloc 3D schématique de la Plaine de Valence après la crise messinienne (a) et le remplissage pliocène en milieu marin (b)

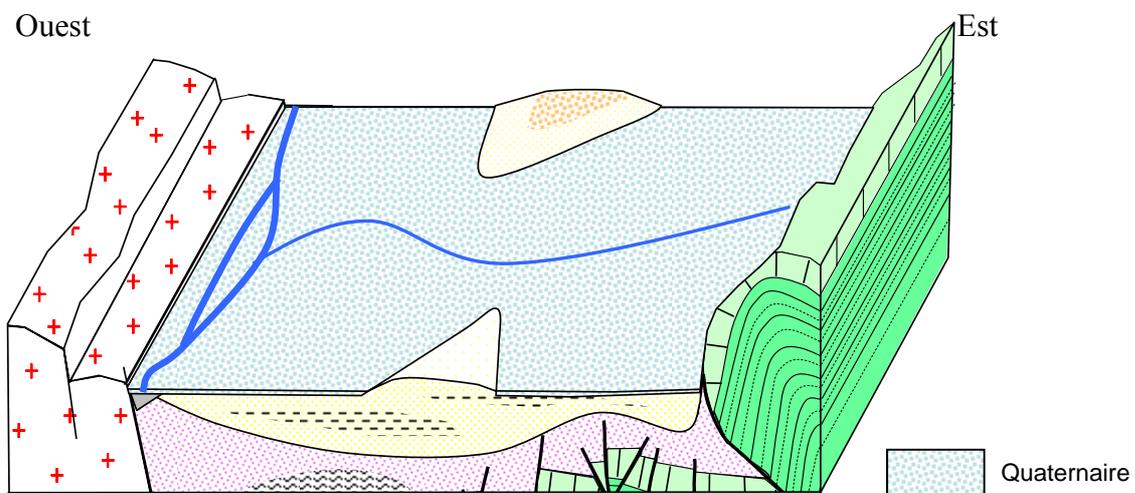


Figure 8 : Bloc 3D schématique de la Plaine de Valence aujourd'hui

Au Quaternaire (depuis -1,8 millions d'années) les éléments ont façonné le paysage jusqu'à celui connu aujourd'hui. Les phases de retraits et d'avancées des glaciers et les dépôts générés par le réseau hydrographique ont successivement creusé puis comblé les formations existantes. C'est ce qui a permis le dépôt des alluvions présent le long du Rhône, de l'Isère, dans la vallée de la Valloire et dans la Plaine de Valence (Figure 8).

Le contexte géologique actuel est présenté sur la Planche 4.

I.5.2 Contexte hydrogéologique

I.5.2.1 Piézométrie

Afin de représenter le sens d'écoulement des eaux au sein d'un aquifère, une carte piézométrique est réalisée. Elle indique les courbes d'égale altitude de l'eau dans la nappe (isopièze). Elle est une donnée essentielle pour connaître la dimension et la continuité d'un aquifère.

La carte piézométrique de l'aquifère molassique, présentée sur la Planche 5, a été réalisée à partir de données d'études précédentes (De La Vaissière, 2006 ; Gouisset, 1985) et des données rassemblées lors de la présente étude. Certains ouvrages ont pu faire l'objet de mesures, cependant la majorité des forages n'est pas accessible.

Cette carte présente des bosses (dômes piézométriques, le plus important est celui des Chambarans) et des creux. Sous l'effet de la gravité l'eau descend du haut vers le bas en suivant la plus grande pente. Cette règle permet de compartimenter l'aquifère en plusieurs grandes unités quasiment indépendantes et ne communiquant pas entre elles. Du nord au sud on distingue :

- le bassin versant de la Varèze (1), avec des écoulements globalement orientés d'est en ouest et dirigés vers la rivière,
- le bassin versant de la Valloire (2), chaque vallée drainant les eaux infiltrées au niveau des plateaux de Bonnevaux et des Chambarans,
- le bassin versant de la Galaure (3), avec des écoulements orientés vers le Rhône,
- le bassin de la Drôme des collines (4), avec des écoulements orientés vers l'Isère,
- le bassin versant des collines iséroises (5), avec des écoulements orientés vers l'Isère,
- le bassin versant du sud de l'Isère (6), de petite taille, les écoulements sont à nouveau orientés vers l'Isère,
- le bassin versant de la Plaine de Valence (7), les écoulements sont dirigés vers le Rhône, mais les rivières semblent jouer un rôle de drain,
- le bassin versant de la vallée de la Drôme (8), l'aquifère molassique est drainé par la vallée.

D'autre part, le sens de l'écoulement des eaux est intimement lié à la géologie régionale (failles, discontinuités, changement de formation géologique) mais également à la perméabilité et à l'argilosité des matériaux molassiques. Dans tous les cas l'eau circule en recherchant la moindre difficulté pour rejoindre le point le plus bas. Par exemple, sur la Figure 8 on peut voir qu'un écoulement depuis la nappe de la molasse directement vers le Rhône est impossible en raison de la présence de formations imperméables (marnes oligocènes et pliocènes) qui bloquent le passage de l'eau. Un déversement vers les nappes de surface et les rivières semble être la seule solution possible.

1.5.2.2 Caractéristiques de l'aquifère

L'aquifère molassique est caractérisé par des perméabilités de l'ordre de 10^{-5} m/sec en moyenne. Cependant certains forages ont dû être abandonnés en raison de perméabilités très faibles, d'environ 10^{-7} m/sec, alors que sur certains secteurs la perméabilité atteint 10^{-3} m/sec. Ces variations révèlent une très forte hétérogénéité du milieu autant verticale qu'horizontale. De nombreuses mesures réalisées au micromoulinet (Idées Eaux) ont montré que 20% de la hauteur captée fournissent 50% du débit. Ceci indique que cet aquifère est un millefeuille fortement anisotrope⁶.

Nous n'avons pas suffisamment de données pour permettre une cartographie de la perméabilité, c'est pourquoi nous proposons une carte de la répartition du débit spécifique. Ce paramètre est le rapport du débit pompé sur le rabattement⁷. Il a l'inconvénient de ne pas réellement représenter l'aquifère puisqu'il dépend du forage lui-même, cependant c'est un paramètre disponible sur un grand nombre d'ouvrages et qui permet de visualiser les potentialités de l'aquifère. La carte de répartition des débits spécifiques est présentée sur la Planche 6. Une forte hétérogénéité Est-Ouest est observée. La nature des dépôts molassiques, très fins et cimentés à l'Est et plus grossiers et moins grésifiés à l'Ouest explique cette répartition des débits spécifiques, plus élevés à l'Ouest. La nature des terrains peut être directement reliée à la nature des coteaux, calcaires à l'Est (favorisant ainsi la cimentation) et granitique à l'Ouest. Cependant, les ouvrages situés à proximité de Roussillon font figure d'exception puisqu'ils sont peu productifs, ceci peut être dû à la faible profondeur des ouvrages sur ce secteur (tous inférieurs à 100 mètres).

⁶ Milieu dont les propriétés varient selon la direction

⁷ Abaissement du niveau d'eau en pompage

II Le fonctionnement de l'aquifère

La connaissance du fonctionnement hydrogéologique d'un aquifère est indispensable à sa gestion.

Nous avons utilisé la géochimie et les isotopes afin de comprendre comment les eaux circulent au sein de l'aquifère et ainsi de décrire le fonctionnement hydrogéologique de la nappe de la molasse.

De plus, le rôle de la nappe de la molasse dans le soutien du débit des nappes superficielles et des rivières a pu être mis en lumière, via la réalisation de bilans hydrogéologiques et l'application des outils géochimiques et isotopiques.

II.1 Géochimie et isotopes

II.1.1 Données chimiques et isotopiques : les outils de la compréhension

La chimie des eaux évolue avec le temps de séjours des eaux dans la roche. Les isotopes nous apportent des informations telles que l'âge de l'eau et l'altitude à laquelle elle s'est infiltrée. Cela permet de mieux appréhender le cheminement des eaux à travers la formation molassique.

II.1.1.1 Evolution de la chimie des eaux

Lorsque l'eau circule à travers la molasse, elle interagit avec la roche et se charge en certains éléments tels que le magnésium (Mg) et pour des eaux plus anciennes le sodium (Na). Les détails des processus géochimiques qui entrent en jeu sont largement décrits dans le document de thèse. Seule l'évolution globale des concentrations est énoncée ici.

Lorsque l'eau circule dans la roche, elle se charge en premier lieu en calcium (dissolution de la calcite). Au bout d'un certain temps les teneurs en magnésium augmentent alors que les concentrations en calcium diminuent (dissolution de la dolomite et précipitation de la calcite). Enfin, dans quelques cas, pour les eaux les plus anciennes, les teneurs en calcium et magnésium baissent fortement alors que les concentrations en potassium et sodium augmentent (échanges de bases). Le magnésium apparaît alors comme un excellent indicateur du temps de séjour des eaux dans l'aquifère.

A contrario, d'autres éléments, comme les nitrates sont utilisés pour définir des eaux jeunes. Cet élément est apporté par les activités anthropiques, lorsqu'il est présent à des concentrations supérieures à 10 mg/L il indique des eaux infiltrées récemment. Il faut cependant noter qu'une eau sans nitrate n'est pas forcément ancienne.

II.1.1.2 Utilisation des isotopes

Les isotopes nous permettent de compléter les informations obtenues avec la chimie de l'eau. Dans cette étude nous avons utilisé trois isotopes de la molécule d'eau : l'oxygène-18 (^{18}O), le deutérium (D) et le tritium (T). L'activité en carbone 14 (^{14}C) a également été utilisée. Le tritium et le carbone 14 sont radioactifs⁸.

L'oxygène-18 et le deutérium permettent d'estimer l'altitude d'infiltration des eaux dans l'aquifère. Ainsi on peut par exemple estimer qu'un ouvrage situé à 200 mètres d'altitude capte une eau qui s'est infiltrée en moyenne à 600 mètres.

Le tritium est utilisé comme outil de datation des eaux. De grandes quantités de cet élément, ont été émises dans l'atmosphère lors des essais nucléaires menés dans les années 1960. Le tritium se trouve incorporé à la molécule d'eau qui rejoint les eaux souterraines. Les teneurs actuelles en tritium dans les précipitations de la plaine de Valence sont de l'ordre de 9 UT⁹. L'absence de tritium (valeur mesurée égale au bruit de fond du laboratoire) dans les eaux profondes indique donc des eaux infiltrées avant les essais nucléaires.

Le carbone-14 est quant à lui utilisé pour la datation d'eaux anciennes, de quelques centaines d'années à 30 000 ans pour un aquifère carbonaté. C'est sa longue demi-vie¹⁰, de 5 730 ans,

⁸ i.e. qu'ils se désintègrent dans le temps

⁹ Unités Tritium

¹⁰ Temps au bout duquel la quantité de molécule est diminuée de moitié

qui permet de réaliser des datations. L'équation de base utilisée pour réaliser ce calcul est :

$$t = \frac{5730}{\ln 2} * \ln \left(\frac{A_0}{A_t} \right)$$

A_0 est l'activité initiale du ^{14}C lors de l'infiltration des eaux et A_t est l'activité du ^{14}C mesuré dans les eaux prélevées.

En réalité le calcul est plus complexe en raison des interactions de l'eau avec la roche. Ces dernières induisent une dilution du carbone 14. Plusieurs modèles peuvent être appliqués pour corriger cette dilution, ils sont détaillés dans le document de thèse. Nous ne donnerons dans ce document que les âges calculés (moyenne des résultats obtenus selon plusieurs modèles de correction) pour chaque ouvrage échantillonné.

II.1.2 Echantillonnage

Durant ces trois années de travail, plusieurs campagnes de prélèvements se sont succédées. La répartition des points prélevés est indiquée sur la Planche 7 et la Planche 8.

La première campagne a été effectuée de mai à septembre 2009. Le premier objectif de celle-ci était l'acquisition de connaissances sur le secteur isérois, non étudié par De La Vaissière. Les interactions entre l'aquifère molassique et les rivières et/ou les nappes superficielles était le second objectif de cette campagne. Pour cela 78 ouvrages captant l'aquifère molassique ont été échantillonnés pour l'analyse des ions majeurs, 69 d'entre eux ont fait l'objet d'analyses en isotopes de la molécule d'eau, 25 l'analyse du radiocarbone et 28 d'entre eux ont été prélevés pour l'analyse de certains pesticides. Les nappes superficielles (terrasses alluviales de la Valloire et de l'Isère, nappe alluviale de la Drôme) ont également fait l'objet de 77 prélèvements pour l'analyse des ions majeurs, et de 60 prélèvements pour l'analyse des isotopes de la molécule d'eau. Nous avons également effectué 41 prélèvements sur les rivières dont 20 pour l'analyse de l'oxygène-18, du deutérium et du tritium. Chaque station de rivière prélevée a été jaugée au courantomètre.

Une seconde campagne, visant à améliorer les connaissances sur la qualité de l'aquifère molassique et son évolution a été réalisée de mai à septembre 2010. L'analyse des éléments traces et des ions majeurs a été réalisée sur 24 forages répartis sur tout le secteur d'étude. Afin de voir l'évolution de la qualité de l'aquifère, 26 ouvrages échantillonnés par De La Vaissière en 2005 ont été à nouveau prélevés pour l'analyse de certains pesticides et des ions majeurs. Enfin, 20 ouvrages ont été prélevés sur deux secteurs cibles pour l'analyse des ions majeurs, de l'azote 15 (^{15}N) et de l'oxygène-18 des nitrates ($^{18}\text{O}(\text{NO}_3)$).

Parallèlement à ces deux campagnes, les eaux de pluies ont été échantillonnées pour l'analyse de l'oxygène-18, du deutérium et du tritium à Montvendre (216,7 m NGF). La source de la Verrerie, située à Roybon (altitude moyenne¹¹ du bassin versant de 654 m NGF) a également fait l'objet de prélèvements réguliers pour l'analyse de l'oxygène-18 et du deutérium de février 2009 à février 2010.

Les résultats de De La Vaissière ont pu être utilisés pour la réalisation des cartes de répartition des éléments en raison du caractère profond de l'aquifère et des faibles vitesses d'écoulement. Concernant l'aquifère molassique, nous disposons finalement de 286 analyses en ions majeurs, 150 analyses en tritium, 144 analyses en isotopes stables de la molécule d'eau et de 72 analyses en carbone 14 (campagne CPGF de 1979 et échantillonnages ponctuels compris).

¹¹ Altitude calculée à partir du modèle numérique de terrain de maille 100m

Tous les prélèvements ont été effectués en été, la majorité des ouvrages étant à usage agricole il était obligatoire de les prélever en période d'irrigation. Dans tous les cas un délai de pompage suffisant pour renouveler entièrement la colonne d'eau a été respecté.

Sur le terrain, les valeurs de conductivité (valeur corrigée à 25°C), température et pH ont été mesurées à l'aide d'un conductimètre/pH-mètre WTW 340i/SET (précision de 0,05 unité pH, 1µS/cm et 0,1°C) régulièrement calibré. L'oxygène dissous a été mesuré à l'aide d'un oxymètre YSI, cette mesure n'a cependant pas pu être réalisée sur tous les ouvrages en raison des débits parfois élevés entraînant des turbulences et une oxygénation de l'eau. Les bicarbonates ont également été dosés sur le terrain.

Les analyses des ions majeurs, de l'oxygène-18, du deutérium et des isotopes radioactifs ont été réalisées par le Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Avignon (LHA).

Les analyses des isotopes des nitrates (^{15}N et $^{18}\text{O}(\text{NO}_3)$) ont été réalisées en Italie par le laboratoire ISO4 – Analisi Studi Ricerche de Turin.

Les pesticides ont été analysés par le Laboratoire Départemental d'Analyses de la Drôme.

Les résultats d'analyses détaillés sont disponibles dans le document de thèse ainsi que dans la base de données forages.

II.1.3 Répartition des éléments dans l'aquifère molassique

II.1.3.1 Les éléments chimiques

La répartition des teneurs en **magnésium** dans l'aquifère molassique est présentée sur la Planche 9. Une forte hétérogénéité apparaît, avec des secteurs à fortes teneurs en magnésium, indiquant des eaux évoluées, et des secteurs avec de très faibles teneurs. Les eaux à long temps de séjour se trouvent du nord au sud :

- en aval de la vallée de la Valloire, au niveau de Bougé-Chambalud,
- dans les vallées du Bancel, de la Galaure, de l'Herbasse et de la Joyeuse,
- dans la vallée de l'Isère au niveau de St Hilaire du Rosier et entre Peyrins et St Paul les Romans,
- au niveau de la Plaine de Valence vers Bourg de Péage et entre Beaumont et St Marcel les Valence,
- enfin dans la vallée de la Drôme au niveau de Chabrillan.

Les valeurs élevées en bordure du Vercors ne sont pas dues à de longs temps de séjours mais à la proximité des formations oligocènes qui contiennent une proportion plus importante de dolomite dont la dissolution amène du magnésium.

La carte de répartition des teneurs en **nitrates** (Planche 10) est quasiment opposée à la précédente. En effet les secteurs où l'on retrouve beaucoup de magnésium correspondent à des zones de très faibles teneurs en nitrates. En dehors de ces secteurs, la présence de nitrates en quantité importante est généralisée sur la Plaine de Valence. Dans la Drôme des collines et la vallée de la Valloire les points de pollution sont plus épars.

Une stratification chimique des eaux est également visible. En effet, il arrive que 2 forages, proches d'un point de vue géographique mais de profondeurs différentes n'aient pas la même minéralisation.

II.1.3.2 L'oxygène-18 et le deutérium

La différence entre l'altitude du point prélevé et l'altitude à laquelle les eaux captées par ce point se sont infiltrées (Planche 11) a été obtenue à partir de mesures en **oxygène-18 et deutérium**. Les secteurs où les teneurs en magnésium sont élevées indiquent également une différence d'altitude importante. Pour le secteur d'Auberives en Royans, la différence d'altitude importante est probablement due à la proximité du Vercors et à l'infiltration des eaux de la Bourne.

II.1.3.3 Le tritium

La répartition des teneurs en **tritium** est présentée sur la Planche 12. Cette carte permet de confirmer que les secteurs avec de fortes teneurs en magnésium indiquent des eaux dénuées de tritium, infiltrées avant les essais nucléaires de 1960. Les fortes concentrations en nitrates sont également bien corrélées avec des teneurs élevées en tritium, indiquant des eaux infiltrées récemment.

II.1.3.4 Le carbone 14

La Planche 13 montre les âges moyens des eaux de l'aquifère molassique, estimés à partir des activités en **carbone-14**. Plusieurs zones ressortent avec des âges estimés à plus de 1000 ans. Ce sont les mêmes que celles décrites avec les teneurs élevées en magnésium, les concentrations faibles en nitrates et les activités tritium proches de 0. Dans la nappe de la molasse, l'ouvrage indiquant les eaux les plus anciennes (12 000 ans) se situe en aval de la Valloire, à Bougé-Chambalud. Les teneurs en ^{18}O et D sur cet ouvrage indiquent des eaux infiltrées à plus de 800 m d'altitude. En réalité, ces eaux se sont en partie infiltrées sous un climat beaucoup plus froid, avant la dernière transition climatique, or les teneurs en ^{18}O et D des précipitations sont influencées par la température.

On peut également noter la datation réalisée sur le forage de St Rambert d'Albon (F311) qui indique un âge proche de 30 000 ans. Ce forage capte les niveaux sableux des formations pliocènes. Le fait que l'activité en carbone-14 ne soit pas nulle sur cet ouvrage indique que l'eau circule, mais avec une vitesse très faible. Comme cette eau ne peut s'infiltrer directement dans les formations pliocènes en raison des niveaux argileux en surface, elle est obligatoirement issue de la nappe de la molasse.

II.1.3.5 Conclusions partielles

Le recouplement de toutes ces données amène à plusieurs constatations.

D'abord la présence très localisée, en aval de la nappe, de zones avec des eaux caractérisées par :

- des teneurs élevées en magnésium et faibles en nitrates, indiquant que les eaux sont restées en contact longtemps avec la roche et se sont infiltrées avant l'utilisation d'engrais,
- des teneurs élevées en oxygène-18 et deutérium, indiquant que les eaux se sont infiltrées à des altitudes bien supérieures aux points de prélèvements,
- pas de tritium et une datation au carbone-14 indiquant des eaux âgées de plusieurs milliers d'années.

Ensuite la présence d'eaux avec des caractéristiques totalement inverses aux précédentes, c'est-à-dire avec :

- des teneurs faibles en magnésium et élevées en nitrates, et donc infiltrées récemment,
- des teneurs en oxygène-18 et deutérium qui indiquent que l'eau s'est infiltrée à proximité du point de prélèvement,
- et des teneurs en tritium qui montrent des eaux actuelles, infiltrées après les essais nucléaires de 1960.

On note également la présence d'eaux ayant des caractéristiques intermédiaires.

Les eaux récentes peuvent être présentes en aval des eaux anciennes.

De plus ces 2 grands types d'eaux peuvent se retrouver sur des forages très proches l'un de l'autre mais ayant des profondeurs nettement différentes, les eaux anciennes concernant le forage le plus profond.

C'est l'ensemble de ces constatations ainsi que le calcul des vitesses de circulation des eaux à partir des activités en carbone-14, qui ont permis de définir le modèle de fonctionnement de l'aquifère décrit ci-après.

II.2 Le fonctionnement de l'aquifère

II.2.1 Le modèle conceptuel de circulation des eaux

Le modèle de fonctionnement de l'aquifère a été décrit par De La Vaissière lors de la première étude. Cette seconde étude a permis de confirmer le modèle de fonctionnement en particulier sur le secteur isérois non étudié par De La Vaissière, et de l'affiner.

Au sein de l'aquifère molassique **les eaux circulent en « pelures d'oignon »**, selon trois flux distincts :

- **les flux superficiels**, qui s'écoulent rapidement (de 100 à 200 m/an) et qui s'infiltrent à proximité des points de prélèvement, tous les secteurs où la molasse est affleurante constituent des points d'infiltration de ces flux, et ce sont eux qui sont touchés par les pollutions ;
- **les flux régionaux profonds**, qui s'écoulent lentement (quelques mètres par an) caractérisés par des eaux anciennes de bonne qualité et infiltrées en altitude ;
- **les flux intermédiaires**, ayant des vitesses de circulation de quelques dizaines de mètres par an, et dont les caractéristiques sont comprises entre celles des deux flux précédents.

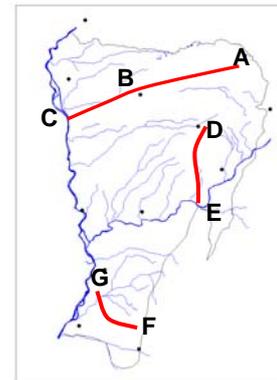
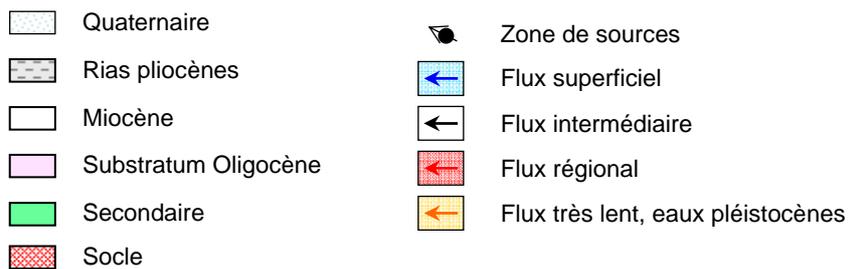


Figure 9 : Légende et emplacement des coupes

II.2.1.1 La vallée de la Valloire

La Figure 10 et la Figure 11 permettent de visualiser les trois flux dans la vallée de la Valloire selon une coupe est-ouest. Des flux très lents, caractérisés par des eaux infiltrées avant les dernières glaciations (il y a plus de 10 000 ans) ont également été identifiés (eaux pléistocènes).

Les flux profonds s'infiltrent au niveau des plateaux de Chambarans et de Bonneveaux, et remontent en aval de la vallée de la Valloire, lorsqu'ils sont bloqués par le contact entre les formations pliocènes et oligocènes.

La Figure 10 montre également le rôle des argiles pliocènes en amont de Manthes. La nappe de la molasse se retrouve en charge lorsque les eaux arrivent à ce niveau là et se déverse en partie dans la nappe superficielle. Ceci induit une hausse du niveau d'eau de la nappe superficielle et donc la présence de sources.

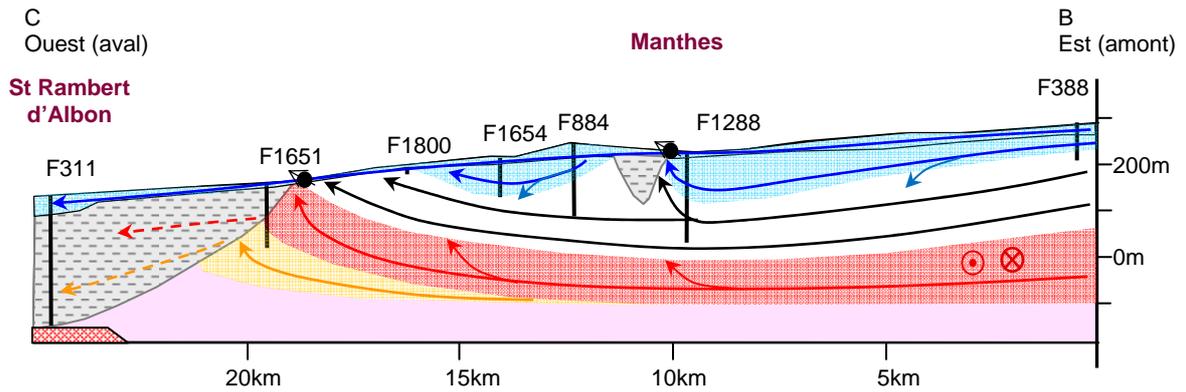


Figure 10 : Coupe hydrogéologique (B-C) de la vallée de la Valloire

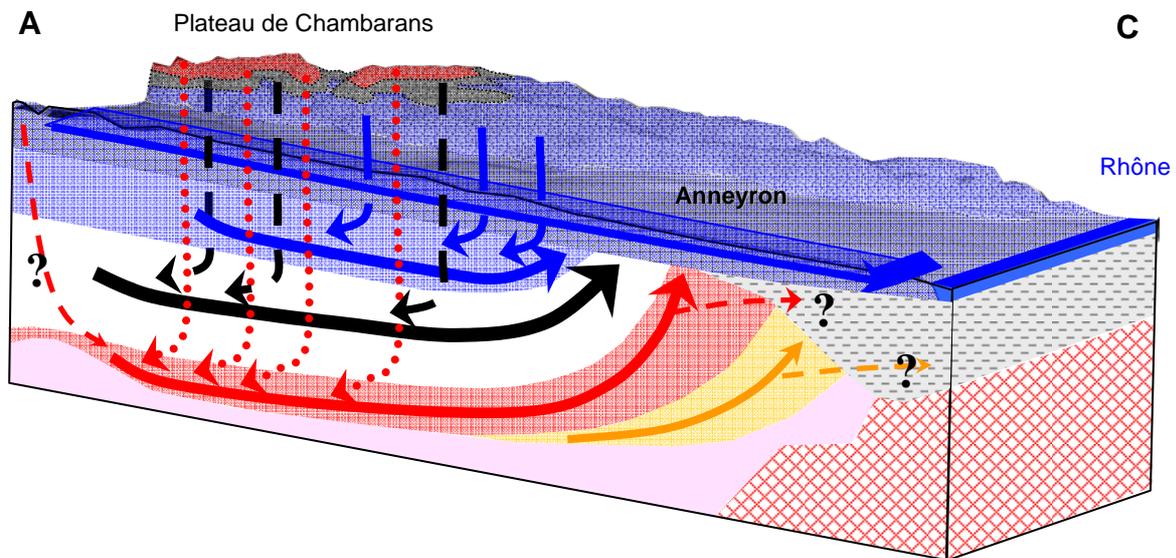


Figure 11 : Bloc 3D schématique des circulations d'eau au sein de l'aquifère molassique dans la vallée de la Valloire (A-C)

II.2.1.2 Les collines molassiques

Afin de représenter les écoulements au sein des collines molassiques nous avons réalisé une coupe hydrogéologique le long de la vallée de La Joyeuse, illustrée par la Figure 12. Les flux profonds et intermédiaires sont ici infiltrés au niveau des plateaux de Chambarans et de Thivolet. La remontée de ces flux en amont de la vallée de l'Isère est provoquée par la présence d'une butte molassique, très peu perméable, entre St Paul-lès-Romans et Romans. Cette butte crée une barrière hydraulique, c'est-à-dire qu'elle bloque les écoulements issus des plateaux molassiques.

Il apparaît également que chaque butte molassique est le siège d'infiltrations permettant d'alimenter les flux superficiels.

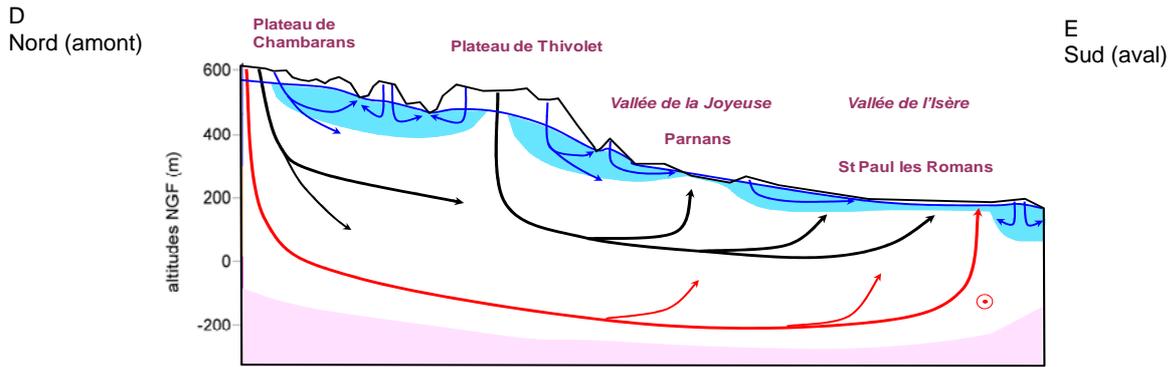


Figure 12 : Coupe hydrogéologique D-E de la vallée de la Joyeuse

II.2.1.3 La Plaine de Valence

La Figure 13 présente une coupe hydrogéologique dans la plaine de Valence, entre Ourches et Beaumont les Valence.

Les flux profonds et intermédiaires sont alimentés par l'infiltration des précipitations en piedmont du Vercors. La remontée du substratum et la présence de buttes molassiques en aval du bassin induisent une remontée du flux profond.

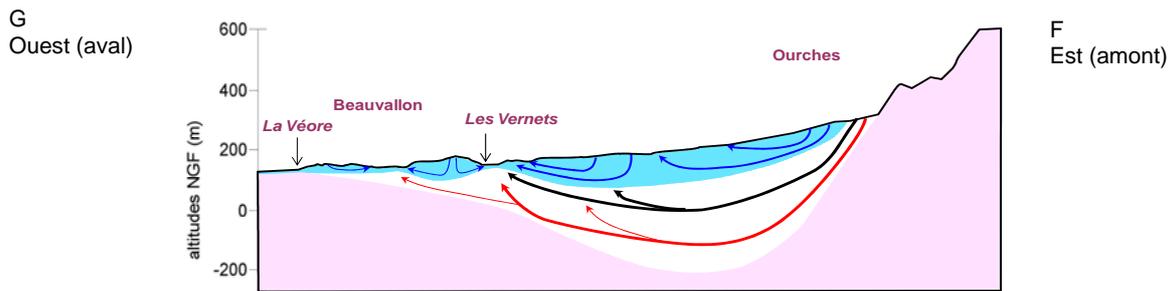


Figure 13 : Coupe hydrogéologique F-G au sud de la Plaine de Valence

II.2.2 Les zones d'alimentation de l'aquifère

La description de ce système d'écoulement implique des secteurs d'alimentation distincts pour chacun des flux.

Les flux profonds et intermédiaires indiquent des eaux infiltrées en altitude, en croisant cette information avec la carte piézométrique, trois secteurs d'alimentation de ces flux sont alors possibles :

- le plateau de Bonnevaux au nord, qui alimente les bassins versants de la Varèze et de la Valloire,
- les plateaux de Chambarans et de Thivolet au niveau de la Drôme des collines, qui alimentent les bassins versants de la vallée de la Valloire, de la Galaure et du nord de l'Isère,
- les contreforts du Vercors qui alimentent tous les bassins versants situés au sud de l'Isère.

Ces secteurs sont présentés sur la Planche 14.

Concernant les flux superficiels, chaque butte molassique est un point d'infiltration des eaux permettant de les alimenter.

II.3 Les exutoires de l'aquifère

Pour les raisons géologiques décrites précédemment (paragraphe I.5.2), la nappe de la molasse ne peut pas se déverser directement dans les alluvions du Rhône ou sa nappe d'accompagnement. En effet, la présence de formations imperméables entre le Rhône et ses alluvions et la formation molassique empêche tout contact entre ces deux entités. La présence des formations pliocènes au contact des marnes oligocènes est illustrée par la Figure 7, c'est ce qui se passe le long de la Plaine de Valence ainsi que le long de la vallée de la Valloire. A l'ouest des vallées de la Galaure et de la Varèze, ce sont les formations du socle qui sont présentes. La limite imperméable est illustrée sur la Planche 15.

Les seules entités, pouvant constituer des exutoires directs de la nappe de la molasse, sont alors les rivières et les nappes superficielles.

II.3.1 Méthodologie

Afin de quantifier et de localiser plus précisément ces sorties nous avons étudié chaque bassin versant séparément (localisation sur la Planche 5) séparément. Dans un premier temps, l'étude de la piézométrie des nappes superficielles et des mesures de débit sur les principales rivières, nous ont permis de localiser les secteurs de décharge possible de la nappe de la molasse.

Nous avons ensuite réalisé des bilans hydrogéologiques afin de voir s'ils sont équilibrés en prenant en compte l'aquifère molassique. Un bilan est équilibré si les sorties (S) sont égales aux entrées (E). Les sorties correspondent au débit de la nappe superficielle et/ou de la rivière (Q) et aux prélèvements (P). Les entrées correspondent aux précipitations efficaces, c'est-à-dire la part des pluies disponible à l'infiltration (I) et au ruissellement (R). Les précipitations efficaces sont égales aux précipitations moins l'évapotranspiration (part évaporée et utilisée par la végétation). Elles ont été estimées pour les 10 dernières années à 311 mm par an sur les bassins versants de la Valloire et de la Varèze, 320 mm par an sur les bassins versant de la Galaure, de la Drôme des collines et des collines iséroises et à 280 mm/an sur l'ensemble des bassins versants situés au sud de l'Isère.

Ces bilans permettent d'avoir une estimation globale des débits qui entrent en jeu. Cependant les incertitudes sont nombreuses, en particulier concernant les précipitations efficaces et les volumes prélevés.

Enfin, nous avons réalisé des prélèvements pour l'analyse géochimique et isotopique (oxygène-18, deutérium et tritium) des eaux de rivières et de nappes superficielles sur 4 bassins versants ciblés :

- la vallée de la Valloire,
- la vallée de la Galaure,
- la nappe des terrasses alluviales de Romans,
- la Drôme et sa nappe d'accompagnement.

L'analyse de la chimie des eaux a également été réalisée sur les trois rivières suivantes : la Varèze, l'Herbasse et la Véore.

A partir de ces données chimiques et isotopiques, nous avons pu calculer quel débit est apporté aux eaux superficielles par les flux profonds et intermédiaires de l'aquifère molassique. En effet lorsque ces flux se déversent dans les eaux superficielles, ces dernières sont marquées par des teneurs plus élevées en magnésium, plus faibles en tritium et parfois

par un appauvrissement en oxygène-18 et deutérium.

La concentration d'un élément mesuré dans les eaux de surface C_o est égale à la somme de la concentration initiale (i.e. sans apport d'eaux anciennes de l'aquifère molassique) notée C_r multipliée par le débit apporté par les eaux récentes Q_r , et la concentration observée dans l'aquifère molassique notée C_a multipliée par le débit d'eaux anciennes (Q_a). L'équation de mélange s'écrit :

$$C_o.Q_o = C_r.Q_r + C_a.Q_a$$

Seuls les résultats obtenus sont présentés dans ce document. Pour plus de précisions sur les calculs réalisés nous invitons le lecteur à consulter le document de thèse.

II.3.2 Etude des bassins versants cibles

II.3.2.1 La Valloire

La vallée de la Valloire est bordée au nord et au sud par des affleurements molassiques. La vallée est constituée par des alluvions fluvio-glaciaires déposées lors de la succession de phases d'avancées et de retraits du glacier isérois. Ces formations quaternaires peuvent atteindre 100 mètres d'épaisseur sur les bordures de la vallée. Le substratum des alluvions est principalement constitué par la molasse miocène. On note cependant la présence d'une rive pliocène au centre de la vallée de la Valloire, qui témoigne du tracé de l'ancienne Isère, dont le cours a été orienté vers son tracé actuel par le glacier.

L'aquifère molassique est quant-à lui intercalé entre les formations pliocènes et le substratum oligocène sur sa partie ouest. Les argiles pliocènes atteignent 270 mètres d'épaisseur au niveau de St Rambert d'Albon (forage F311). Cette configuration empêche tout déversement direct de la nappe molassique vers le Rhône ou sa nappe d'accompagnement.

La superficie totale du bassin est de 875 km², soit 25% de la superficie de la zone d'étude, la molasse est affleurante sur 373 km². Les précipitations efficaces sont de l'ordre de 311 mm par an, soit 272 Mm³/an sur la totalité du bassin dont 104,5 s'infiltrent vers la nappe de la molasse.

Le débit de la nappe superficielle est estimé à 159 Mm³ par an (application de la loi de Darcy le long de l'isopièze 140 m).

Les prélèvements sont estimés à 63 Mm³ par an, dont 4,4 sont prélevés au sein de l'aquifère molassique. Sur ce volume prélevé, 40 Mm³ par an sont rejetés dans le milieu naturel, principalement par les piscicultures (Martin et al, BRGM, 2008).

Enfin, 99 Mm³ par an s'écoulent par les rivières (SRAE Rhône Alpes, 1981 ; Martin et al, BRGM, 2008).

Avec un total des entrées de 312 Mm³ par an et un total des sorties de 321 Mm³ par an, le bilan est considéré comme équilibré compte tenu des incertitudes sur les précipitations efficaces.

Concernant l'aquifère molassique trois exutoires sont possibles : le drainage par les cours d'eau, le drainage par la nappe superficielle et les prélèvements.

Le drainage par les cours d'eau est estimé à 30 Mm³ par an, dont plus d'un tiers est drainé par la Sanne et le Bancel.

Concernant le drainage par la nappe superficielle, la superposition de la carte piézométrique de la nappe de la molasse à celle de la nappe superficielle indique que sur certains secteurs le niveau d'eau dans la molasse est supérieur au niveau d'eau dans les alluvions. Il est donc

possible qu'une drainance ascendante ait lieu entre ces deux nappes. A partir des différences de charges il est possible d'estimer le débit concerné. Nos calculs nous amènent à un débit de l'ordre de 83 Mm³ par an déversés par l'aquifère molassique dans la nappe alluviale par drainance ascendante.

Finalement sur les 110 Mm³ qui s'infiltrent annuellement vers l'aquifère molassique, 30 sont drainés par les cours d'eau, 4,4 sont prélevés et 83 sont drainés par la nappe superficielle. Etant donné l'incertitude sur les précipitations efficaces le bilan est équilibré.

L'apport d'eaux anciennes peut être estimé grâce aux analyses en ions majeurs et en tritium réalisées sur la nappe superficielle. La répartition du magnésium et du tritium dans la nappe est représentée sur la Figure 14 et la Figure 15 respectivement. Il apparaît que les secteurs V1, V2 et V3 ont des teneurs en magnésium élevées par rapport au reste de la nappe et des teneurs en tritium faibles. Ces trois secteurs correspondent également aux endroits où l'aquifère molassique est en charge par rapport à la nappe superficielle.

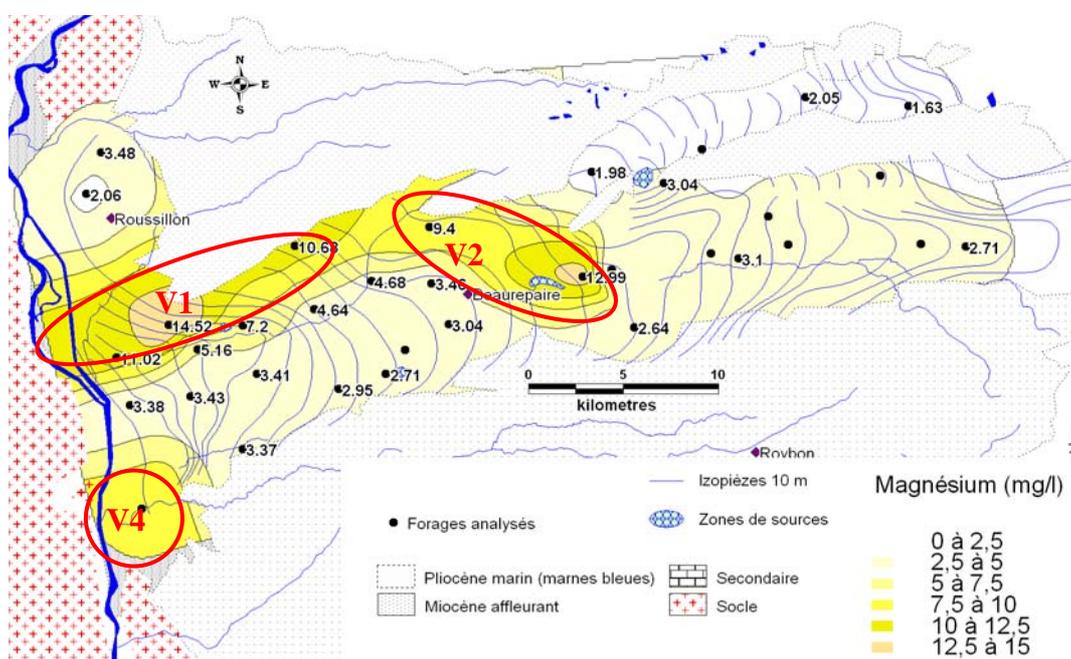


Figure 14 : Répartition du magnésium dans la nappe superficielle de la Valloire

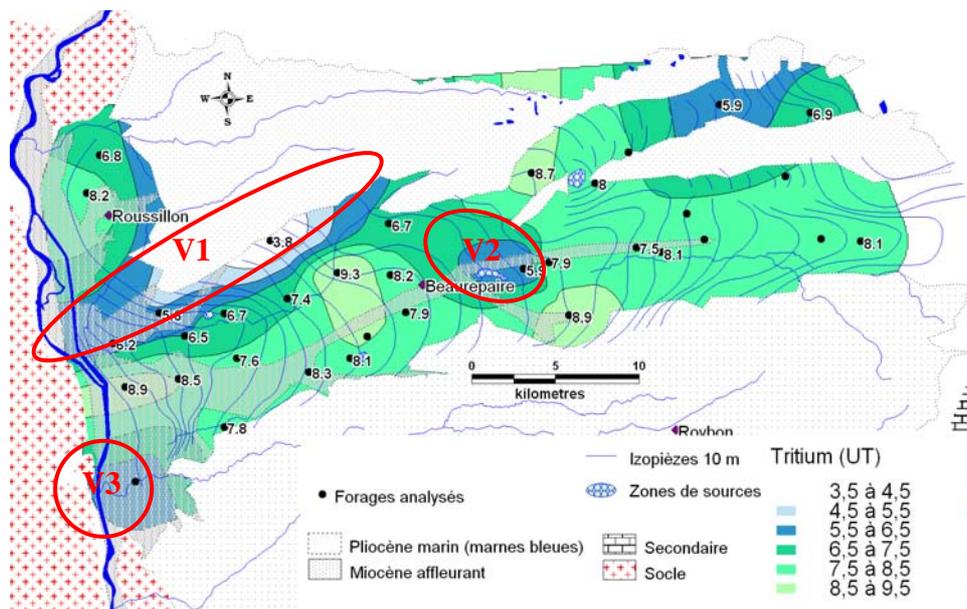


Figure 15 : Répartition du tritium dans la nappe superficielle de la Valloire

L'application de l'équation de mélange sur cette nappe permet d'estimer l'apport d'eaux anciennes entre 28 et 37 Mm³ par an selon que l'on utilise les teneurs en magnésium ou celles en tritium. On conservera une moyenne de 33 Mm³ par an, soit 30 % du débit de la nappe superficielle et 29 % des infiltrations sur l'aquifère molassique.

Il est également probable que la Sanne draine en partie des eaux anciennes.

Entrées			Sorties			
Précipitations efficaces	Infiltrations molasse	104,5	Prélèvements	Molasse	4,4	= 67,4
				Alluvions	63	
	Infiltrations alluvions	163,4	Q drainage molasse	Nappe sup Anciennes	33	= 113
		Rivières (anciennes + récentes)		50		
	Ruissellement	13,6	Q nappe sup hors drainage molasse			76
Restitution prélèvements (piscicultures)		40	Q rivières hors drainage molasse			69
Total		312	Total			325

Tableau 2 : Bilan global sur le bassin versant de la Valloire (Mm³/an)

II.3.2.2 La Galaure

Le substratum de la Galaure est constitué principalement par les formations molassiques. Le fond de la vallée est recouvert par des formations alluviales de faible épaisseur (7m maximum sur les coupes de forage connues) et souvent sèches. La vallée est fermée à l'ouest par la remontée des marnes oligocènes puis par les formations du socle. La Galaure passe au travers de ces formations après St Uze et rejoint les alluvions du Rhône avant de se jeter dans le fleuve à St Vallier. Les flux d'eaux issus de la nappe de la molasse se trouvent donc bloqués à l'ouest par les formations imperméables de l'Oligocène puis du socle après St Uze.

Sur ce bassin d'une superficie de 225 km², les précipitations efficaces sont égales à 72 Mm³ par an dont 52 s'infiltrent vers la nappe de la molasse et 16,4 vers les alluvions en fond de vallée.

Le débit annuel de la Galaure est égal en moyenne à 68 Mm³ par an d'après le suivi mis en place par la DREAL¹² à St Uze, soit très proche de l'estimation des précipitations efficaces sur le bassin. Le débit issu de l'aquifère molassique drainé par la rivière est quant à lui estimé à 49 Mm³ par an. Les prélèvements au sein de l'aquifère molassique sont de l'ordre de 9,6 Mm³ par an. La différence entre les sorties (prélèvements et rivière) et les entrées (infiltration) indique un déficit de 5,6 Mm³ par an (les sorties sont supérieures aux entrées). L'incertitude sur les calculs peut expliquer ce déficit, cependant, sur ce bassin les prélèvements représentent 20% de la recharge, ce qui est relativement élevé.

Concernant les flux profonds, l'évolution du débit de la Galaure et des teneurs en tritium et magnésium sont présentées sur la Figure 16.

¹² Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, anciennement DIREN

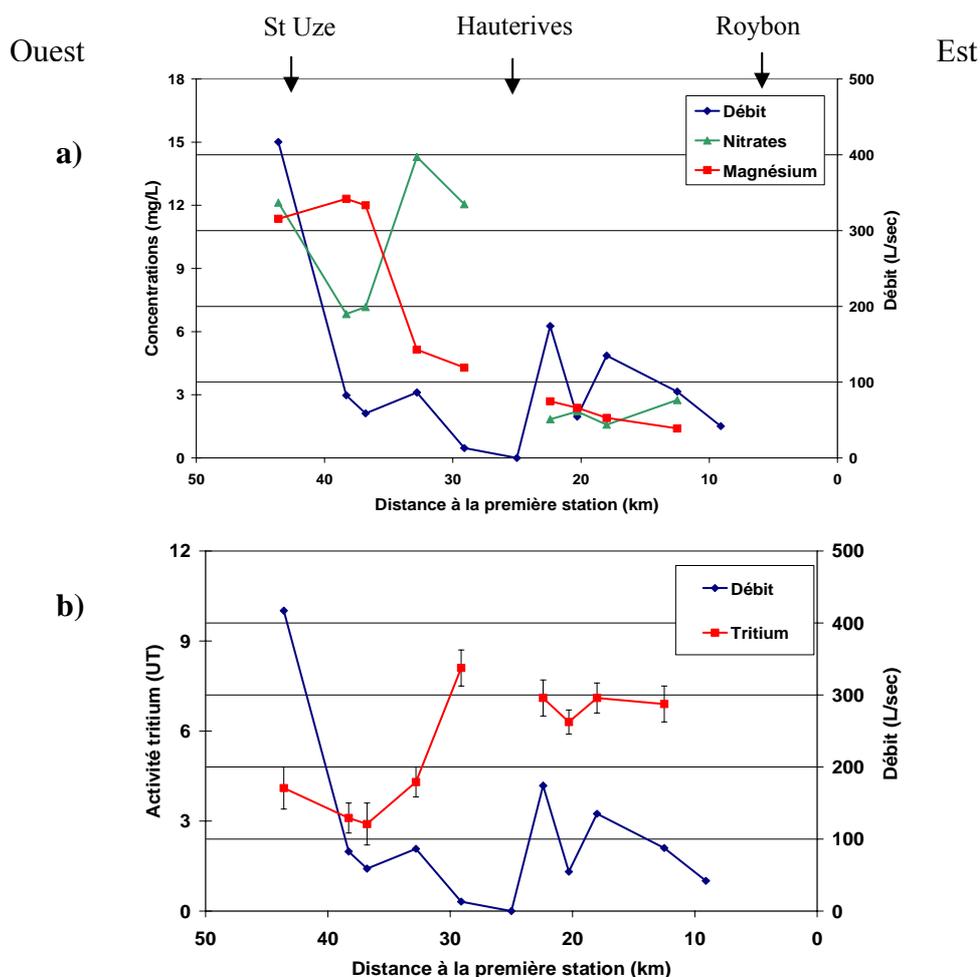


Figure 16 : Evolution du débit, de la concentration en magnésium (a) et de l'activité tritium (b) en fonction de la distance à la première station de mesure sur la Galaure en août 2009

On observe une forte augmentation du débit avant la station de St Uze associée à une augmentation des concentrations en magnésium et à une baisse de l'activité tritium. Ces valeurs indiquent un apport d'eaux anciennes, issues de la nappe de la molasse, vers la Galaure.

L'équation de mélange a été appliquée, nous permettant d'estimer le débit d'eaux anciennes apportées à la rivière à 177 L/sec, soit 43 % du débit d'étiage de la rivière. On peut considérer que ce pourcentage s'applique au débit annuel de drainage de la rivière, soit un débit d'eaux anciennes de 21 Mm³/an.

Ce débit représente 30 % du débit annuel total de la Galaure et 39 % du volume annuel infiltré vers la nappe de la molasse.

Le Tableau 3 résume les résultats obtenus sur le bassin versant de la Galaure et montre que le bilan est globalement équilibré malgré un léger déficit.

Entrées		Sorties			
Infiltrations	52	Prélèvements	Molasse	9,6	= 9,6
			Autre	?	
Infiltration alluvions	16,4	Q drainage molasse	Anciennes	21	= 69 ≈ Q Galaure
			Récentes	28	
Ruissellement	3,6	Drainage par alluvions et/ou rivière	16,4		
		Ruissellement	3,6		
Total	72	Total	78,6		

Tableau 3 : Bilan global sur le bassin versant de la Galaure (Mm³/an)

II.3.2.1 La Drôme des collines- terrasses alluviales de Romans

Ce bassin est assez complexe en raison du nombre d'exutoires possibles de l'aquifère molassique. Le premier exutoire est constitué par les rivières qui s'écoulent du massif des Chambarans vers l'Isère, principalement l'Herbasse mais également la Veauve, la Bouterne, la Savasse et la Joyeuse. Le second correspond aux terrasses alluviales de l'ancienne Isère, qui s'étendent d'est en ouest, au sud des collines molassiques. Enfin l'Isère elle-même peut constituer un exutoire de la nappe de la molasse. Cette dernière est la seule pour laquelle nous ne disposons pas de données, son débit élevé et la présence de plusieurs barrages hydroélectriques ne nous ont pas permis de réaliser des mesures.

Sur ce bassin versant de 406 km², les précipitations efficaces annuelles sont estimées à 130 Mm³ dont 104 s'infiltrent vers l'aquifère molassique, 16 alimentent les nappes superficielles et le reste ruisselle et alimente les nappes alluviales de fond de vallée.

Les prélèvements au sein de l'aquifère molassique sont estimés à 13,4 Mm³ par an.

Le débit de l'Herbasse, mesuré par une station de la DREAL à Pont de l'Herbasse est égal en moyenne à 49 Mm³ par an. Nous ne disposons pas du débit annuel des autres cours d'eau, nous avons donc étendu le débit spécifique de l'Herbasse (débit annuel / surface du bassin versant) aux autres rivières. Le débit annuel de la totalité des autres rivières est finalement de l'ordre de 25 Mm³. Le débit de drainage de l'aquifère molassique par l'ensemble des rivières est quant à lui estimé à 63,5 Mm³ par an.

L'Herbasse et la Joyeuse ont fait l'objet de mesures de débits et de prélèvements pour l'analyse des ions majeurs et de l'activité tritium pour la Joyeuse. Les résultats sont présentés sur la Figure 17. La limite jaune représente la sortie de la rivière du substratum molassique.

Sur la Joyeuse (a), une augmentation du débit est visible entre les stations 2 et 3, elle est associée à une baisse de l'activité tritium et à une légère augmentation de la concentration en magnésium. Sur l'Herbasse, l'augmentation de débit est régulière entre les stations 3 et 6, l'augmentation de la concentration en magnésium est tout aussi régulière entre les stations 2 et 5 puis se stabilise. Pour ces deux rivières, un apport d'eaux anciennes est donc probable. On estime cet apport à 13,4 L/sec pour la Joyeuse (18% de débit d'étiage) et à 206 L/sec pour l'Herbasse (28% du débit d'étiage). Appliqué sur le débit de drainage annuel de la nappe de la molasse par les rivières, ce calcul aboutit à un débit d'eaux anciennes de 13,3 Mm³ par an.

Les autres rivières du bassin ont un profil plus proche de la Joyeuse que de l'Herbasse, on applique donc un pourcentage d'apport d'eaux anciennes au débit de drainage de 18 %, soit un total de 2,5 Mm³/an.

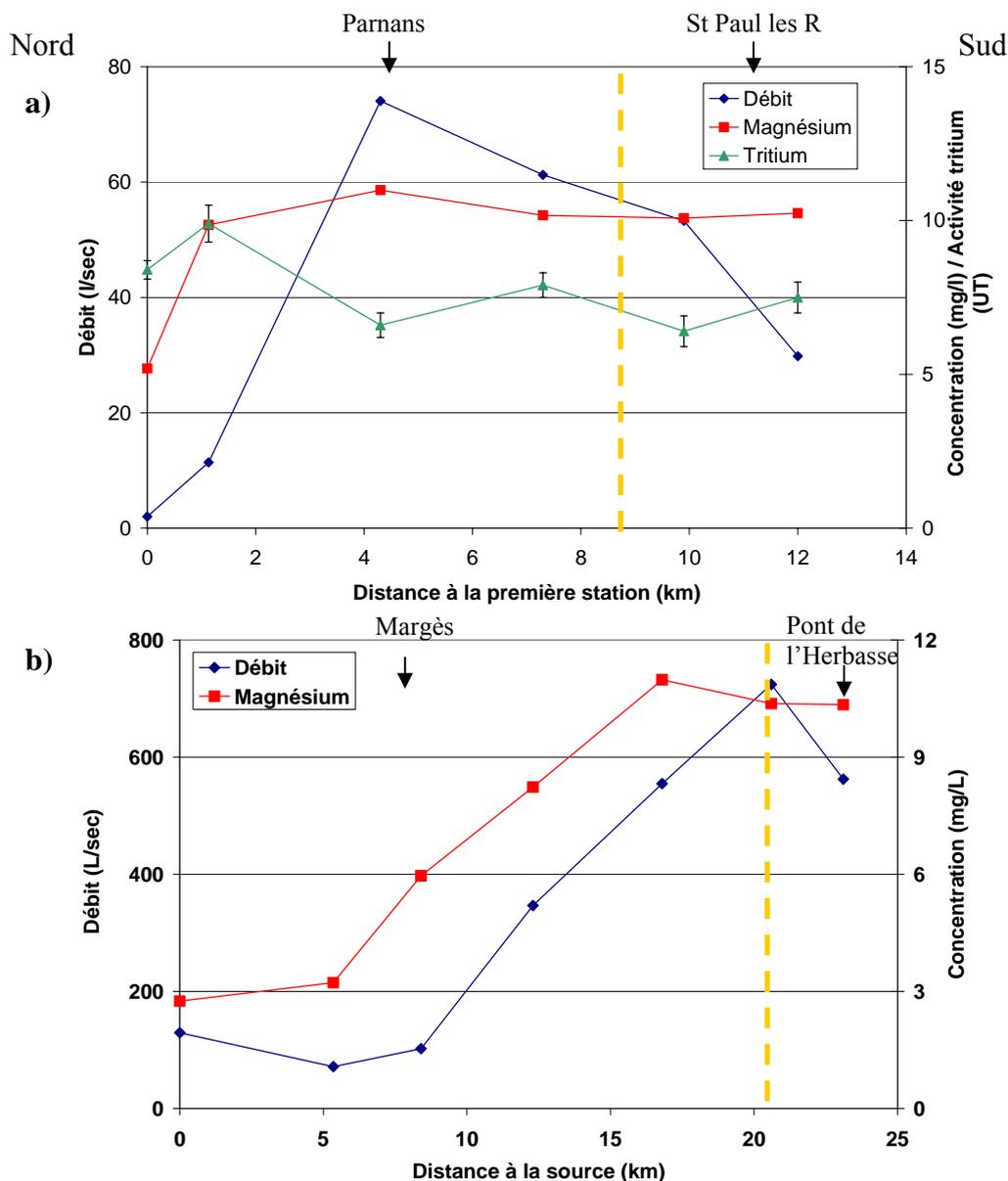


Figure 17 : Evolution du débit, des concentrations en magnésium et de l'activité tritium le long de la Joyeuse (a) et de l'Herbasse (b) en août 2009

La nappe des terrasses alluviales peut être scindée en deux parties distinctes. La première se situe à l'Est de Romans, et se déverse en partie dans l'Isère au niveau de la ville (nappe des terrasses alluviales de Romans), son débit est estimé à 20 Mm³ par an. La seconde, située à l'Ouest de Romans, a un débit proche de 12,6 Mm³ par an.

La nappe des terrasses alluviales de Romans a fait l'objet d'une étude approfondie. Comme pour la nappe superficielle de la Valloire, on constate une forte différence de charge entre la nappe superficielle et la nappe de la molasse. Le calcul de la drainance ascendante a permis d'estimer un débit d'apport de l'aquifère molassique vers la nappe superficielle de 11,8 Mm³ par an. Ce débit correspond au déficit constaté entre le débit de la nappe, de 20 Mm³ par an, et les précipitations efficaces de l'ordre de 9 Mm³ par an.

Nous avons également réalisé des prélèvements pour l'analyse de la chimie et des isotopes sur la nappe superficielle. Sur la Figure 18, les secteurs J1 et J2 indiquent des teneurs élevées en magnésium, associées à de faibles activités tritium. L'application de l'équation de mélange sur cette nappe à partir de ces résultats permet de calculer un apport d'eaux anciennes de

l'ordre de $8,9 \text{ Mm}^3/\text{an}$, soit 43% du débit de la nappe superficielle.

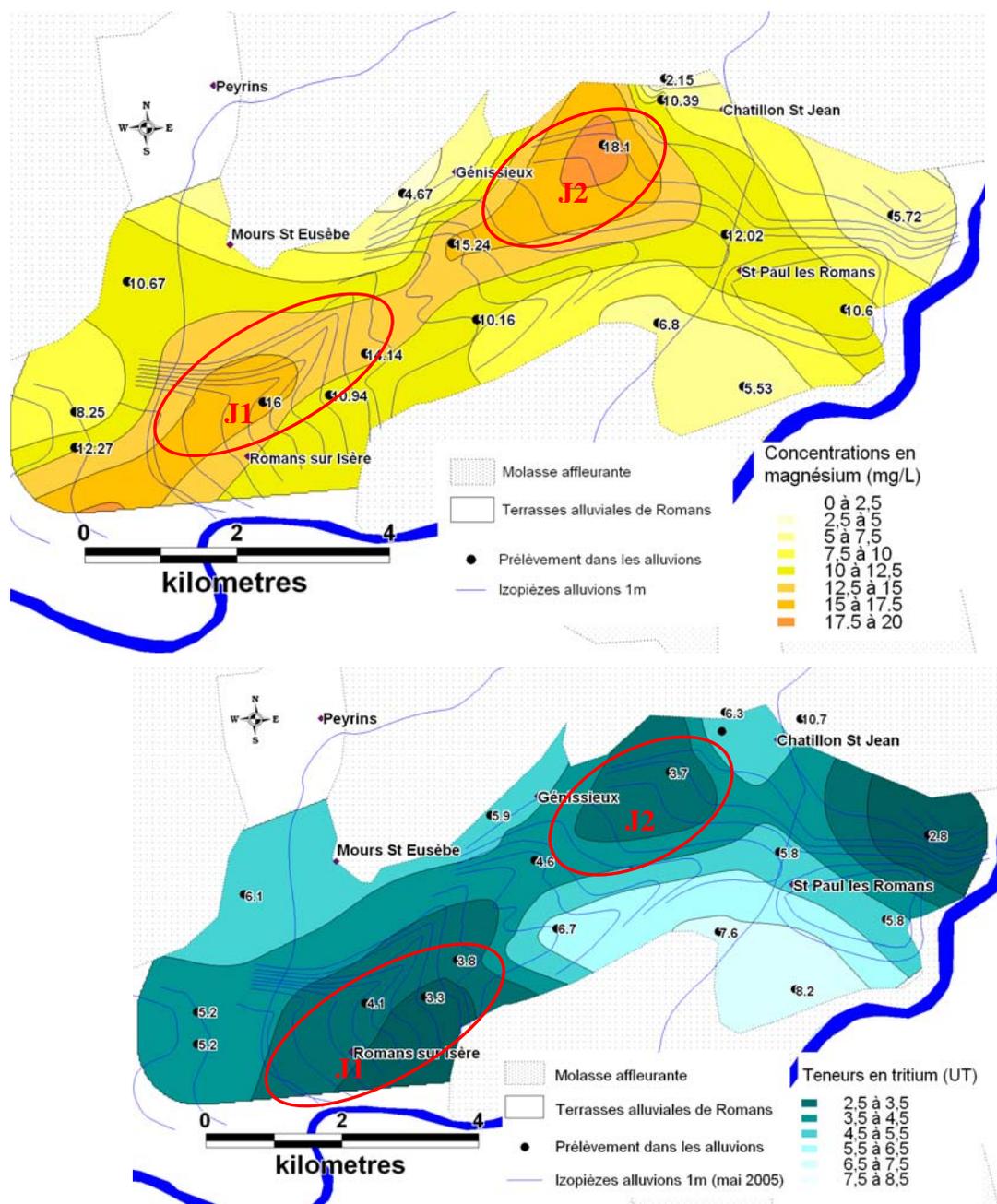


Figure 18 : Répartition des concentrations en magnésium et des activités tritium dans la nappe des terrasses alluviales de Romans.

Sur la partie située à l'Ouest de Romans, les analyses effectuées par De La Vaissière (2006) montraient une concentration en magnésium moyenne de 12 mg/L , indiquant, là encore, un apport d'eaux anciennes. Cet apport a été calculé à $4,5 \text{ Mm}^3$ par an. Nous n'avons pas pu estimer la drainance ascendante sur ce secteur en raison du manque de données piézométriques. Par contre les précipitations efficaces étant de 7 Mm^3 par an sur cette nappe superficielle, et le débit de la nappe de $12,6 \text{ Mm}^3/\text{an}$, un apport total de l'aquifère molassique vers cette nappe de l'ordre de $5,6 \text{ Mm}^3/\text{an}$ est probable.

Finalement sur ce bassin, 104 Mm^3 par an s'infiltrent vers l'aquifère molassique, $13,4$ sont prélevés, $63,5$ sont drainés par les cours d'eau et 17 sont drainés par les nappes superficielles. L'excédent de 10 Mm^3 par an est probablement drainé par l'Isère. Le débit d'eaux anciennes est quant à lui égal à 29 Mm^3 par an au moins (Isère non prise en compte), soit 28% du

volume infiltré vers la nappe de la molasse.

Dans le Tableau 4, un excédent de 10 Mm³/an est observé. Il peut être lié aux incertitudes sur les précipitations efficaces mais également à un drainage par l'Isère.

Entrées			Sorties				
Précipitations efficaces	Infiltrations molasse	104	Prélèvements	Molasse		13,4	= 17,8
				Alluvions		4,4	
	Nappe sup. est Romans	9	Q drainage molasse	Nappe sup	Anciennes	13,4	= 80,9
					Récentes	4	
	Nappe sup. ouest Romans	7		Rivières	Anciennes	15,8	
					Récentes	49,7	
Ruissellement	10	Q nappe sup hors drainage molasse et prélèvements			10,8		
		Q rivières hors drainage molasse			10,5		
Total	130	Total			120		

Tableau 4 : Bilan global sur le bassin versant de la Drôme des collines (Mm³/an)

II.3.2.1 La Drôme

La vallée de la Drôme se situe à l'extrémité sud du périmètre d'étude. Les alluvions de la Drôme qui constituent le lit de la rivière entre Crest et Alex sont disposées en terrasses d'une épaisseur de l'ordre de 10 mètres. Sur le tronçon considéré, le substratum de la vallée est constitué par les formations molassiques et pliocènes. La molasse repose sur les formations oligocènes dans tout le bassin de Crest. Ces dernières, constituées par des calcaires marneux fissurés, affleurent à l'est, au sud et à l'ouest de la vallée. Les formations pliocènes remontent d'ouest en est le long de la plaine alluviale jusqu'à la commune de Eurre. La rivière Drôme prend naissance au sein des formations calcaires du Vercors et rejoint le bassin molassique plusieurs dizaines de kilomètres en aval. Elle traverse ensuite le bassin d'est en ouest.

Les infiltrations vers l'aquifère molassique, issues des précipitations, sont de l'ordre de 15 Mm³ par an. Les prélèvements sont estimés à 1,3 Mm³/an. Les seules autres sorties de la nappe de la molasse sont constituées par la Drôme et sa nappe d'accompagnement. Un drainage par les niveaux sableux des formations pliocènes est possible mais négligeable.

Nous avons réalisé plusieurs analyses et mesures sur la nappe alluviale et la rivière. Cependant le débit de la rivière est élevé par rapport aux cours d'eau étudiés sur bassins versants précédents. Le débit d'eaux récentes, apporté en amont de Crest, est élevé en comparaison du débit d'eaux anciennes apporté par la nappe de la molasse. La dilution des éléments tels que le magnésium et le tritium est donc importante et on ne peut distinguer les apports d'eaux anciennes.

En supposant que la totalité des eaux infiltrées vers la nappe de la molasse se déverse, de façon plus ou moins directe vers la rivière, le débit drainé serait de 0,45 m³/sec, soit environ 21 % du débit d'étiage de la rivière. Si 30 % de ce débit (soit 0,13 m³/sec) correspond à des eaux anciennes, il représenterait alors 6 % du débit d'étiage de la Drôme. Ces valeurs sont cohérentes avec nos mesures mais ne peuvent être confirmées. Le fait que la piézométrie de la nappe de la molasse soit en charge par rapport à la nappe alluviale corrobore néanmoins cette extrapolation.

II.3.3 Extension à l'ensemble de la zone d'étude

Sur les bassins versants étudiés dans cette partie nous disposons de beaucoup moins d'informations que sur les quatre bassins précédents. Nous avons donc du réaliser les bilans par extrapolation en fonction des données disponibles.

II.3.3.1 La Varèze

Ce bassin versant situé à l'extrémité nord de la zone d'étude à une superficie totale de 126 km², la surface disponible à l'infiltration vers l'aquifère molassique est d'environ 100 km². Les précipitations efficaces (311 mm/an) annuelles totales sont de 39 Mm³ par an dont 37 s'infiltrent vers la nappe de la molasse et les alluvions du fond de la vallée, et 2 Mm³ ruissellent.

Les prélèvements sont estimés à 2 Mm³ par an dont 1,4 sont réalisés dans l'aquifère molassique.

La rivière et sa nappe d'accompagnement sont les seuls exutoires possibles pour les eaux de la vallée, la somme de leurs débits annuels doit donc être égal aux précipitations efficaces moins le débit prélevé, soit de l'ordre de 37 Mm³.

On suppose un drainage de la nappe de la molasse par la rivière de l'ordre de 6,9 L/sec/km², soit le même que celui de l'Herbasse et de la Galaure. Ce drainage est alors estimé à 27,4 Mm³/an.

Afin de voir un éventuel apport d'eaux anciennes nous avons réalisé des jaugeages et des analyses sur les eaux de la rivière durant l'été 2009. Les résultats sont présentés sur la Figure 19. A l'aval de la rivière, à Auberive sur Varèze, une forte augmentation du débit accompagnée d'une nette augmentation des teneurs en magnésium est visible. Ce constat implique un apport probable d'eaux anciennes issues de l'aquifère molassique vers la rivière.

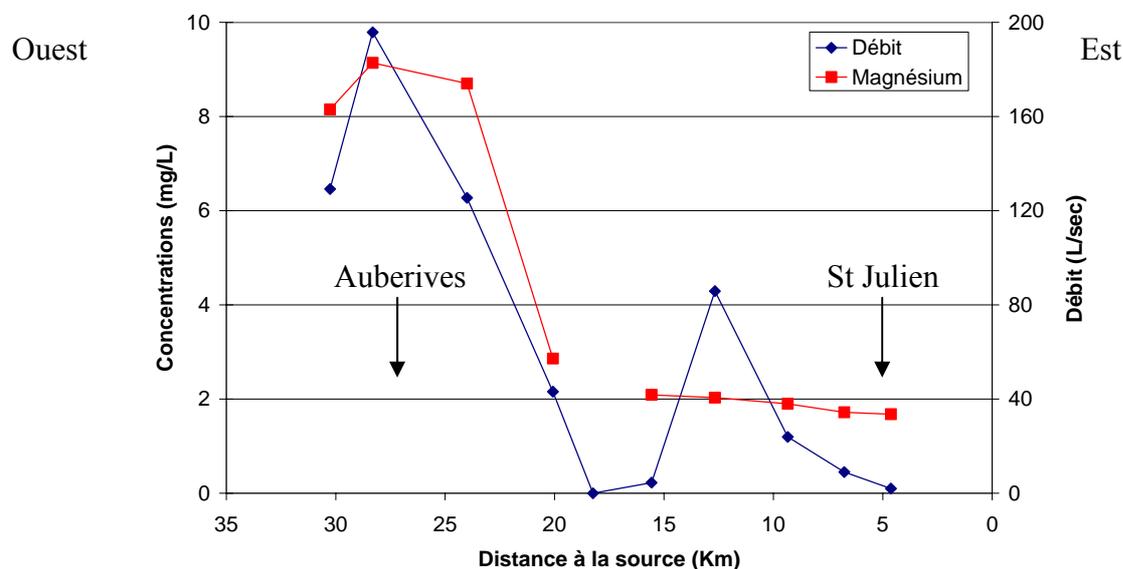


Figure 19 : Débit et concentration en magnésium en fonction de la distance à la source sur la Varèze en août 2009

L'application de l'équation de mélange permet de calculer un débit d'eaux anciennes de 47,3 L/sec, soit 24 % du débit d'étiage de la station 10. En appliquant ce pourcentage au débit de drainage de la Varèze, on obtient un débit d'eaux anciennes de 6,6 Mm³ par an.

Finally on this basin, the infiltrations are 37 Mm³/an, the withdrawals are 2 Mm³ per an, the drainage of the aquifer of the molasse by the river is 27,4 Mm³/an, of which 6,6 are old waters. The 10 Mm³ per an remaining are also drained by the river, after having been filtered, or drained by the aquifer of the accompaniment.

The Table 5 summarizes the balance realized on the basin of the Varèze.

Entrées		Sorties			
Infiltrations	37	Prélèvements	Molasse	1,4	= 2
			Autre	0,6	
		Q drainage molasse	Anciennes	6,6	
Récentes	20,8				
Ruissellement	2	Drainage par alluvions et/ou rivière	7,2		
		Ruissellement	2		
Total	39	Total	38,6		

Tableau 5 : Bilan global sur le bassin versant de la Varèze (Mm³/an)

II.3.3.2 Les collines iséroises

This basin is traversed from north to south by several courses of water (the Furand, the Cumane, the Vezy and the Trefy) which empty into the Isère. The aquifer of the molasse terraces of St Marcelin covers the aquifer of the molasse along the Isère. This aquifer is perched with respect to the Isère, it empties into the river via sources or the other courses of water. We have very little data on this basin (no piezometric map of the alluvions nor discharge of the courses of water). The balance will therefore be realized by extrapolation of the information obtained on the sectors studied previously.

The effective annual precipitations are of the order of 100 Mm³ of which 70 feed the molasse aquifer.

The withdrawals in the molasse aquifer are weak on this basin, of the order of 2 Mm³ per an.

The discharge drained by the ensemble of the rivers is estimated at 41 Mm³ per an.

An excess of 27 Mm³ is therefore visible, this volume is drained either by the superficial aquifer, or by the Isère or by the two.

Based on the results obtained on the other basins, one can suppose that 35% of the infiltrated waters reach the deep and intermediate fluxes of the molasse, or about 24,7 Mm³ per an.

The balance is summarized in Table 6.

Entrées			Sorties			
Précipitations efficaces	Infiltrations molasse	70	Prélèvements	Molasse	2	= 2
				Alluvions	?	
	Nappe sup.	25	Q drainage molasse	Rivières	41	= 68 dont environ 24,7 sont anciennes
				Nappe sup et/ou Isère	27	
Ruissellement	5	Q rivières et nappes hors drainage molasse			30	
Total	100	Total	100			

Tableau 6 : Bilan global sur le bassin versant des collines iséroises (Mm³/an)

II.3.3.3 Le sud de l'Isère

Sur ce bassin, les formations molassiques sont recouvertes en grande partie par les cailloutis d'Alixan à l'est et par les alluvions de l'ancienne Isère à l'ouest. Les écoulements sont orientés vers le nord-ouest, et l'Isère apparaît comme le drain principal de l'aquifère. Comme pour le bassin précédent, nous disposons de peu de données.

L'infiltration vers l'aquifère molassique est estimée à 9 Mm^3 par an seulement en raison de la faible surface d'affleurement de la formation.

Les prélèvements sont de l'ordre de $1,8 \text{ Mm}^3/\text{an}$.

On supposera que les eaux anciennes représentent 35% des eaux infiltrées vers l'aquifère molassique, soit environ $3,2 \text{ Mm}^3/\text{an}$.

Les prélèvements réalisés par De La Vaissière (2006) sur la nappe superficielle indiquent des teneurs en magnésium proches de 5 mg/L sauf pour un puits sur lequel elle est de 16 mg/L . Il est possible que ce point témoigne d'un apport d'eaux anciennes, nous ne disposons cependant pas de suffisamment de données pour réaliser un bilan plus complet sur ce bassin.

Le bilan est résumé dans le Tableau 7.

Entrées		Sorties		
Précipitations efficaces = Infiltrations molasse	9	Prélèvements molasse		= 1,8
		Q anciennes	3,2	= 7,2
		Q récentes	4	
Total	9	Total		9

Tableau 7 : Bilan global sur le bassin versant du sud de l'Isère (Mm^3/an)

II.3.3.4 La plaine de Valence

Ce bassin versant comprend les rivières Barberolle et Véore. Les formations molassiques sont en partie recouvertes à l'est par les cailloutis d'Alixan et à l'ouest par les alluvions de l'ancienne Isère. Le bassin molassique est fermé à l'ouest par la remontée du substratum oligocène et la présence de la ria pliocène du Rhône. La Véore, la Barberolle et les nappes superficielles constituent alors les seuls exutoires possibles de l'aquifère molassique.

Avec une superficie totale de 370 km^2 et des précipitations efficaces de 280 mm/an , le volume annuel disponible pour l'infiltration est de 104 Mm^3 . Seulement $37,8 \text{ Mm}^3$ s'infiltrent vers la nappe de la molasse auxquels on peut ajouter 4 Mm^3 venant de l'infiltration des rivières issues du Vercors. La nappe superficielle est quant à elle alimentée à hauteur de $58,9 \text{ Mm}^3$ par an par les précipitations, de $8 \text{ Mm}^3/\text{an}$ par infiltration du débit de trop plein du canal de la Bourne et de $4 \text{ Mm}^3/\text{an}$ par infiltration des rivières issues du Vercors.

Les prélèvements dans la nappe de la molasse sont proches de 9 Mm^3 par an, le principal usage étant l'alimentation en eau potable. Dans la nappe superficielle ils sont estimés à 5 Mm^3 par an.

Le débit de la nappe superficielle est de 60 Mm^3 par an selon BURGEAP en 1964 (la nappe se déverse principalement dans plusieurs sources présentes à l'Est de Valence). Nous ne disposons pas de carte piézométrique plus récente, ni de chronique piézométrique suffisamment ancienne pour connaître l'évolution du niveau d'eau depuis 1964.

Le débit moyen annuel de la Véore, mesuré à l'aval d'Etoile sur Rhône par la DREAL, est de 38 Mm^3 par an. Le débit de drainage de l'aquifère molassique par la rivière est quant à lui estimé à $32 \text{ Mm}^3/\text{an}$. La Barberolle ne semble pas jouer le rôle de drain de l'aquifère

molassique, son débit annuel total est de l'ordre de 8 Mm³.

Le bilan est très légèrement déficitaire (entrées égales à 118 Mm³ et sorties égales à 120Mm³) mais reste cohérent compte tenu des incertitudes sur les précipitations efficaces.

Concernant l'aquifère molassique, un léger excédent est visible (+5 Mm³/an), à nouveau cet excédent correspond aux incertitudes sur les pluies efficaces. Cependant, la nappe superficielle des alluvions de l'ancienne Isère peut également constituer un drain de l'aquifère molassique. Lors de leur étude sur les nappes superficielles de la Drôme en 1964, BURGEAP avait tenté de réaliser un bilan hydrogéologique. Ils avaient alors constaté un excédent de 9 à 12 Mm³ sur la nappe superficielle, pouvant provenir de l'aquifère miocène. Cette hypothèse n'avait pas été émise à l'époque de l'étude en raison du peu de connaissances dont ils disposaient sur cet aquifère.

Concernant l'estimation du flux d'eaux anciennes drainé par la Véore, les résultats des jaugeages et de l'analyse des teneurs en magnésium sont présentés dans la Figure 20. Après le trait jaune, la rivière s'écoule dans les alluvions du Rhône.

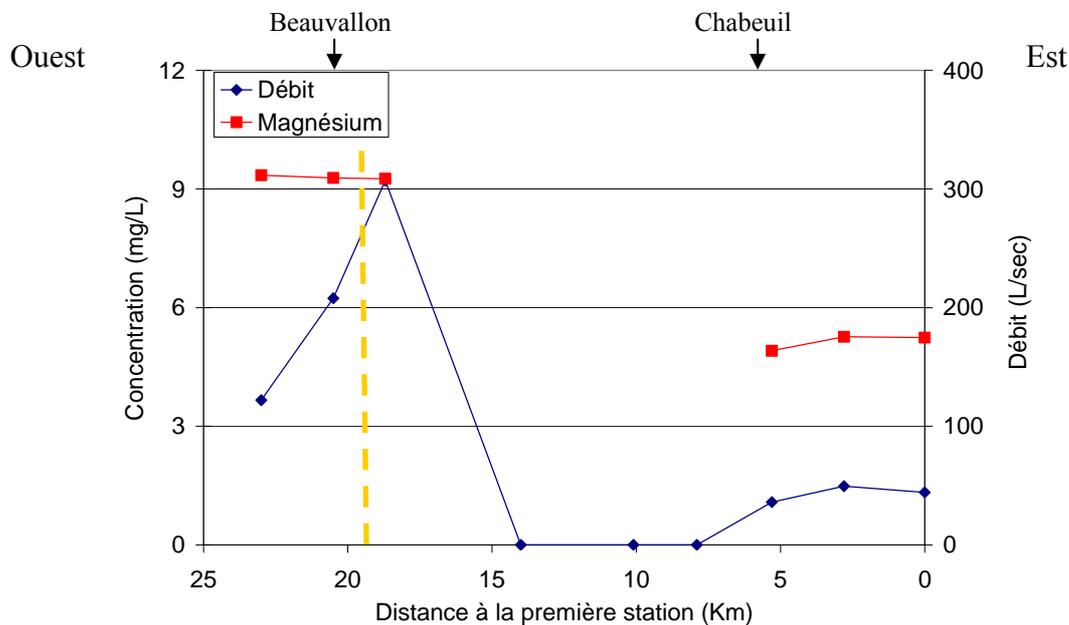


Figure 20 : Evolution du débit et des concentrations en magnésium le long de la Véore en août 2009

Lors de nos mesures, la rivière était à sec entre Chabeuil et Beaumont les Valence. Après, le débit augmente fortement et les teneurs en magnésium sont beaucoup plus élevées. L'application de l'équation de mélange aboutit à un apport d'eaux anciennes de 65,4 L/sec, soit 21 % du débit d'étiage de la station 7. L'application de ce pourcentage au débit de drainage de la nappe de la molasse par la Véore permet d'estimer le débit annuel d'eaux anciennes apporté à la rivière à 6,8 millions de m³ par an, soit 11 % du volume infiltré dans l'aquifère molassique. Cette valeur est très en dessous de celles calculées sur les autres bassins. Il nous manque cependant l'estimation du débit drainé par la nappe superficielle ainsi que le débit d'eaux anciennes capté par les forages. Par exemple, nous savons que les ouvrages du syndicat du Sud Valentinois captent principalement le flux profond à hauteur de 1,6 Mm³ par an. On peut également estimer que si 30 % des eaux infiltrées dans l'aquifère alimentent les flux profonds et intermédiaires, soit un volume annuel de 13,8 Mm³/an, alors environ 5 Mm³ seraient drainés par la nappe superficielle. Cette valeur est cohérente avec le bilan réalisé par BURGEAP en 1964.

Le Tableau 8 résume le bilan réalisé sur la plaine de Valence.

Entrées			Sorties				
Précipitations efficaces	Infiltrations molasse	37,8	Prélèvements	Molasse		9	= 14
				Alluvions		5	
	Nappe sup.	58,9	Q drainage molasse	Nappe sup	Anciennes	5	= 37 à 42
		Récentes			0 à 5		
Ruissellement	7,3	Rivières	Anciennes	6,8			
			Récentes	25,2			
Infiltrations pied de Vercors	Alluvions	4	Q nappe sup hors drainage molasse et prélèvements			45 à 50	
	Molasse	4					
Trop plein Bourne		8	Q rivières hors drainage molasse			14	
Total		120	Total			115	

Tableau 8 : Bilan global sur le bassin versant de la Plaine de Valence (Mm³/an)

II.3.4 Bilan général

Les bilans réalisés permettent d'avoir une bonne vision d'ensemble des débits transitant au sein de la nappe de la molasse pour chacun des bassins versants. Ils sont donc globalement équilibrés, impliquant que l'aquifère molassique se déverse en totalité dans les cours d'eau et les nappes superficielles. Les résultats obtenus sur l'aquifère molassique sont résumés dans le Tableau 9.

	Q infiltré	Q prélevé	Exutoires	Q drainé		Qa / Q infiltré
				Total	Qa	
Varèze	37	1,4	Varèze	27,4	6,6	0,18 sans les alluvions
			Nappe alluviale	7,2	?	
Valloire	104,5	4,4	Nappe sup	83	33	0,3 sans les rivières
			Rivières	30	?	
Galaure	52	9,6	Galaure	49	21	0,35
Drôme des collines	104	13,4	Nappes sup	17,8	13,4	0,28 sans l'Isère
			Rivières	65,5	15,8	
			Isère	10 ?	5 ?	
Collines iséroise	70	2	Nappes sup	27 ?	25	0,35 supposés
			Rivières Isère	41		
Sud Isère	9	1,8	Nappe sup Isère	7,2	3,2	0,35 supposés
Plaine de Valence	41,8	9	Nappe sup	≈10	5 ?	0,21 pour la Véore
			Véore	32	6,8	
Drôme	15	1,3	Drôme	13,7	4,5 ?	0,30 supposés
Total	435	43		398	140	

Tableau 9 : Bilan global de l'aquifère molassique par bassin versant (débits en Mm³ par an).

Toutes les rivières qui prennent naissance au niveau des plateaux de Chambarans et de Bonnevaux sont soutenues par l'aquifère molassique en étiage. Le soutient de leurs débit d'étiage par les eaux anciennes de l'aquifère molassique varie entre 24 et 33% (en utilisant uniquement le magnésium, les calculs réalisés à partir des teneurs en tritium sont

systématiquement plus élevés).

Concernant les nappes superficielles, le soutien des débits est compris en 40 et 60 %. L'apport d'eaux anciennes est particulièrement important sur les nappes des terrasses alluviales du bassin de la Drôme des collines puisqu'il est estimé à 50 % du débit des nappes.

Le soutien des débits des rivières et des nappes superficielles par l'aquifère molassique est donc important. Un équilibre entre tous ces réservoirs existe et devra être pris en compte dans la gestion de la nappe.

Nous avons par ailleurs localisé les secteurs de sorties de l'aquifère molassique sur la Planche 15.

Concernant les prélèvements au sein de l'aquifère molassique on observe une très forte hétérogénéité spatiale. Le rapport entre le volume prélevé et la recharge est de 0,1 en moyenne mais il varie entre 0,03 et 0,2 selon les bassins versants concernés. Les bassins sur lesquels ce rapport est le plus élevé étant ceux de la Galaure et de la Plaine de Valence.

II.4 Conclusions

L'association de données géologiques et hydrogéologiques - rassemblées dans la base de données – avec les analyses chimiques et isotopiques a permis :

- de confirmer le modèle de fonctionnement de l'aquifère décrit par De La Vaissière et de l'étendre au secteur isérois,
- de préciser les zones de décharge de l'aquifère et de quantifier les flux sortants.

Au sein de la nappe de la molasse, **les eaux s'écoulent donc selon un système de flux** :

- les flux superficiels, caractérisés par des eaux récentes, souvent polluées, infiltrées à proximité du point de prélèvement et ayant des vitesses de circulation rapides (une centaine de mètres par an) ;
- les flux profonds, au sein desquels les eaux sont âgées (quelques centaines à plusieurs milliers d'années), indemnes de toute contamination anthropique, se sont infiltrées en altitude, loin du point de prélèvement et qui ont des vitesses de circulation très lentes (1 à 10m/an) ;
- les flux intermédiaires dont les caractéristiques sont intermédiaires entre les deux flux précédents. Les eaux circulant dans ces flux sont soit d'un âge intermédiaire, soit la résultante d'un mélange entre les eaux profondes et les eaux superficielles.

Les zones d'alimentation des flux profonds ont pu être définies comme :

- le piedmont de Vercors pour le sud de l'Isère,
- le plateau de Chambarans pour les collines molassiques et la Valloire,
- le plateau de Bonnevaux pour la Valloire et la Varèze.

Les zones de décharges de la nappe de la molasse ont été identifiées et les volumes concernés ont été calculés. Il s'agit des nappes superficielles et des rivières qui drainent l'aquifère molassique. Le soutien des débits d'étiage par la nappe de la molasse en général et par les flux profonds en particulier permet de maintenir les niveaux d'eau. Les eaux anciennes (flux profonds et intermédiaires) représentent 24 à 33% de la recharge de la nappe de la molasse.

III Bilan quantitatif et qualitatif de l'aquifère

Comme l'impose la Directive cadre Européenne sur l'Eau (DCE), l'aquifère molassique fait l'objet d'un programme de surveillance de l'état des eaux. Ce suivi est assuré par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse pour le volet qualitatif et par la DREAL Rhône Alpes et le BRGM pour le volet quantitatif. Le Département de la Drôme a également mis en place un observatoire des eaux souterraines depuis 2009. Les ouvrages suivis sont localisés sur la Planche 16.

Nous avons dans un premier temps étudié la variation des niveaux d'eau de l'aquifère et décrit l'impact des prélèvements sur la nappe.

Nous avons ensuite analysé la qualité naturelle de la nappe de la molasse, c'est-à-dire les concentrations naturellement acquises par les eaux.

Enfin un descriptif de l'état actuel des eaux et son évolution depuis 2005 a été réalisé.

III.1 Bilan quantitatif

III.1.1 Evolution des niveaux d'eau

Le graphique présenté sur la Figure 21 montre les variations de niveau d'eau sur le piézomètre de Margès dans la Drôme des collines. Cet ouvrage est suivi depuis 1987.

On observe 2 cycles dans les variations de niveau :

- le premier est annuel avec une baisse du niveau de 2 mètres en moyenne entre les mois de février-mars et d'août-septembre en raison des pompages pour l'irrigation, le niveau d'eau revient à sa côte initiale de façon quasiment immédiate à l'arrêt des pompages,
- un cycle pluriannuel non régulier (variable entre 2 et 5 ans), mais homogène sur les piézomètres suivis. L'amplitude maximale du niveau piézométrique entre ces cycles est de l'ordre de 4 mètres. Ainsi les niveaux d'eau actuels correspondent à ceux observés entre 1984 et 1988.

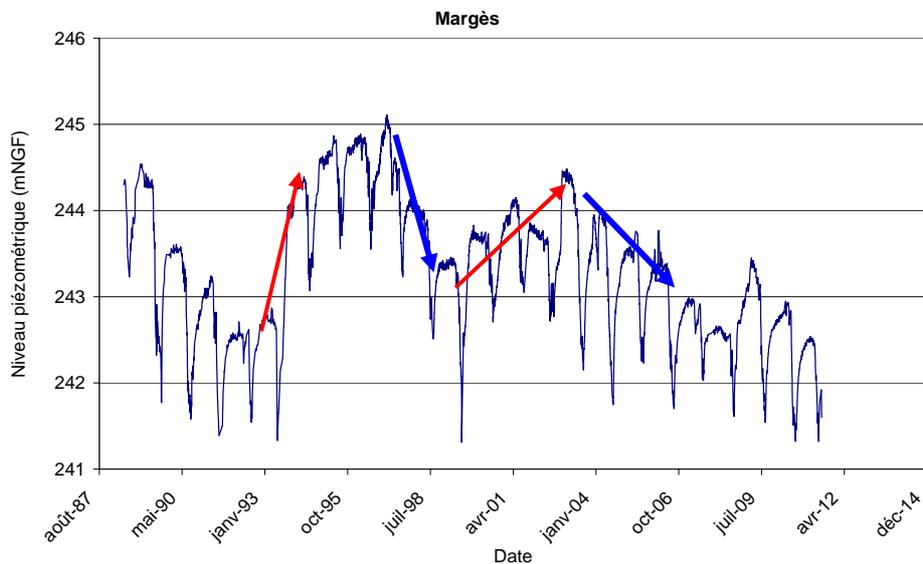


Figure 21: Variation du niveau piézométrique de l'aquifère molassique à Margès

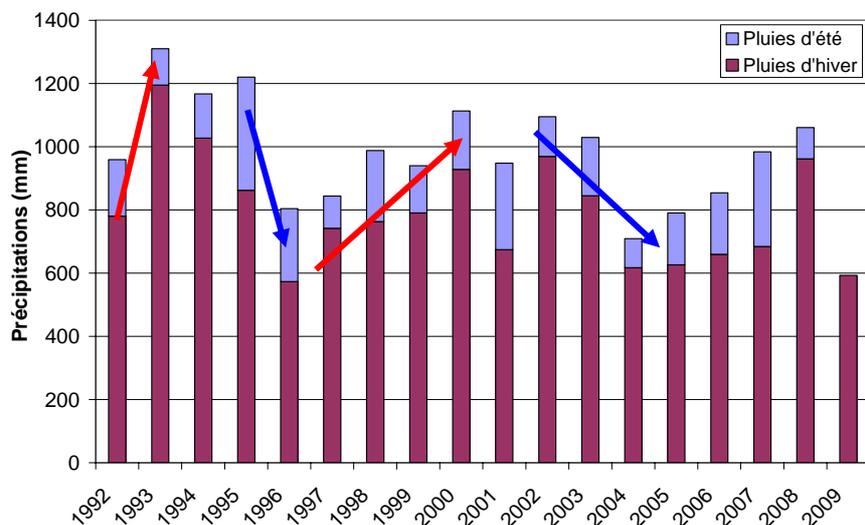


Figure 22 : Hauteur des précipitations d'hivers et d'été à Crest de 1993 à 2010

La variation des hauteurs de précipitations à Crest est indiquée sur la Figure 22. Nous avons distingué les pluies d'été des pluies d'hiver, ces dernières étant les seules à participer à la recharge de la nappe.

La comparaison des variations du niveau piézométrique avec le cumul des précipitations indique que l'aquifère molassique répond rapidement aux variations des précipitations (flèches rouges pour les hausses, bleues pour les baisses). Par exemple, la plus forte variation observée depuis le début du suivi a eu lieu entre les hivers 1992-1993 et 1993-1994, elle correspond également aux plus fortes précipitations annuelles et hivernales. Après cette remontée, le niveau piézométrique a continué à augmenter alors que les précipitations ont diminué. Il apparaît donc que la charge de l'aquifère intègre les précipitations des années précédentes. A l'inverse, les faibles précipitations de l'hiver 1996-1997 sont associées à une baisse du niveau statique.

Le niveau d'eau de l'aquifère molassique étant lié aux précipitations, il est important de suivre l'évolution du climat. En effet, les études menées sur le réchauffement climatique en cours prévoient une augmentation globale des températures. Au niveau des Alpes Suisses (*Beniston, 2010*) et de la Méditerranée (*Giannakopoulos et al, 2009*) les modèles montrent que cette augmentation des températures sera associée à une baisse des précipitations. Une baisse des précipitations neigeuses et une augmentation de l'intensité des pluies, et donc du ruissellement, sont également attendues. L'ensemble de l'évolution climatique prévue n'est donc pas favorable à la recharge des nappes et devra être prise en compte pour une gestion durable.

III.1.2 Impact des prélèvements

III.1.2.1 Relations avec les nappes superficielles et les rivières

III.1.2.1.1 Fonctionnement sans exploitation

Nous avons vu précédemment que l'aquifère molassique apporte un soutien important aux débits des rivières et des nappes superficielles présentes sur la zone d'étude, et ce particulièrement en période d'étiage estival.

Ce soutien est dû à une drainance ascendante : le niveau d'eau dans la molasse est supérieur à celui des eaux superficielles, c'est cette différence de charge qui provoque le phénomène de drainance. Le schéma présenté sur la Figure 24 montre ce phénomène de différence de charge lorsque la nappe de la molasse n'est pas exploitée, on a pris ici l'exemple de la nappe superficielle de la plaine de Romans et de la Galaure avec la remontée du flux d'eaux anciennes qui alimentent les eaux superficielles.

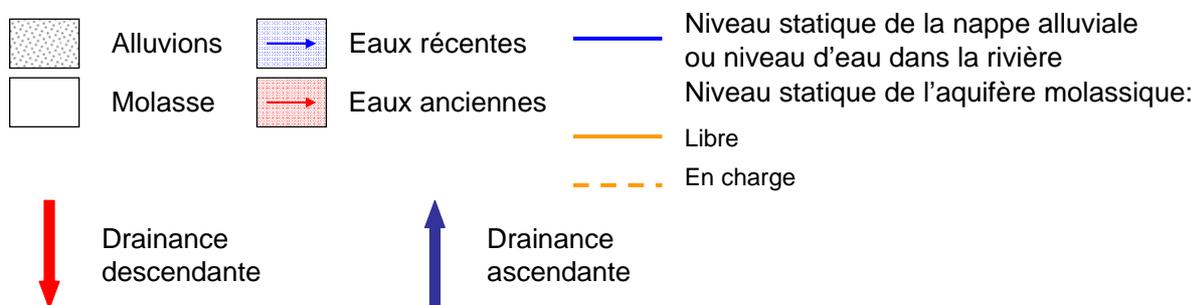


Figure 23 : Légende des schémas de drainance

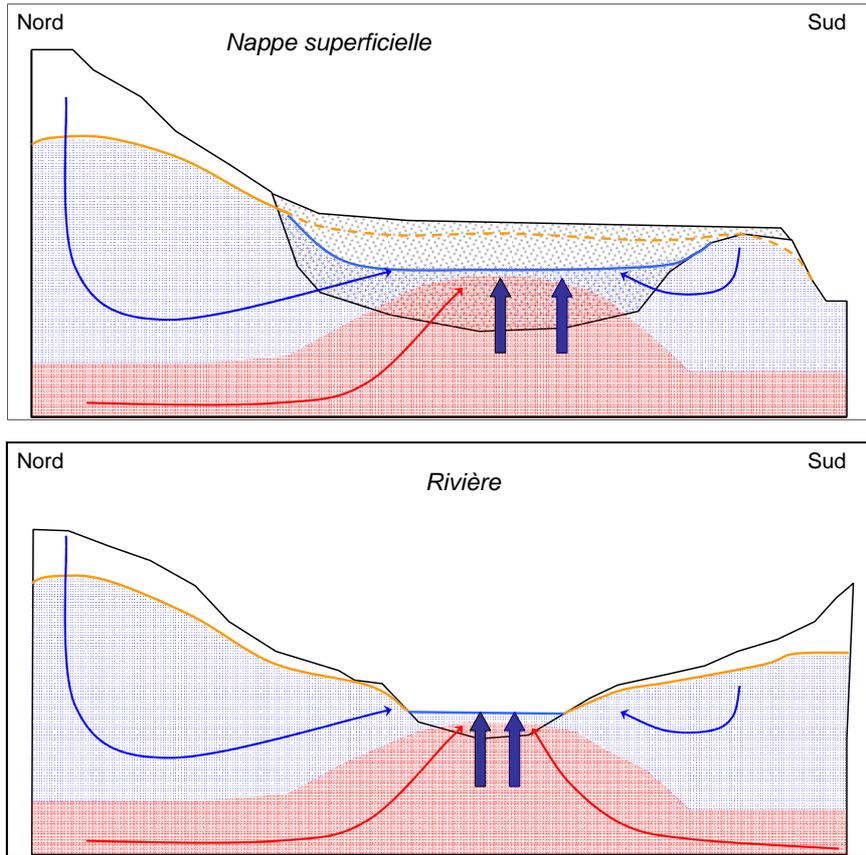
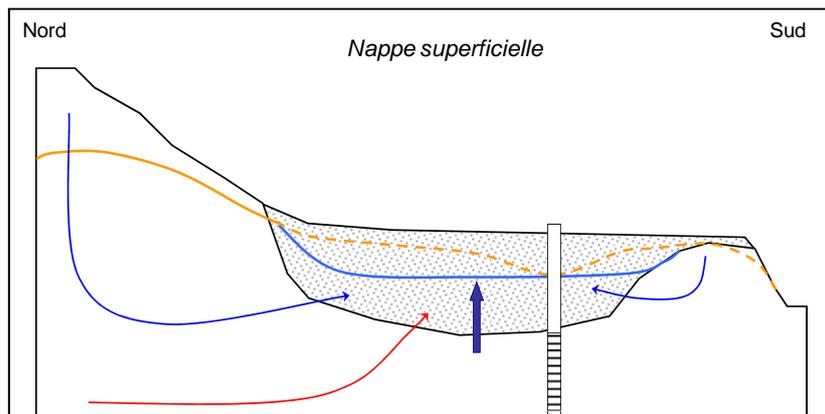


Figure 24 : Schéma des interactions entre l'aquifère molassique et une nappe superficielle et une rivière sans exploitation de la nappe molassique

III.1.2.1.2 Fonctionnement avec exploitation raisonnée

Si l'exploitation de l'aquifère molassique est raisonnée, on a le schéma présenté sur la Figure 25. Le niveau d'eau global de la nappe de la molasse reste supérieur à celui de la nappe superficielle, ou à la hauteur d'eau dans la rivière, la drainance ascendante existe toujours, seuls les débits échangés diffèrent.



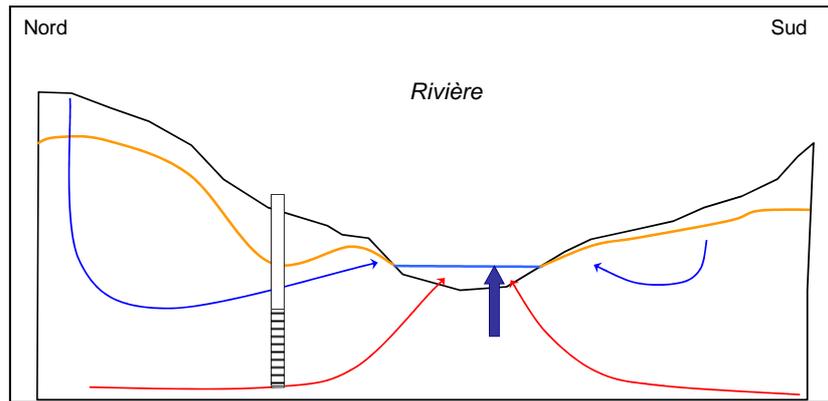


Figure 25 : Schéma des interactions entre aquifères et entre la nappe de la molasse et une rivière avec exploitation raisonnée de la nappe molassique

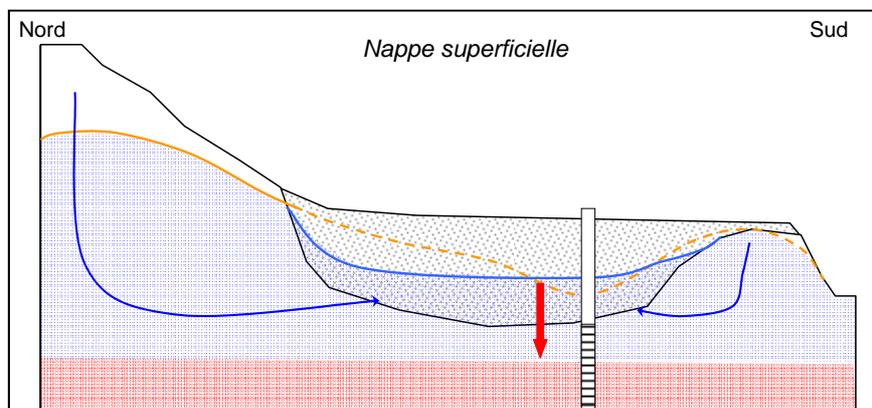
III.1.2.1.3 Fonctionnement en cas de sur exploitation

Enfin en cas de surexploitation de l'aquifère molassique on risque d'inverser la différence de charge : le niveau d'eau de la nappe superficielle ou de la rivière devient supérieur à celui de l'aquifère molassique comme indiqué sur la Figure 26. On crée alors une drainance descendante, ce sont les eaux superficielles qui alimentent l'aquifère molassique. Les conséquences de ce phénomène sont à la fois quantitatives et qualitatives.

D'un point de vue quantitatif, en plus de la baisse évidente du niveau d'eau de l'aquifère molassique, une baisse du niveau d'eau de la nappe superficielle (ou du cours d'eau) est à prévoir. Sur une nappe telle que les terrasses alluviales de Romans, alimentées à plus de 50% par la nappe de la molasse, la baisse du niveau serait conséquente et ne permettrait probablement plus d'exploiter cette nappe superficielle. Pour les cours d'eau des collines molassiques, les conséquences seraient particulièrement importantes en été puisque seule la nappe de la molasse permet de maintenir leur débit d'étiage.

D'un point de vue qualitatif les conséquences seraient :

- pour la nappe superficielle et les rivières la perte des apports d'eaux anciennes, non polluées, qui permettent actuellement la dilution des pollutions,
- pour la nappe de la molasse, l'infiltration des eaux superficielles, souvent atteintes par des pollutions d'origine anthropique, vers les eaux anciennes, initialement non polluées (c'est le cas du forage AEP de Manthes sur lequel les teneurs en nitrates augmentent régulièrement depuis son exploitation).



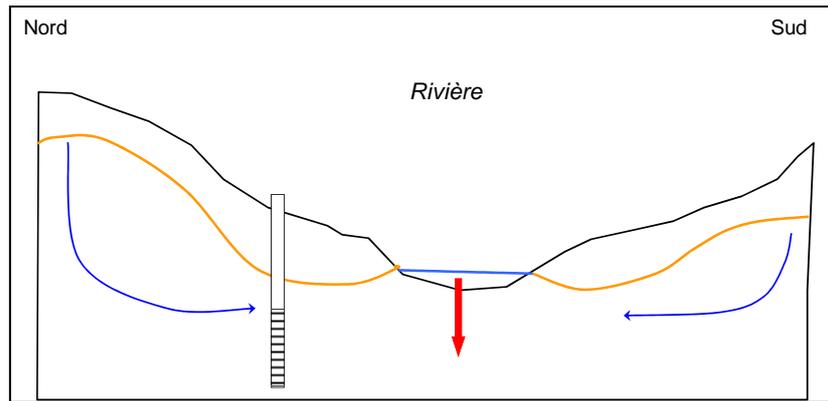


Figure 26 : Schéma des interactions entre aquifères avec sur exploitation de la nappe molassique

III.1.2.2 Relation entre les flux de l'aquifère molassique

Il est important de noter que toutes les relations décrites ci-dessus ont également lieu entre le flux superficiel et le flux profond de l'aquifère molassique. En effet le flux profond est en charge par rapport au flux superficiel, la conséquence de pompages trop importants du flux profond engendrera donc les mêmes conséquences que lorsqu'il s'agit d'une nappe superficielle ou d'une rivière. Le principal risque en plus de la baisse générale du niveau d'eau étant la pollution du flux profond, initialement indemne de toute contamination.

III.1.2.3 Volumes prélevés

Du point de vue des volumes prélevés, nous avons vu lors de la réalisation des bilans qu'ils représentent en moyenne 10% de la recharge. Cependant, sur certains bassins le rapport entre les prélèvements et la recharge atteint 20% (Galaure et Plaine de Valence en particulier). D'après une étude menée par *Ponce* (2008), il est très difficile de trouver un consensus sur le pourcentage de la recharge pouvant être prélevée. Dans tout les cas, pour une exploitation raisonnée d'un aquifère, c'est-à-dire sans mettre en danger la ressource et les systèmes en lien avec celle-ci pour les générations futures, la recharge ne peut être égale aux prélèvements. En règle générale, il est acceptable de prélever 10% de la recharge, mais ce pourcentage doit être adapté en fonction de la ressource. Dans le cas de l'aquifère molassique un prélèvement de 20% de la recharge semble être le maximum acceptable.

III.2 Bilan qualitatif

III.2.1 Définition des concentrations naturelles

L'atteinte du bon état qualitatif de l'aquifère molassique du Bas-Dauphiné d'ici 2027 au plus tard est imposé par la Directive Cadre Européenne sur l'eau (DCE 2000/60). L'atteinte de ce bon état suppose de connaître la qualité naturelle des eaux, c'est-à-dire la concentration d'un élément, d'une espèce ou d'une substance chimique, présent dans la solution et qui provient de sources naturelles d'origine géologique, biologique ou atmosphérique (*Edmunds et al, 2003*). En réalité il ne s'agit pas de concentration fixe mais de classe de concentrations.

III.2.1.1 Les éléments majeurs

Les résultats statistiques de concentrations pour 116 analyses des ions majeurs réalisées en 2009-2010 sont présentés dans le Tableau 10. Le 97,5^{ème} centile est la valeur en dessous de laquelle 97,5 % des échantillons sont compris, cette valeur est utilisée pour distinguer les données isolées, non représentatives de l'aquifère. On peut ainsi voir que le maximum des teneurs en potassium, qui dépassent la norme de potabilité, est un point isolé, non représentatif de la nappe de la molasse. Finalement seules les teneurs en nitrates dépassent régulièrement la norme de potabilité. D'autre part les concentrations en sulfates et chlorures semblent élevées.

Paramètre	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	97,7 ^{ème} centile	Norme de potabilité
Température (°C)	10	26,4	15,2	16,1	22,9	25
pH	6,8	8,5	7,4	7,4	8,2	6,5 à 9
Conductivité à 25°C(µS/cm)	281	857	542	551	814	180 à 1100
Eh (mV)	-87	276	119	109	210	-
O ₂ dissous (mg/L)	0,01	10,8	8,4	7,5	9,7	-
HCO ₃ (mg/L)	118	460	288	293	414	-
Ca ²⁺ (mg/L)	3,2	159	92	94	155,6	-
Mg ²⁺ (mg/L)	0,3	43	6,4	11	38,4	50
Na ⁺ (mg/L)	0,2	97	5	7	14,5	150
K ⁺ (mg/L)	0,2	18,3	0,8	1,2	3,3	12
Cl ⁻ (mg/L)	1,3	36	8,8	9,4	22,7	200
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	0,8	64	12,2	16,6	55,3	250
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0,2	139	16,4	23,3	98,6	50

Tableau 10 : Données statistiques sur les paramètres physico-chimiques et la chimie des eaux de l'aquifère molassique

Pour définir les concentrations naturellement acquises par les eaux, une méthode consiste à distinguer les eaux anciennes des eaux récentes. En effet les eaux anciennes ne sont pas touchées par les pollutions anthropiques.

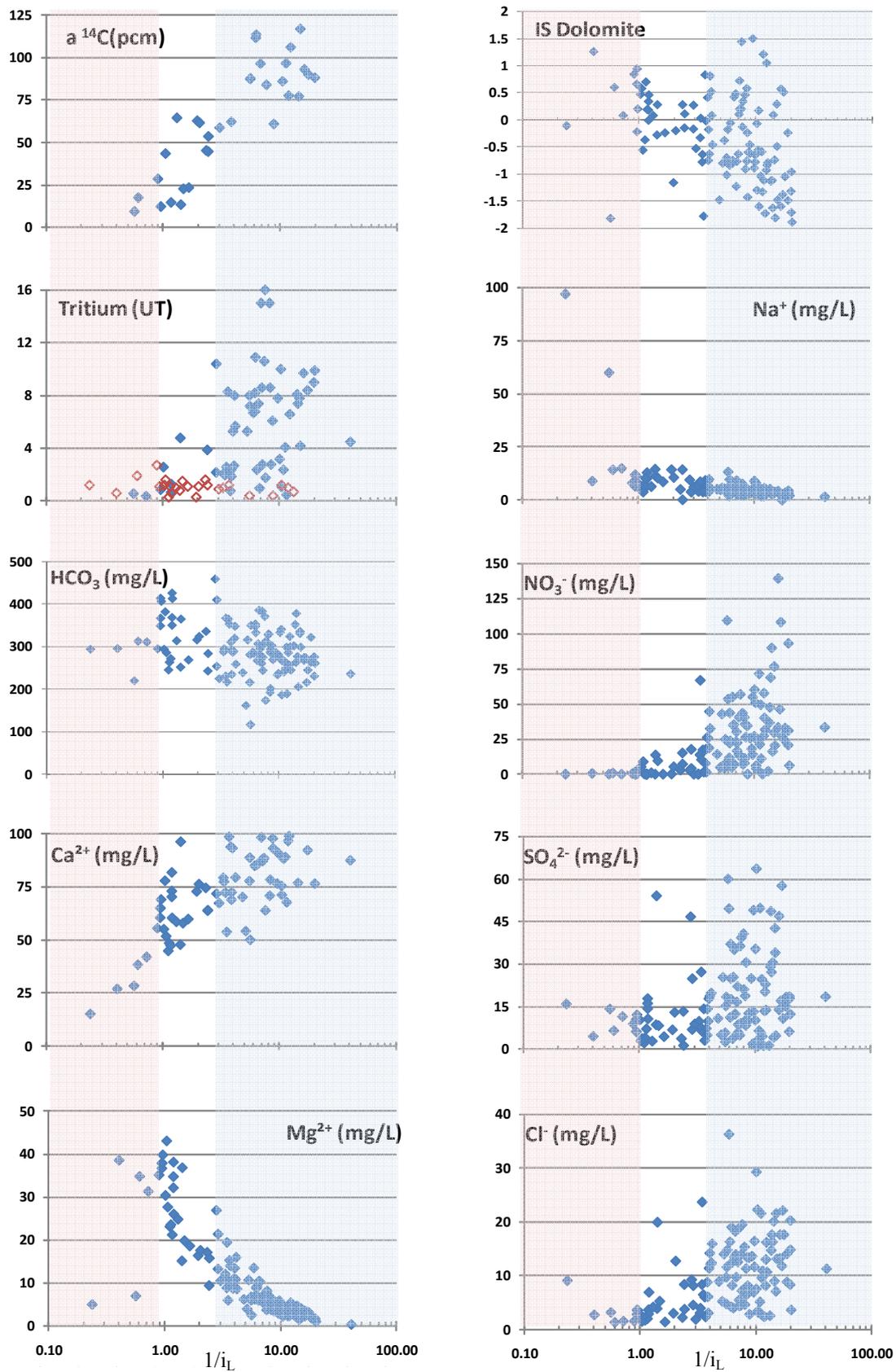


Figure 27: Evolution du radiocarbone, du tritium et des éléments majeurs en fonction de $1/i_L$ (échelle semi-logarithmique). Les teneurs en tritium inférieures au seuil de quantification sont distinguées par les formes rouges et vides. (IS= Indice de saturation)

Pour cette étude, nous avons utilisé un indicateur du temps de séjour des eaux dans l'aquifère : $1/i_L$ (Lalbat et al, 2007). Plus les eaux ont un temps de séjour élevé, plus la valeur de $1/i_L$ est faible.

Cet indicateur a pour équation :

$$\frac{1}{i_L} = 1 / \left[\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}} + \frac{(Na^+ + K^+)}{(Mg^{2+} + Ca^{2+})} \right]$$

L'évolution des concentrations des éléments majeurs, du tritium et du carbone-14 en fonction de $1/i_L$ est illustrée par la Figure 27.

Le carbone-14 et le tritium diminuent logiquement avec l'indicateur. Le calcium diminue également (précipitation de la calcite). Comme indiqué dans le paragraphe II.1.1 le magnésium et le sodium augmentent avec le temps de séjour des eaux.

Concernant les nitrates, sulfates et chlorures, on observe une nette diminution des concentrations avec la baisse de $1/i_L$. Ainsi sur les eaux anciennes, les nitrates, sulfates et chlorures ont respectivement des concentrations inférieures à 4,2, 17 et 9 mg/L. On considèrera que ces valeurs sont les teneurs maximales acquises par les eaux de la nappe.

Pour tous les autres éléments les concentrations naturelles sont comprises entre le minimum et le 97,5^{ème} centile (Tableau 10).

III.2.1.2 Les éléments traces

Nous avons également analysé les éléments traces sur 24 forages captant la nappe de la molasse. Comme pour la chimie, les résultats statistiques sont présentés dans le Tableau 11.

Eléments traces (µg/L)	Min	Max	Médiane	Moyenne	97,5 ^{ème} centile	Norme de potabilité (µg/L)	Nb ouvrages > norme de potabilité
Li	1.089	107.8	13.21	17.61	77.54	-	-
B	3.108	74.84	9.39	15.06	63.31	-	-
Al	0.433	73.05	1.38	6.59	36.7	200	0
V	0.008	4.55	0.42	0.75	3.78	-	-
Cr	0.02	4.09	0.15	0.54	3.37	50	0
Mn	0.085	100.9	10.07	24.46	94.17	50	5
Fe	0.435	4786	3.71	260.94	2512	200	3
Co	0.004	0.6	0.015	0.07	0.4	-	-
Ni	0.013	3.19	0.19	0.45	1.74	20	0
Cu	0.125	4	0.86	1.06	3.34	1000	0
Zn	1.547	264	5.25	25.63	168.77	3000	0
As	0.04	9.4	0.28	0.90	6.35	10	0
Rb	0.12	4.82	0.65	0.99	3.59	-	-
Sr	154	1484	399.65	489.61	1171.52	-	-
Mo	0.102	3.47	0.28	0.51	2.59	-	-
Cd	0.003	0.05	0.01	0.01	0.032	3	0
Sn	0.007	0.05	0.028	0.03	0.045	-	-
Sb	0.014	0.21	0.033	0.05	0.18	5	0
Ba	3.469	155.4	16.82	34.77	146.1	1000	0
Pb	0.048	0.59	0.1115	0.15	0.48	10	0
U	0.008	5.71	0.878	1.28	4.29	-	-

Tableau 11 : Données statistiques sur les éléments traces dans les eaux de l'aquifère molassique

Le Tableau 11 montre que les éléments fer et manganèse sont les seuls à dépasser la norme de potabilité sur plusieurs ouvrages. L'arsenic et l'aluminium peuvent également être localement élevés mais sans dépasser la norme de potabilité. Les autres éléments restent largement en

dessous de la norme et aucun d'eux n'indique d'apport d'origine anthropique.

Comme pour les ions majeurs, nous avons représenté l'évolution des concentrations de certains éléments traces en fonction de $1/i_L$ (Figure 28). On voit nettement que certains de ces éléments (Li, B et Sr) sont liés à l'âge des eaux et pourraient être utilisés, comme le magnésium, comme des indicateurs du temps de séjour des eaux dans l'aquifère.

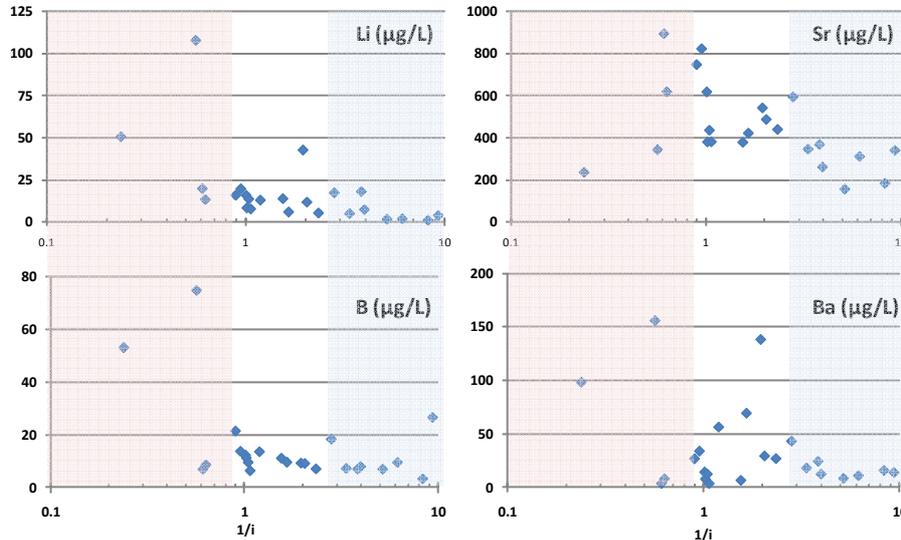


Figure 28: Evolution des éléments Li, B, Sr et Ba avec le temps de séjour des eaux dans l'aquifère.

III.2.1.3 Le rôle des conditions d'oxydo-réduction

La présence de Fe, Mn, As et Al, localement en quantité importante, est liée aux conditions d'oxydo-réduction qui règnent dans la nappe. En effet, ces quatre éléments sont d'origine naturelle, ils sont libérés lorsque la nappe est captive (réduction des oxydes métalliques).

Il est difficile de prédire sur quels secteurs le fer, le manganèse et l'aluminium peuvent être présents. La carte de répartition de ces éléments dans la nappe (Planche 17) montre que le fer et le manganèse sont plutôt présents sous couverture pliocène. Cette couverture empêche toute oxygénation de l'eau et crée des conditions de mise en solution de ces éléments métalliques. Cependant, certains ouvrages (forages AEP de Montrigaud et de Montoisson en particulier) ont des teneurs élevées en fer et manganèse sans être sous couverture pliocène. Par contre, pour chacun de ces ouvrages, la présence d'argiles bleues d'âge miocène est décrite dans la coupe géologique. Ces argiles jouent probablement un rôle important dans la libération de fer et de manganèse.

Concernant l'arsenic, les deux forages sur lesquels on constate des teneurs plus élevées captent en partie les formations oligocènes. Il est donc très probable que ces dernières jouent un rôle dans la présence d'arsenic.

Malgré qu'elles soient parfois gênantes pour l'alimentation en eau potable les concentrations observées en fer, manganèse, aluminium et arsenic dans la nappe de la molasse sont d'origine naturelle.

III.2.1.4 Le rôle du temps de séjour des eaux dans la nappe

Plus les eaux sont en contact longtemps avec la roche, i.e. la molasse, plus elles s'enrichissent en certains éléments. Ainsi, si le 97,5^{ème} centile représente globalement la limite haute des teneurs naturellement acquises par les eaux, une distinction entre les eaux anciennes et les

eaux récentes doit être faite.

Les principaux éléments concernés sont présentés dans le Tableau 12. Les eaux récentes sont celles circulant dans le flux superficiel, les eaux anciennes celles circulant dans le flux profond. Il apparaît que des valeurs élevées en bore, lithium, uranium ou en sodium dans des eaux récentes ne sont pas naturelles.

Dans certaines eaux très anciennes il apparaît que si les teneurs en sodium sont élevées, les teneurs en magnésium sont faibles et inversement.

	Ca	Mg	Na	B	Li	U
	mg/L			µg/L		
Anciennes	< 50	<10 ou >30	5 à 100	5 à 100	5 à 110	0,8 à 6
Récentes	50 à 100	< 20	< 20	< 20	< 25	< 2

Tableau 12 : Variation des concentrations en fonction de l'âge des eaux.

III.2.2 Etat de l'aquifère molassique

Nous traiterons dans ce paragraphe des éléments pour lesquels des teneurs régulièrement supérieures à la concentration naturelle sont constatées ainsi que des pesticides.

III.2.2.1 Les nitrates, sulfates et chlorures

La répartition de ces éléments dans la nappe de la molasse est présentée sur la Planche 10 pour les nitrates, la Planche 18 pour les sulfates et la Planche 19 pour les chlorures. Pour réaliser ces cartes nous avons pris en compte les résultats obtenus lors de la présente étude ainsi que ceux obtenus par De La Vaissière en 2006.

La répartition des concentrations de ces trois éléments dans la nappe est très semblable. On note globalement une forte disparité, très accentuée pour les nitrates, entre le nord et le sud de l'Isère. Ces trois éléments sont donc liés. En effet, une relation quasiment linéaire existe entre les concentrations de ces trois éléments (Figure 29) indiquant qu'ils ont une origine commune, agricole (engrais organiques et/ou minéraux). Les sulfates sont un peu moins bien reliés aux nitrates que les chlorures, ceci en raison de leur utilisation comme fongicides sur les fruitiers pas toujours associée à l'utilisation d'engrais.

Une pollution par les chlorures est visible dans la vallée de la Galaure. Elle provient vraisemblablement des accidents de rupture du saumoduc des salines de Hauterives. Ces accidents sont fréquents en raison de la corrosion des matériaux par les saumures transportés. Ils engendrent un déversement de sels, parfois important, qui s'infiltré en partie vers la nappe de la molasse.

Concernant les sulfates, un ouvrage, à l'est de Roybon, indique une valeur très élevée. En l'absence de nitrates ou de chlorures, une pollution locale, probablement accidentelle est supposée. On voit également que les teneurs en sulfates peuvent être élevées dans le bassin de Crest, sur ce secteur elles peuvent avoir pour origine la dissolution du gypse (CaSO_4) contenu dans les formations oligocènes de bordure.

Près de 15% des ouvrages échantillonnés en 2004-2005 et en 2009-2010 ont des teneurs en nitrates qui dépassent la norme de potabilité de 50 mg/L et 80% ont des teneurs supérieures à la valeur naturelle de 4,2 mg/L.

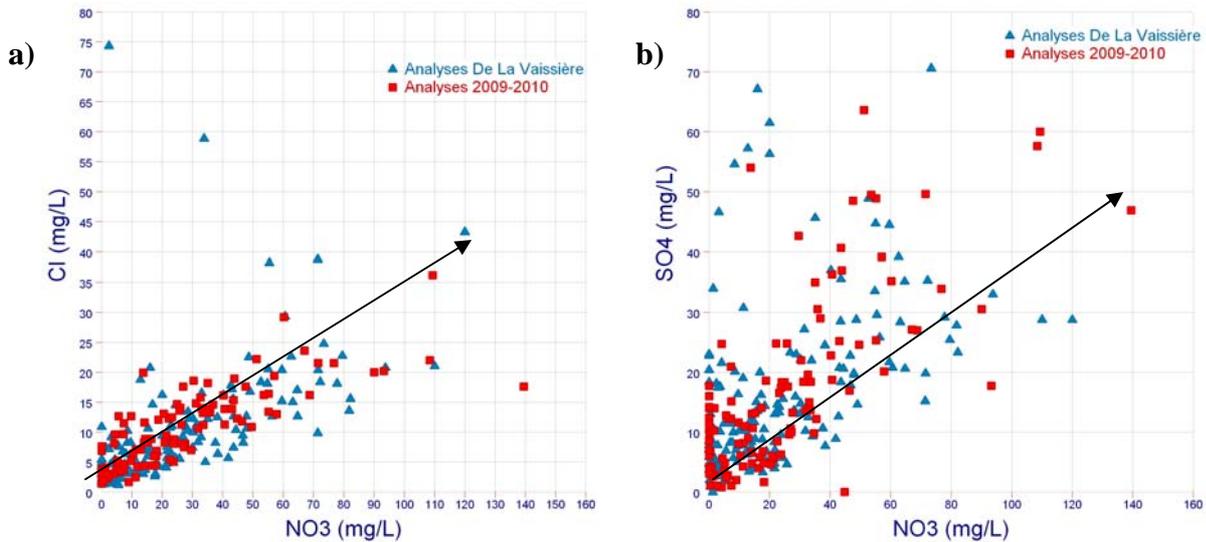


Figure 29 : Relation entre les nitrates et les chlorures (a) et les sulfates (b)

III.2.2.2 Les pesticides

Les prélèvements ont été réalisés sur 26 forages durant le printemps-été 2009 sur le périmètre non étudié par De La Vaissière. Les résultats obtenus sur 15 ouvrages suivis par l'Agence de l'Eau et par le Conseil Général de la Drôme ont été ajoutés.

Nous n'avons pas pris en compte les résultats obtenus par De La Vaissière car ce dernier avait sélectionné les ouvrages analysés en fonction des teneurs en nitrates. Il est alors impossible d'interpréter ces deux campagnes de prélèvements de la même façon, par contre nous avons indiqué les résultats qu'il avait obtenus sur la Planche 20. Nous précisons qu'il n'avait pas mesuré le métolachlore, les glyphosates et AMPA ce qui influence la valeur de la somme des pesticides indiquée sur cette planche.

Seuls les pesticides les plus souvent rencontrés dans les aquifères drômois et isérois ont été analysés. Les molécules ont été choisies à partir des données de l'ARS¹³ et de l'Agence de l'Eau. Les pesticides concernés sont l'atrazine (ATR) et ses métabolites principaux qui sont l'atrazine déisopropyl (DEI) et l'atrazine déséthyl (DEA), le diuron (DIU), le métholachlore R et S (MET), l'oxadixyl (OX), la simazine (SIM), la terbuthylazine (TER), le glyphosate (GLY) et son métabolite l'AMPA. L'oxadixyl est un fongicide, l'atrazine, la simazine et le métolachlore sont des herbicides sélectifs du maïs et les glyphosates sont des herbicides plus généraux utilisés en agricole et non agricole

Le Tableau 13 montre les résultats statistiques des molécules analysées en 2009. La norme de potabilité est de 0,1 µg/L par molécule et de 0,5 µg/L pour la somme des molécules. Sur l'ensemble des forages analysés, seuls 45% ne révèlent la présence d'aucune molécule, quatre forages (10%) dépassent la norme de potabilité pour la somme des pesticides.

L'atrazine déséthyl est la molécule la plus souvent rencontrée et dont les concentrations sont les plus élevées (6 dépassements de la norme de potabilité et une valeur maximale de 0,78 µg/L). La deuxième molécule la plus présente est l'atrazine, dont la déséthyl atrazine est le principal métabolite.

La terbuthylazine n'a été détectée sur aucun échantillon.

¹³ Agence Régionale de Santé : a remplacé la DDASS (Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales) depuis le 1^{er} avril 2010

Le glyphosate est détecté sur un seul ouvrage. L'AMPA, métabolite du glyphosate, n'a quant à lui pas été détecté. Il faut cependant noter que la limite de détection de ces deux molécules est de 0,1 µg/L, leur détection en dessous de la norme de potabilité n'est donc pas possible, contrairement aux autres molécules analysées pour lesquelles le seuil de détection est de 0,02 µg/L.

	Somme des pesticides	ATR	DEA	DEI	DIU	MET	OX	SIM	TER	AMPA	GLY
Nombre d'analyses	41	41	41	41	41	41	41	41	41	27	27
Nombre de détection	23	15	19	2	1	3	2	2	0	0	1
Valeur maximale (µg/L)	0.9	0.12	0.78	0.06	<0.02*	0.04	0.02	0.06	<LD	<LD	0.8
Nombre d'analyse > NP	4	2	6	0	0	0	0	0	0	0	1
% présence	56.1	36.5	46.3	4.9	2.4	7.3	4.9	4.9	0	0	3.7

Tableau 13: Résultats statistiques des analyses en pesticides, printemps-été 2009

*<0,02µg/l : présence détectée mais inférieure au seuil de détection

LD : Limite de Détection de la molécule ; NP : Norme de Potabilité

Sur les ouvrages suivis par l'Agence de l'eau et le Conseil Général les analyses plus complètes ont permis de détecter la présence d'autres molécules en 2009 :

- la bentazone utilisée comme herbicide sélectif du maïs et des céréales,
- plusieurs herbicides utilisés sur fruitiers et/ou céréales (Hexazinone, Fénuuron, Dinitrocresol interdit en 2000, Propyzamide, Triclopyr, 2,4-D),
- des substances de croissance (Mépiquat chlorure et Chloroméquat chlorure),
- et le Métalaxyl utilisé comme fongicide.

Un autre métabolite de l'atrazine, le Déséthyl-Déisopropyl-Atrazine, a été détecté en quantité importante (jusqu'à 0,57 µg/L) sur le forage de Chatuzange le Goubet.

La carte de répartition de la somme des pesticides montre à nouveau une forte disparité entre le nord et le sud de l'Isère. Globalement les secteurs sur lesquels les teneurs sont les plus élevées sont également ceux sur lesquels les concentrations en nitrates sont les plus fortes.

III.2.3 Evolution des concentrations

Afin de voir une éventuelle évolution des concentrations 26 des ouvrages prélevés par De La Vaissière en 2005 ont été à nouveau échantillonnés en 2010. A ces résultats sont ajoutés ceux de 11 ouvrages suivis par l'Agence de l'Eau et le Conseil Général de la Drôme.

III.2.3.1 Les nitrates, chlorures et sulfates

Les résultats obtenus en 2005 et 2010 sont présentés dans le Tableau 14. On considère que les concentrations sont stables lorsque la différence est inférieure à 2,5 mg/L.

Les évolutions des teneurs en chlorures et en sulfates sont assez semblables alors qu'elles sont sensiblement différentes pour les teneurs en nitrates. Les valeurs moyennes et médianes des teneurs en nitrates sont stables entre 2005 et 2010. Celles des teneurs en sulfates et en chlorures ont très légèrement augmenté. Les concentrations maximales en nitrates ont augmenté alors qu'elles sont stables pour les deux autres éléments.

	Chlorures		Sulfates		Nitrates	
	2005	2010	2005	2010	2005	2010
Moyenne (mg/L)	13.5	14.4	21.8	24.3	40.29	40.60
Médiane (mg/L)	12.3	13.4	22.3	24.5	40.21	36.93
Maximum (mg/L)	36.0	36.2	67.3	63.6	116.6	139.3
Nb dépassement norme potabilité	0	0	0	0	14	13
Nombre	35		36		37	
% hausse	25.7		30.6		37.8	
% baisse	14.3		19.4		45.9	
% stables	60		50.0		16.2	

Tableau 14 : Evolution des concentrations en nitrates entre 2005 et 2010 dans l'aquifère molassique

Malgré le fait que quasiment la moitié des ouvrages montre une baisse des concentrations en nitrates, le nombre de dépassement de la norme de potabilité (50 mg/L) n'a que faiblement diminué. Les teneurs en sulfates et chlorures sont stables dans la majorité des cas.

L'analyse de la répartition des concentrations montre que :

- le nombre d'ouvrages ayant des teneurs en nitrates supérieures à 40 mg/L est stable. Par contre ce nombre augmente pour des concentrations comprises entre 10 et 40 mg/L et diminue pour des teneurs inférieures à 10 mg/L ;
- pour les sulfates le nombre d'ouvrages ayant des teneurs inférieures à 10 mg/L reste stable, il diminue pour des concentrations comprises en 10 et 30 mg/L et augmente pour celles supérieures à 30 mg/L ;
- le nombre d'ouvrages pour lesquels les teneurs sont inférieures à 10 mg/L baisse, il augmente pour les teneurs comprises entre 10 et 30 mg/L et est stable au-delà de 30 mg/L.

On observe donc un déplacement des concentrations, des valeurs les plus faibles vers des teneurs plus élevées. Le nombre d'ouvrage ayant les concentrations les plus fortes reste stable ou est en légère augmentation.

L'évolution des teneurs en nitrates sur les ouvrages suivis par l'Agence de l'Eau et la DDASS sont présentés sur la Figure 30. Sur les huit forages présentés, trois indiquent une augmentation constante des concentrations (Montagne, Manthes, et Beaumont les Valence), et 2 d'entre eux dépassent la norme de potabilité de 50 mg/L. La source d'Autichamps a également des teneurs en nitrates supérieures à la norme de potabilité depuis le début du suivi. Sur cette source, les teneurs en nitrates ont augmenté jusqu'à 75 mg/L en 1994. La valeur est restée proche de 70 mg/L jusqu'en 2005 puis, après un brève baisse, les teneurs sont à nouveau proches de 65 mg/L.

Quatre des forages suivis ont des teneurs en nitrates proches ou inférieures à 4,2 mg/L, correspondant donc aux concentrations naturelles.

Le forage de St Antoine l'Abbaye a des valeurs stables, de l'ordre de 20 mg/L, depuis 1998.

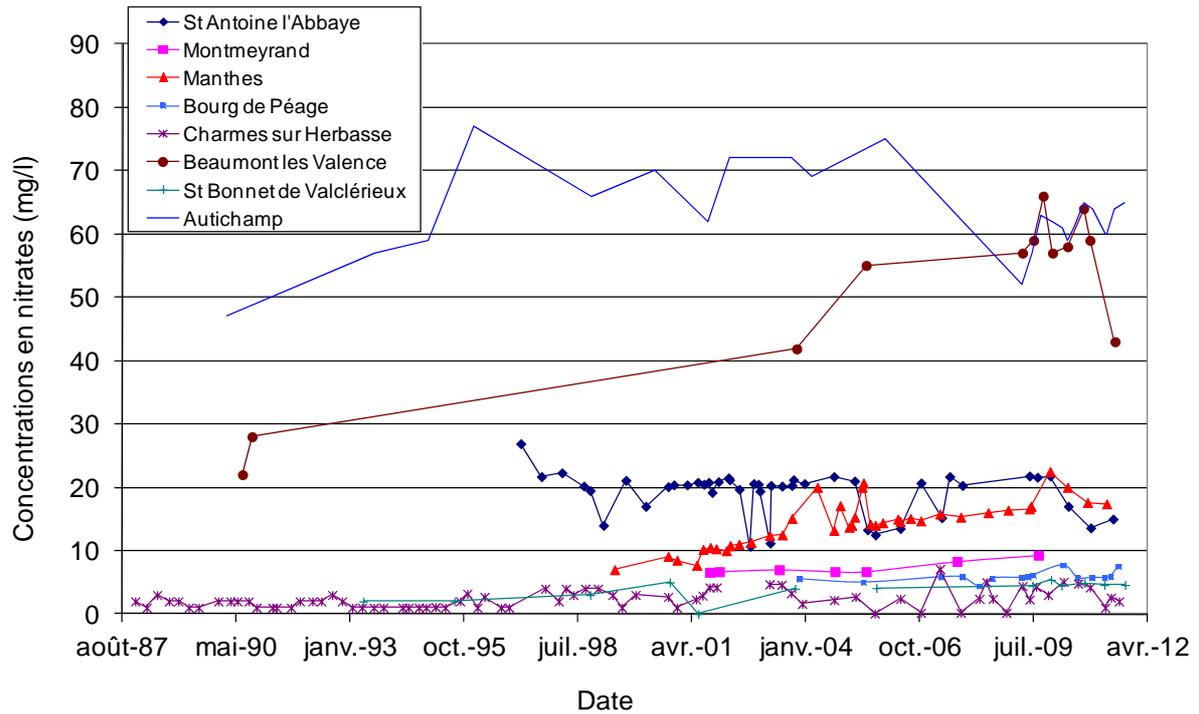


Figure 30 : Graphique de l'évolution des concentrations en nitrates dans l'aquifère molassique (données Agence de l'Eau et DDASS)

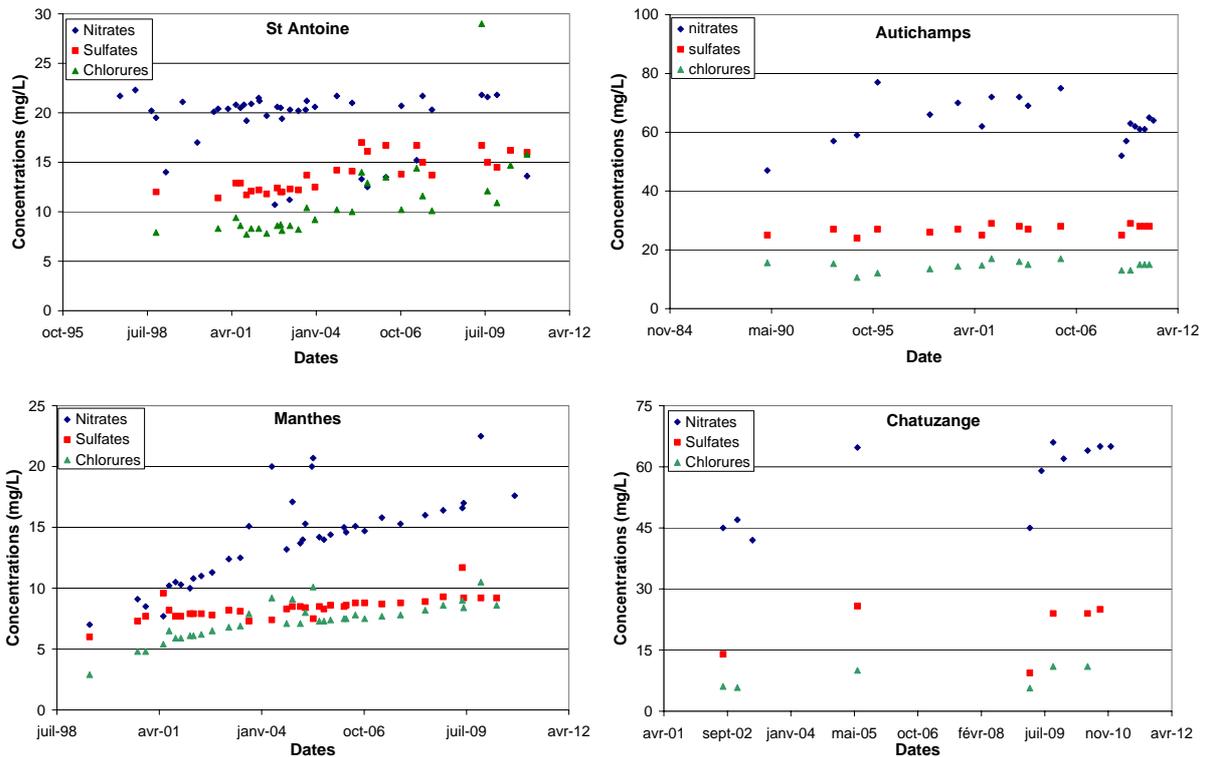


Figure 31: Evolution des teneurs en nitrates, chlorures et sulfates sur 4 ouvrages (données Agence de l'Eau, CG26 et ARS)

L'évolution des teneurs en nitrates, chlorures et sulfates sur 4 ouvrages suivis par l'Agence de l'Eau, le Conseil Général de la Drôme et l'ARS est présentée sur la Figure 31. Il apparaît que les sulfates et les chlorures suivent la même évolution sur tous les ouvrages mais ne sont pas systématiquement liés aux teneurs en nitrates. Sur le forage de St Antoine, les teneurs en

nitrate sont stables depuis 1997 alors que les concentrations en sulfates et chlorures ont tendance à augmenter. La source d'Autichamps indique une tendance inverse avec des teneurs en sulfates et chlorures qui n'ont pas évolué alors que les concentrations en nitrates ont varié depuis les années 1990. Les ouvrages de Manthes et de Chatuzange montrent quant à eux des évolutions similaires pour les trois éléments.

Sur la carte présentée sur la Planche 21, les concentrations en nitrates ont diminué ou sont stables en majorité sur des ouvrages situés dans la plaine de Valence. Paradoxalement c'est également dans ce secteur que les concentrations sont les plus élevées.

Aucune relation avec la profondeur des ouvrages ou du niveau statique n'a pu être démontrée.

III.2.3.2 Les pesticides

Le Tableau 15 permet de comparer les résultats obtenus en 2005 à ceux de 2010.

Les deux années, les molécules pour lesquelles le seuil de détection est le plus souvent dépassé sont l'atrazine déséthyl et l'atrazine. De plus, le nombre de détection et de dépassement de la norme de potabilité a augmenté pour ces deux herbicides entre 2005 et 2010.

Le nombre d'ouvrages sur lesquels le seuil de détection de la simazine a été dépassé est passé de 1 à 7 en 5 ans, aucun forage n'atteint la norme de potabilité et les valeurs restent faibles. De plus cette molécule n'a été détectée que sur 2 des ouvrages suivis par l'Agence de l'eau en 2000 et 2004. L'oxadixyl fait son apparition sur 2 forages en 2010. Le diuron et la terbuthylazine ne sont plus détectés en 2010. Six des ouvrages analysés dépassent la norme de potabilité pour la somme des pesticides en 2010 contre 3 en 2005.

	Atrazine		Atrazine Déséthyl		Diuron		Oxadixyl		Simazine		Terbuthylazine		Somme	
	2005	2010	2005	2010	2005	2010	2005	2010	2005	2010	2005	2010	2005	2010
Moyenne (µg/L)	0.08	0.07	0.08	0.20	0.02	< LD	< LD	< LD	< LD	0.01	< LD	< LD	0.17	0.28
Médiane (µg/L)	0.03	0.03	0.03	0.10	-	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0.08	0.13
Maximum (µg/L)	0.478	0.45	0.438	0.88	0.38	< LD	< LD	0.06	0.061	0.06	0.07	< LD	0.791	1.34
Nombre détection	21	23	21	29	3	0	0	2	1	7	2	0	27	29
Nombre > NP	8	10	8	16	2	0	0	0	0	0	0	0	3	6

Tableau 15 : Résultats et statistiques des analyses en pesticides pour les années 2005 et 2010

LD : Limite de Détection

Dans le Tableau 16 l'évolution des concentrations en pesticides entre les années 2005 et 2010 est décrite. On constate que les concentrations en DEA augmentent sur plus de 80% des ouvrages prélevés. L'atrazine augmente sur 34,4% des ouvrages mais diminue également sur 31,3% d'entre eux. Ce phénomène a été observé sur l'ensemble du réseau de surveillance du bassin Rhône Méditerranée par l'Agence de l'Eau, où sur la période 2006-2007, la fréquence de quantification de l'atrazine déséthyl a augmentée de 20%. La somme des pesticides augmente quant à elle sur 69% des ouvrages.

	ATR		DEA		DIU		OX		SIM		TER		Somme	
	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
Augmentation des teneurs	11	34.4	26	81.3	0	0	2	6.3	6	18.8	0	0	22	69
Baisse des teneurs	10	31.3	3	9.4	3	9.4	0	0	1	3.1	2	8.3	8	25
Stabilité des teneurs	11	34.4	3	9.4	29	90.6	30	93.8	25	78.1	30	93.8	2	6

Tableau 16 : Evolution des concentrations en pesticides entre les années 2005 et 2010

On constate que sur quatre ouvrages appartenant à un réseau de suivi (Figure 32 : Chateauneuf de Galaure, Montagne, Chatuzange le Goubet et Beaumont les Valence), les concentrations en DEA sont systématiquement supérieures à celles en atrazine. Il n'y a par contre pas de tendance générale qui se dégage. Les variations observées sont probablement liées aux conditions climatiques. De fortes précipitations permettent le lessivage des sols et la mise en solution de l'ATR et de la DEA. Les battements de la nappe peuvent également remettre en solution des molécules stockées dans la zone non saturée. Les suivis actuellement en place sur les forages concernés ne sont pas suffisamment fréquents pour confirmer ces hypothèses (suivi une fois par trimestre au mieux).

Sur les autres ouvrages suivis, soit aucune des deux molécules n'a été détectée, soit elles apparaissent très occasionnellement (une fois sur le forage de Manthes en 2005 par exemple).

Concernant les autres pesticides, on peut noter que la bentazone est présente depuis le début du suivi (2005) sur la source d'Autichamps. Le métolachlore (R+S) est quant à lui présent sur le forage de Montagne, depuis 2005 au moins, avec des concentrations en augmentation comprises entre 0,23 et 0,9 µg/L.

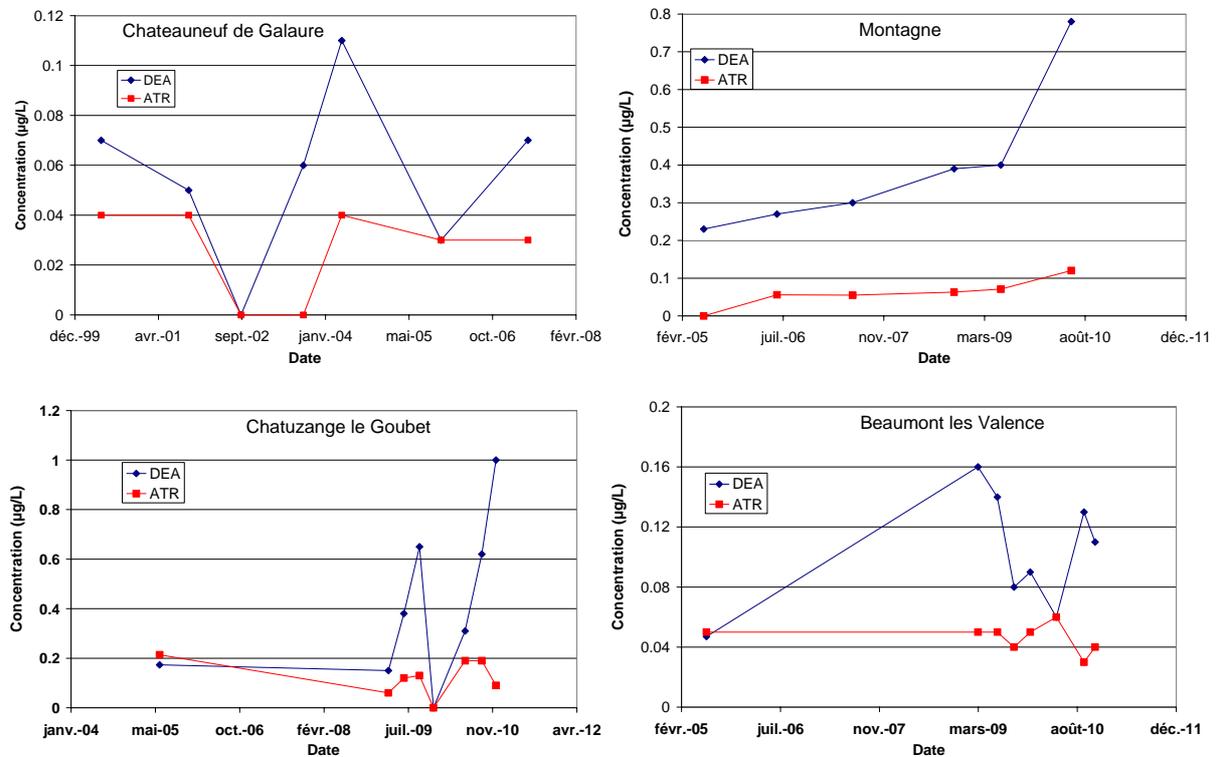


Figure 32: Evolution des teneurs en Atrazine (ATR) et en Déséthyl Atrazine (DEA) dans des ouvrages suivi par l'ARS et le Conseil Général de la Drôme

La carte de répartition des évolutions de la somme des pesticides est présentée sur la Planche 22. La somme des pesticides est indiquée pour les ouvrages dépassant la norme de potabilité de 0,5 µg/L.

La majorité des ouvrages montrant une baisse des teneurs est située dans la plaine de Valence et en amont piézométrique de celle-ci. Au nord de l'Isère, 2 des ouvrages pour lesquels les teneurs diminuent sont situés dans la vallée de l'Herbasse, le troisième est le forage de Manthes. Sur ce dernier la molécule n'a en réalité été détectée qu'une seule fois, en 2005.

L'augmentation des concentrations en atrazine, oxadixyl et simazine est surprenante étant donné que toutes ces molécules sont interdites à la vente depuis 2003. Ceci semble indiquer que le temps de transfert des pesticides vers la nappe est important et laisse supposer un stock élevé dans la zone non saturée. L'atrazine et la DEA sont les molécules les plus souvent rencontrées et aux concentrations les plus élevées. Il serait intéressant d'étudier l'évolution de leurs concentrations, en particulier le temps écoulé entre l'arrêt de leur utilisation (2003) et l'amorce d'une baisse des teneurs. Le croisement de ces données avec l'historique de l'utilisation de l'atrazine (en particulier le pic d'utilisation) pourrait donner une information importante sur le temps de transfert des molécules du sol vers la nappe.

III.3 Conclusion

Le bilan sur l'**état quantitatif** de l'aquifère ne montre pas à l'heure actuelle de déficit en général. La sectorisation par bassin versant indique par contre une forte disparité des volumes prélevés.

Nous avons montré que le rôle de la nappe de la molasse est très important dans le soutien des débits d'étiage et annuels des nappes superficielles et des rivières. Les conséquences d'une rupture de cet équilibre seraient multiples et toucheraient tous les milieux.

Concernant l'**état qualitatif** de la nappe, le constat est plus alarmant. En effet, si la majorité des éléments présents dans la nappe a des concentrations acquises naturellement, ce n'est pas le cas des nitrates, des sulfates et des chlorures. Les pesticides, qui ont pour seule origine les activités anthropiques, sont également présents à des concentrations présentant un risque sanitaire pour l'alimentation en eau potable. Ces molécules ont pour principale origine les activités agricoles actuelles et/ou passées. Actuelles puisqu'on ne note aucune diminution notable des concentrations. Passées parce-que les vitesses de circulations des eaux au sein de l'aquifère sont très lentes, ce qui implique que le temps d'élimination des polluants est long. La présence, voire l'augmentation, de molécules dont l'usage est interdit depuis 2003 confirme ce phénomène.

Les analyses réalisées mettent en avant la vulnérabilité de l'aquifère vis-à-vis des pollutions de surface et l'urgence de mener des actions ciblées afin de favoriser la diminution des pollutions.

D'un point de vue réglementaire, et compte tenu du mode de fonctionnement de la nappe de la molasse, l'atteinte du bon état d'ici 2027 (date butoir maximale indiquée par la directive cadre européenne) semble très compromise.

IV Les Zones d'intérêt de l'aquifère et leur vulnérabilité

En tenant compte du schéma de fonctionnement de l'aquifère tel que défini tout au long de ce document nous avons imaginé un classement des zones d'intérêt en fonction de paramètres spécifiques.

Les aires d'alimentation de ces zones d'intérêt sont ensuite décrites.

Enfin, nous avons évalué la vulnérabilité de chaque aire d'alimentation en prenant en compte la géologie, l'occupation des sols et la piézométrie.

IV.1 Introduction

La Figure 33 permet de mieux appréhender la méthodologie utilisée pour la définition des actions à mettre en place en fonction de la potentialité de la nappe, de sa qualité et de sa vulnérabilité.

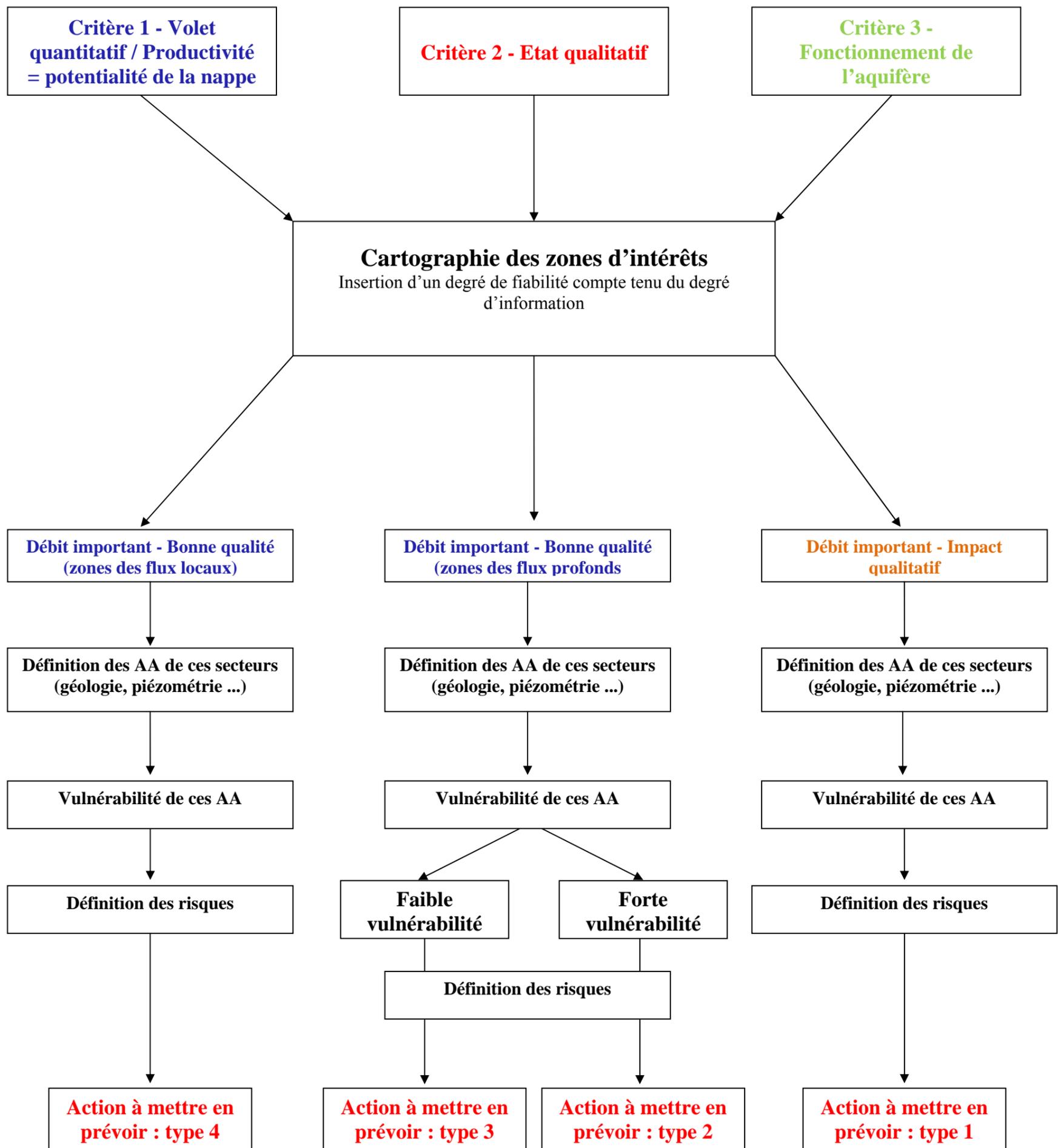


Figure 33 : Méthodologie employée pour la définition des zones d'intérêt et de la vulnérabilité des AA¹⁴

¹⁴ Aire d'Alimentation

IV.2 Paramètres de détermination des zones d'intérêt de l'aquifère

IV.2.1 Les potentialités de la nappe

La productivité de la nappe est fonction principalement de facteurs géologiques.

Il est très difficile de connaître la nature précise des sédiments présents (proportion d'argile, grésification,...) en raison du manque de données, de la variation des descriptions (chaque foreur utilise ses propres termes) et de l'hétérogénéité de la formation. Cette hétérogénéité est liée au mode de dépôt de la formation. Celui-ci c'est produit dans un couloir, une sorte de fossé relativement profond, avec des sédiments qui s'accumulaient puis glissaient sur les pentes ce qui donne ces figures de « slumpings » de sédiments entrecroisés. Ensuite localement la grésification de cette formation a conduit à des roches dures, peu voire totalement imperméables, appelées sur le secteur « marnes ».

S'il est logiquement difficile de mettre en place une échelle stratigraphique et de réaliser des corrélations entre ouvrages, on peut cependant distinguer des grands ensembles. On identifie notamment un faciès de base, déposé au début du cycle miocène (au Burdigalien), et caractérisé par des marnes gris-bleutées, c'est par exemple des marnes de St Lattier. On note également la présence de faciès influençant fortement les écoulements par endroit. On peut citer par exemple la présence, à l'Est de Romans, d'un niveau extrêmement argileux et peu perméable qui provoque une fermeture locale du bassin. Ce sont ces grandes unités qui conditionnent le fonctionnement de l'aquifère, ou des aquifères, car il existe une indépendance quasi-totale entre par exemple les eaux du nord de l'Isère et celles du sud.

Afin d'avoir une idée de la productivité de la nappe, nous disposons des paramètres hydrogéologiques tels que la transmissivité et les débits spécifiques¹⁵. Le débit spécifique est le paramètre pour lequel nous disposons du plus de valeurs (349 valeurs disponibles dans la base de données). L'inconvénient majeur de ce paramètre est qu'il ne représente pas l'aquifère mais le forage, en effet sa valeur peut varier en fonction de l'état de l'ouvrage, de sa profondeur et de la façon dont il a été conçu. Le débit spécifique dépend également de la façon dont a été réalisé le pompage qui a permis son calcul, plus particulièrement de la durée du pompage.

Comme suggéré par *De la Vaissière et al en 2006*, nous avons donc également pris en compte l'épaisseur de la zone saturée de l'aquifère.

Pour chacun de ces paramètres un indice a été attribué, la somme de l'indice attribué au débit spécifique et de l'indice attribué à l'épaisseur de la zone saturée donne la potentialité de l'aquifère. Plus le résultat est élevé, plus la potentialité de l'aquifère est importante.

¹⁵ Débit pompé divisé par le rabattement

Q spé (m ³ /h/m)	Indice	Epaisseur aquifère (m)	Indice
≤1	1	≤50	0
1 < ≤2	2	50 < ≤100	1
2 < ≤2,5	3	100 < ≤150	2
2,5 < ≤3	4	150 < ≤180	3
3 < ≤3,5	5	180 < ≤200	4
3,5 < ≤6	6	200 < ≤250	6
6 < ≤9	8	250 < ≤300	8
9 < ≤12	10	300 < ≤400	12
12 < ≤20	14	>400	20
>20	20		

Tableau 17 : Indices appliqués pour le calcul des potentialités aquifère (d'après De La Vaissière et al, 2006)

Le résultat des calculs est présenté sur la Planche 23. Les secteurs ayant les potentialités les plus élevées sont situés au centre du bassin molassique, selon une ligne partant du centre de la plaine de Valence vers Romans, Roybon, Beaurepaire. Le nord-est de la zone d'étude apparaît comme un secteur potentiellement très productif principalement en raison de l'épaisseur aquifère. Néanmoins, nous avons peu de données sur cette zone et la connaissance de la géologie et des paramètres hydrodynamiques y est assez sommaire.

D'autre part, nous avons très peu de données sur les horizons profonds de l'aquifère, et ce pour la totalité de la zone d'étude.

IV.2.2 La qualité de la nappe

L'aquifère molassique est affecté par deux types de contaminations :

- **les pollutions anthropiques d'origine agricole**, ce sont les nitrates et les pesticides, ce sont les seules contaminations de la nappe de la molasse sur lesquelles il est possible d'agir,
- **les éléments naturels des sédiments** qui nécessitent un traitement pour permettre l'exploitation de l'eau et sa distribution pour l'AEP en particulier mais également pour certains industriels. Il s'agit principalement du fer et du manganèse. Ces deux éléments sont souvent associés. Leur présence est en effet liée à :
 - la nature des sédiments, et plus particulièrement à la présence de formations argileuses,
 - la présence de milieu réducteur (i.e. sans oxygène dissous) au sein de la nappe de la molasse.

S'il est difficile de prévoir avec certitude les secteurs de l'aquifère où on rencontrera ces deux éléments, on peut tout de même avancer que leur présence est plus probable sous couverture pliocène et lorsque des argiles bleues d'âge miocènes sont identifiées.

Ces éléments ne présentent pas de danger ou de risque sanitaire, par contre ils peuvent poser des problèmes pour l'exploitation de la ressource en eau (au niveau du forage et des canalisations) et il est alors nécessaire de mettre en place un traitement.

Par ailleurs, la formation Oligocène est impliquée localement dans la présence d'arsenic. Cependant on connaît également des ouvrages la captant mais ne montrant aucun signe de contamination.

Ces deux type de contaminations n'affectent pas les mêmes flux de l'aquifère. En effet les nitrates et pesticides concernent, pour le moment, principalement les flux superficiels et

localement les flux intermédiaires. La carte de répartition des teneurs en nitrates laisse d'ailleurs nettement apparaître les zones de remontées des flux profonds avec des concentrations inférieures à 5 mg/L.

Concernant les pollutions naturelles, elles intéressent plutôt le flux profond au sein duquel les conditions sont plus souvent réunies pour la libération des métaux. Il est cependant difficile d'établir des secteurs précis de présence de ces éléments. Le fer et le manganèse ne présentent pas de problème particulier pour la santé humaine, ils sont surtout gênant pour l'exploitation de la ressource.

La Planche 24 cartographie les secteurs les plus atteints par les deux formes d'impacts de la nappe de la molasse. Nous avons considéré que le risque de présence de Fe et Mn est systématiquement plus élevé sous couverture pliocène (milieu réducteur).

IV.2.3 Cartographie des zones d'intérêt

IV.2.3.1 Généralités

Afin de cartographier les zones d'intérêt de l'aquifère, les données de potentialité, de qualité ainsi que le fonctionnement de l'aquifère sont croisées.

Nous n'avons pas détaillé le fonctionnement de l'aquifère, en effet celui-ci est largement décrit dans la première partie de ce rapport. De même, les zones de remontées des flux profonds ont été cartographiées sur la Planche 14.

Les zones d'intérêt de l'aquifère sont cartographiées sur la Planche 25. On y distingue, comme indiqué sur la Figure 33, les secteurs :

- de remontée des flux profonds et ayant une bonne productivité : ces secteurs sont prioritaires pour l'AEP, ce sont les **Zones d'Intérêt Prioritaires (ZIP)** ;
- des secteurs des flux locaux et intermédiaires, avec une bonne productivité et une qualité bonne à moyenne, ces secteurs sont les **Zones d'Intérêt Secondaire de type 1 (ZIS-1)** ;
- les secteurs des flux locaux et intermédiaires, avec une bonne productivité mais une mauvaise qualité, ces secteurs sont les **Zones d'Intérêt Secondaire de type 2 (ZIS-2)**, sur lesquelles il est nécessaire de restaurer la qualité des eaux.

Il est essentiel de noter que cette carte n'est qu'une représentation en 2 dimensions de l'aquifère. Il faudrait une représentation en 3 dimensions, en particulier pour prendre en compte les flux profonds avant leur remontée (par exemple au centre de la plaine de Valence). C'est également pour cette raison que nous avons souligné des zones d'intérêt secondaires, en effet, sur ces secteurs, il y a également des flux profonds, pouvant être intéressants mais présents à plus de 200 mètres de profondeur.

IV.2.3.2 Sectorisation

Au sud de l'Isère, le secteur le plus intéressant se trouve à l'ouest, au niveau de la remontée du flux profond (1), avec une bonne productivité. Le centre de la plaine de Valence (2) a globalement une bonne productivité, néanmoins les flux superficiels et intermédiaires sont très dégradés d'un point de vue qualitatif.

On note également la présence d'un secteur intéressant au nord de la plaine de Valence, au

niveau de Bourg de Péage (3) ainsi que du secteur 4 productif mais de mauvaise qualité.

Au niveau de la Drôme des collines, plusieurs secteurs de remontées des flux profonds ressortent avec une bonne productivité (5, 6, 12 et 16). Une zone de remonté du flux profond existe également très probablement au niveau de St Marcelin (9), cependant nous ne disposons que de peu de données sur ce secteur. Les secteurs 7, 13 et 10 montrent une bonne productivité mais une mauvaise qualité. Enfin, sur le secteur 8, 11, 14 et 15 (zone de flux superficiels et intermédiaires) la qualité comme la potentialité sont intéressantes. Cependant sur ce grand secteur nous n'avons pas tenu compte des quelques points de pollutions peu étendus.

Au niveau de la Valloire, 2 secteurs de remontée des flux profonds sont identifiés. Le secteur 17 indique une bonne productivité, il semble que ce soit également le cas sur le secteur 18. Par ailleurs, au nord de Beaurepaire nous connaissons une zone de flux locaux et intermédiaires avec de bonnes productivités (19) et une bonne qualité d'eau.

Dans la vallée de la Varèze, un secteur (13) en aval de la vallée doit probablement exister avec la remontée du flux profond, à nouveau seuls quelques forages sont connus dans cette vallée et aucun ne l'est au niveau de cette remontée.

Le quart nord-est du secteur d'étude (20) indique une potentialité aquifère pouvant être intéressante, notamment en raison de l'épaisseur aquifère, associé à une bonne qualité des eaux. Cependant, ce secteur reste très mal connu. En particulier, l'épaisseur et la productivité des conglomérats de Voreppe (faciès terminal du miocène) sont peu connus.

IV.3 Les aires d'alimentation des zones d'intérêt

Ces aires d'alimentation dépendent essentiellement du flux considéré, mais également du secteur étudié.

IV.3.1 Aire d'alimentation zones d'intérêt prioritaires

Les aires d'alimentation des flux profonds ont été illustrées précédemment sur la Planche 14. On retrouve leur tracé ainsi que leur numérotation sur la Planche 26.

Au sud de l'Isère, les secteurs 1 et 3 ont une aire d'alimentation située en piedmont de Vercors (A1 et A2).

Au niveau des collines molassique, les zones d'intérêt 5, 6, 9, 12 et 16 sont alimentées par les infiltrations au niveau du plateau de Chambarans (A3, A4, A5 et A6)

Enfin, les zones d'intérêt 17 et 18 sont alimentées par les infiltrations au niveau du plateau de Bonnevaux (A7 et A8).

IV.3.2 Aires d'alimentation des zones d'intérêt secondaires

Chaque secteur où la formation molassique est affleurante constitue un point d'infiltration des flux superficiels. Les flux intermédiaires sont quant à eux alimentés par l'infiltration des eaux en aval des aires d'alimentation des flux profonds.

Au sud de l'Isère, les zones 2 et 4 correspondent à des flux locaux et intermédiaires de bonne productivité mais de mauvaise qualité. Les aires d'alimentation de ces zones, A9 et A10, se trouvent donc en amont piézométrique de celles-ci, y compris sous couverture alluviale où il est très probable que des échanges entre les eaux superficielles et la nappe de la molasse aient lieu. Par ailleurs, le secteur A1 (piedmont de Vercors) est également une aire d'alimentation de la zone 2, et le secteur A2 une aire d'alimentation de la zone 4.

Sur les collines molassiques, les zones 8, 11, 14 et 15 de bonne qualité, et les zones 7, 10 et 13 sont alimentées par les infiltrations sur tout le secteur situé en amont piézométrique, y compris les zones d'alimentation des flux profonds.

Concernant le quart nord-est (zone 19), son périmètre correspond à son aire d'alimentation.

IV.3.3 Conclusion partielle

Sur la Planche 26, il apparaît que l'infiltration des eaux pour l'alimentation des zones d'intérêt prioritaires de l'aquifère englobe près de 20% de la surface d'étude.

Le Tableau 18 permet de résumer les aires d'alimentation de chaque zone d'intérêt selon les grands bassins versants existants.

Grand bassin versant	Type de zone d'intérêt	Numéro de la zone d'intérêt	Numéro de l'aire d'alimentation
Sud Isère	ZIP	1	A1
		3	A2
	ZIS-2	2	A9 – A1
		4	A10 – A2
Collines molassiques	ZIP	5	A4
		6	A4
		9	A3
		12	A5
	ZIS-1	8	A13 - A4
		11	A12 – A3
		14	A16 – A5
	ZIS-2	7	A14 – A4
		10	A11 – A3
13		A15 – A16 – A5	
Valloire	ZIP	16	A6
		17	A7
	ZIS-1	15	A17 – A6
		19	A18
Varèze	ZIP	18	A8

Tableau 18 : Tableau récapitulatif des aires d'alimentation des zones d'intérêt

IV.4 La vulnérabilité de la nappe

Nous avons estimé la vulnérabilité de la nappe en fonction :

- de la géologie,
- de la piézométrie,
- des activités anthropiques (pressions).

IV.4.1 Géologie

D'un point de vue géologique, on distingue les cas de figure suivants (pour plus de précision nous invitons le lecteur à lire le document rédigé par De La Vaissière et al en 2006):

- la molasse à l'affleurement : la vulnérabilité est très élevée, aucune protection (couche isolante, plus ou moins imperméable) de surface n'existe,
- La molasse sous couverture, 3 cas existent dans le Bas-Dauphiné :
 - sous couverture alluviale : la vulnérabilité va essentiellement dépendre de la qualité des alluvions (plus ou moins argileux), elle reste assez élevée,
 - sous les formations des Chambarans, ces formations du pliocène continental sont constituées par des cailloutis dans une matrice argilo-sableuse peu perméable, la vulnérabilité peut-être alors considérée comme faible à moyenne,
 - sous couverture pliocène, ces argiles, compactes dans leurs dernières séquences sédimentaires, confèrent une protection maximale à la nappe au droit de la zone considérée, la protection est d'autant plus importante que les argiles pliocènes sont épaisses.

IV.4.2 Les pressions anthropiques

Plusieurs facteurs sont à prendre en compte :

- **l'agriculture** : avec une surface agricole utile de plus de 50%, c'est la principale pression exercée sur le secteur d'étude. C'est l'activité à l'origine des teneurs élevées en nitrates et pesticides constatées dans la nappe de la molasse. Il s'agit de pollutions diffuses qui intéressent de très grandes surfaces. Ces pollutions sont à l'origine de l'abandon de forages destinés à l'alimentation en eau potable. Le forage des Bayardières, qui capte la nappe de la molasse sous couverture pliocène, a du être abandonné en raison du dépassement de la norme de potabilité par les pesticides et les nitrates ;
- **les zones urbaines** : elles peuvent être à l'origine de certaines pollutions (métaux lourds, hydrocarbures,...), cependant ce type de contamination n'a jamais été constaté dans la nappe de la molasse, entre autre parce que les sols sont en grande partie imperméabilisés en ville et parce que les sources de pollutions sont peu importantes ;
- **les industries** : il existe peu de cas connus. On peut néanmoins citer la fuite du saumoduc à Hauterives, il s'agit de points de pollutions ponctuelles et accidentelles que l'on peut traiter au cas par cas ;
- **les forages** : ce sont des intrusions directes dans la nappe, une grande partie d'entre eux n'est pas réalisée dans les règles de l'art (*i.e.* aucune isolation vis-à-vis des eaux

superficielles n'est réalisée), comme décrit dans *annexe 2*, ils peuvent alors constituer des points de pollutions directes. De plus, une grande partie d'entre eux n'est pas déclarée, particulièrement en ce qui concerne les **forages domestiques**, on en connaît en effet qu'une petite centaine alors qu'ils sont plusieurs milliers ;

- les **systèmes d'assainissement** défectueux peuvent également être source de pollutions ponctuelles importantes.

IV.4.3 Cartographie de la vulnérabilité

Afin de sectoriser la vulnérabilité de la nappe nous avons à nouveau appliqué des indices en fonction du paramètre considéré.

Pour localiser les secteurs d'activités anthropiques nous avons utilisé la CORINE LAND COVER 2006 (Union Européenne – SOeS) qui permet de distinguer le type de cultures en place, les zones de forêt et les zones urbaines (Planche 27).

Concernant les forages, nous avons utilisé les informations de la base de données, soit uniquement les forages captant l'aquifère molassique connus qui représentent moins de 10% des forages existants. Cependant la répartition des forages est bien représentative des zones de besoin et des zones d'accessibilité de la nappe. Trois zones ont été distinguées arbitrairement en fonction de la densité de forages (densité forte faible et absence de forage).

Finalement le résumé des indices utilisés pour les paramètres « occupation des sols » et « géologie » est représenté dans le Tableau 19. Une première visualisation de la vulnérabilité est alors représentée par la somme des indices sur la Planche 28. Une assez bonne relation entre les secteurs les plus atteints par les pollutions anthropiques et la vulnérabilité de la nappe apparaît.

Géologie	Indice	Pressions			
		Activités anthropiques	Indice	Densité de forages	Indice
Molasse affleurante	10	Terres arables	10	Forte	5
Couverture alluviale	7	Autre activités agricoles	7	Faible	3
Formations de Chambarans	5	Zones urbaine	5	Absence	1
Pliocène	1	Forêts	1		

Tableau 19 : Indices appliqués aux différents paramètres pour estimer la vulnérabilité de la nappe

IV.4.4 La piézométrie

Sur cette première planche, nous n'avons pas pris en compte la piézométrie, pourtant celle-ci joue un rôle essentiel sur la vulnérabilité de l'aquifère. En reprenant la carte piézométrique, et les données du fonctionnement de l'aquifère, on peut en effet distinguer pour chaque bassin versant :

- les zones d'infiltration amont, qui intègrent les 3 flux, et sur lesquels la vulnérabilité est forte ;
- les zones d'artésianisme¹⁶ ou lorsque la nappe de la molasse est en charge par rapport aux nappes superficielles, l'eau « remonte » vers le sol et limite le passage des polluants vers la zone saturée. **Cette protection est assurée tant que les pompes n'inversent pas le phénomène** (cf. Figure 26). Il s'agit en fait des zones aval de remontée des flux profonds et d'émergence de la nappe, ce sont les secteurs sur lesquels la vulnérabilité est la plus faible ;

¹⁶ Altitude du niveau d'eau supérieur à l'altitude du sol

- sur le reste du secteur les flux superficiels et intermédiaires sont concernés et la vulnérabilité y est moyenne à forte pour ces flux, mais faible pour les flux profonds.

La prise en compte de la piézométrie (Planche 29) permet de mettre en avant l'importance du fonctionnement de l'aquifère dans la vulnérabilité de la nappe. Ainsi, il apparaît que la ZIP située au centre de la plaine de Valence, qui semblait très vulnérable sur la première carte (Planche 28) est en réalité protégée en raison de la remontée du flux profond (tant qu'il n'y a pas d'inversion des charges).

IV.5 Définition des risques pour chaque aire d'alimentation

Il est tout d'abord fondamental de mesurer l'écart qu'il existe entre les zones de fortes potentialités et les zones de protection à instaurer en fonction des risques. En effet pour l'alimentation en AEP on va rechercher les zones productives de flux profonds avec une protection naturelle forte. La protection de ces zones devra viser les aires d'alimentation de ces flux.

Les zones d'intérêt pour l'alimentation en eau potable ont été définies à partir des données de potentialité de l'aquifère et de qualité des eaux.

A partir des données de piézométrie et de fonctionnement de l'aquifère, nous avons ensuite estimé les aires d'alimentation de ces zones d'intérêt.

Enfin la vulnérabilité de la nappe a été mesurée à partir des données de pressions anthropiques, de la géologie (couverture de surface essentiellement) et de la piézométrie.

A partir de là on va reprendre les données sur les aires d'alimentation des zones d'intérêt que l'on va croiser avec la carte de vulnérabilité de la nappe, et définir des grands ensembles de la façon suivante, en sachant que nous avons déjà sélectionné les zones les plus productives:

- ZIP (Flux profonds) - vulnérabilité moyenne à faible
- ZIP (Flux profonds) - vulnérabilité moyenne à forte
- ZIS-1 (Flux superficiels et intermédiaires, qualité bonne à moyenne) - vulnérabilité moyenne à faible
- ZIS-2 (Flux superficiels et intermédiaires, qualité moyenne à faible)- vulnérabilité moyenne à forte

Il est essentiel pour la suite de bien comprendre que les cartes réalisées ne sont qu'une représentation en 2 dimensions de l'aquifère et ne permettent donc pas toujours d'avoir une image réelle de la nappe qui ne peut s'imaginer qu'en 3D. D'autre part les limites proposées ne peuvent être considérées que d'après l'état actuel des connaissances qui prennent en compte aussi bien la productivité, la qualité, ou encore l'épaisseur de la formation recoupée par rapport à son épaisseur théorique.

Grand bassin versant	Aire d'alimentation	Zone d'intérêt	Type de zone d'intérêt alimenté	Vulnérabilité de l'AA
Sud Isère	A1 – A2	1 - 3	ZIP	Forte
	A9 – A10	2 - 4	ZIS-2	Moyenne à forte
Collines molassiques	A3 – A4 – A5	5 – 6 – 9 – 12	ZIP	Moyenne à faible
	A12 – A13 – A16	8 – 11 – 14	ZIS-1	Moyenne à faible
	A11 – A14 – A15	7 – 10 – 13	ZIS-2	Moyenne à forte
Valloire / Varèze	A6 – A7 – A8	16 – 17 – 18	ZIP	Moyenne à faible
	A17	15	ZIS-1	Moyenne à faible

Tableau 20 : Correspondance entre les zones d'intérêt, leurs aires d'alimentation et leur vulnérabilité

Le Tableau 20 permet d'établir la correspondance entre les zones d'intérêt, leurs aires d'alimentation et la vulnérabilité de ces aires.

Il apparaît que, sur la plaine de Valence, la vulnérabilité est forte, autant pour les ZIP que

pour les ZIS.

Sur les collines molassiques et la Varèze la vulnérabilité est plus variable. Elle est en effet très élevée sur les secteurs où la molasse est affleurante et où les activités humaines sont principalement l'agriculture. Elle est beaucoup plus faible sur les secteurs recouverts par les formations du pliocène continental (plateau de Chambarans et de Bonnevaux) qui correspondent également à des secteurs sur lesquels les activités anthropiques sont faibles.

Par ailleurs on peut également voir une très bonne corrélation entre la qualité des eaux et la vulnérabilité des aires d'alimentation.

IV.6 Conclusion

Nous avons donc défini des zones d'intérêt, prioritaires et secondaires, en fonction de nos connaissances actuelles. Cependant cette cartographie en 2D ne prend pas en compte les secteurs où le flux profond existe, mais est peu accessible pour le moment. Aussi, au centre de la plaine de Valence par exemple, la ZIS-2 ne prend en compte que les flux superficiels et intermédiaires alors que les flux profonds y sont également présents, mais en profondeur.

Pour chacune des ces zones d'intérêt, un bassin d'alimentation a été défini. A nouveau la cartographie en 2 D nous oblige à négliger les échanges pouvant avoir lieu entre les différents flux. Sur les parties amont on sait qu'il y a des échanges entre les flux superficiels et intermédiaires et le flux profond.

Enfin, la vulnérabilité de chacune des aires d'alimentation a été estimée. Ceci nous a conduit à définir 4 types de zones d'intérêt :

- ZIP-1 (zone d'intérêt prioritaire de type 1) avec une aire d'alimentation peu vulnérable
- ZIP-2 (zone d'intérêt prioritaire de type 2) avec une aire d'alimentation très vulnérable,
- ZIS-1 (zone d'intérêt secondaire de type 1) avec une aire d'alimentation faiblement à moyennement vulnérable,
- ZIS-2 (zone d'intérêt secondaire de type 2) avec une aire d'alimentation très vulnérable.

V Protection et gestion de la nappe

Les teneurs en nitrates et en pesticides observées dans l'aquifère molassique mettent en avant la vulnérabilité de la nappe face aux pressions anthropiques. Il apparaît alors nécessaire de mettre en place des actions visant à protéger l'aquifère.

Dans tous les cas, l'objectif d'atteinte du bon état d'ici 2021 (ou 2027), comme l'impose la directive cadre européenne, est difficilement envisageable étant donné le temps de transfert des polluants dans la nappe de la molasse. Il est alors d'autant plus urgent d'agir afin de limiter l'intrusion de polluants dans l'aquifère et de conserver les équilibres entre les eaux de surfaces et les eaux profondes.

V.1 Introduction

Dans cette partie nous proposons les actions principales à mettre en œuvre pour la protection et la gestion de la nappe.

Dans un premier temps nous avons fait un rapide résumé des aires d'alimentation de l'aquifère et sur la protection à mettre en place en fonction du flux concerné. Une sectorisation de la protection doit également être envisagée en fonction des secteurs considérés.

Nous avons ensuite proposé des actions à mettre en œuvre pour :

- améliorer la qualité des eaux,
- gérer les prélèvements,
- suivre l'impact des actions mises en place,
- et organiser l'avenir.

Cette partie donne les grandes orientations du travail qui doit être fait en matière de gestion et de protection de la nappe. Un SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) sera prochainement mis en place sur cet aquifère, et son rôle sera de définir de façon beaucoup plus précise les actions à mettre en œuvre. C'est lors de son établissement que :

- les zones d'intérêt seront reliées aux actions à mettre en place,
- les actions seront priorisées en fonction des zones considérées.

Il sera alors essentiel de bien prendre en compte que la protection et/ou la restauration d'une zone d'intérêt nécessitera des actions sur son aire d'alimentation. Par exemple la protection de la ZIP-2 située dans la plaine de Valence, nécessitera des actions sur le piedmont de Vercors.

V.2 Les zones de protection de l'aquifère

La protection de l'aquifère molassique doit s'organiser en fonction :

- des différents bassins versants concernés, en effet tous ne sont pas sujets à la même vulnérabilité,
- du type de flux, et plus particulièrement les vitesses de circulations des eaux qui vont impacter sur les actions à mener.

V.2.1 Les aires d'alimentation des flux

Afin d'être efficace, la protection de la nappe doit être appliquée au niveau des aires d'alimentation de l'aquifère.

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, chaque flux a une aire d'alimentation distincte. En effet si l'alimentation des flux superficiels se fait à proximité de ces derniers, les aires d'alimentation des flux profonds se trouvent très éloignées des zones de remontées de ces flux. D'autre part les aires d'alimentation sont différentes selon le bassin versant considéré.

Ainsi, au sud de l'Isère, l'infiltration des eaux alimentant les flux profonds et intermédiaires se fait en piedmont de Vercors (A1, A2), sur une surface d'environ 50 km², et par l'infiltration des cours d'eau issus du Vercors (zone amont de la Véore et de la Barberolle principalement).

Sur les collines molassiques ainsi que pour une partie de la Valloire, l'infiltration des eaux alimentant les flux profonds se fait principalement au niveau des Chambarans et du plateau de Thivolet (A3, A4, A5, A6). La surface concernée est de l'ordre de 300 km².

Pour le reste de la Valloire et la vallée de la Varèze, le plateau de Bonnevaux est le principal secteur d'alimentation des flux profonds (A7 et A8), sur une surface de l'ordre de 80 km².

Il est très difficile d'estimer la part d'infiltration allant seulement aux flux profonds. On peut simplement supposer, d'après la superficie des aires de remontées des flux profonds (d'après les datations au radiocarbone) que l'aire d'alimentation des flux profonds n'excède pas 30% des superficies annoncées ci-dessus. Il n'est de plus pas exclu que des échanges entre les différents flux aient lieu en amont de la nappe.

Concernant les flux superficiels, toute butte molassique est un secteur d'alimentation. L'infiltration des rivières sur certain tronçons (la Galaure à Hauterives et la Véore à Chabeuil par exemple) participe également à l'alimentation des flux superficiels.

V.2.2 La protection en fonction du type de flux

V.2.2.1 Les flux superficiels

Les eaux circulant dans les flux superficiels sont âgées de quelques dizaines d'années au maximum. Ceci explique pourquoi ils sont les plus impactés par les activités anthropiques, particulièrement agricoles. Le développement de l'agriculture est fort depuis le milieu du 20^{ème} siècle. Il a induit une utilisation beaucoup plus importante d'engrais minéraux et organiques ainsi que de pesticides dont les excédents sont infiltrés vers la nappe.

Les vitesses de circulation des eaux au sein des flux superficiels sont les plus élevées de l'aquifère (une 100^{aine} de mètres par an). Il apparaît donc que si ces flux sont les plus impactés, ils peuvent également permettre une bonne visibilité de l'efficacité des actions de

protection menées sur l'aquifère. Et ce d'autant plus que les eaux se sont infiltrées à proximité du lieu de prélèvement.

Ainsi, on peut aisément imaginer le suivi d'un bassin versant restreint, sur lequel des actions de protections visant à réduire des concentrations trop élevées en polluants existantes sur un flux superficiel, sont menées. Le bassin versant de la source Chaffoix, situé sur la commune d'Autichamp, est parfaitement adapté à ce type de suivi.

Paradoxalement, si ces flux sont ceux pour lesquels il est le plus facile d'envisager une diminution des teneurs en nitrates et pesticides (donc un retour progressif vers le bon état) de part la vitesse de circulation des eaux, ils sont également les plus difficiles à protéger car ils concernent la plus grande surface de molasse à l'affleurement.

Ces flux sont par ailleurs ceux captés par la majorité des ouvrages (en particulier ceux à usage domestique ou agricole) en raison de leur accessibilité.

V.2.2.2 Les flux intermédiaires

Les eaux circulant au sein des flux intermédiaires se sont infiltrées il y a quelques centaines d'années au maximum. Ces flux remontent par exemple au nord de Valence, entre Mours-St Eusèbe et Peyrins, au niveau de Margès ou encore à l'est de Roussillon. Malgré cela, certains ouvrages montrent une atteinte qualitative pouvant avoir pour origines des mélanges avec le flux superficiel ou des infiltrations localisées d'eaux de surface via des forages mal conçus. Les mélanges entre flux peuvent être naturels, mais sont également provoqués :

- par la drainance descendante induite par l'abaissement du niveau d'eau lors de pompages,
- par la conception de certains forages qui captent à la fois les flux intermédiaires et superficiels.

Les générations à venir pourront probablement voir l'impact des activités humaines sur ces flux. Les vitesses de circulation des eaux étant de quelques dizaines de mètres par an, il faudra par la suite plusieurs générations avant le retour à une qualité d'eau naturelle. Pour cette raison, il est essentiel de mettre en place des actions de protection des aires d'alimentation des flux intermédiaires dès aujourd'hui.

V.2.2.3 Les flux profonds

Les eaux circulant au sein des flux profonds se sont infiltrées il y a plusieurs milliers d'années. Aucune atteinte qualitative d'origine humaine n'a été constatée sur ces eaux.

Cependant, ce constat n'exclut pas de veiller à limiter les intrants au niveau des aires d'alimentation de ces flux. D'abord pour des raisons éthiques, les générations futures auront besoin autant que nous d'une eau de bonne qualité. Ensuite parce que bien que les écoulements soient stratifiés, il existe des échanges entre les différents flux. Une atteinte qualitative du flux profond peut également impacter sur la qualité du flux intermédiaire.

Le suivi de la qualité physico-chimique des eaux ainsi que des mesures isotopiques régulières sont essentiels concernant ces flux. En effet une modification chimique et/ou isotopique des eaux peut mettre en évidence des problèmes de gestion de la nappe difficilement identifiables par ailleurs. Nous reviendrons plus en détail sur cela dans la partie V.3.4 de ce rapport.

V.2.3 Sectorisation de la protection

La protection de la nappe doit finalement être appliquée en fonction des bassins versants et des flux.

V.2.3.1 Le nord de l'Isère

Sur les plateaux de Bonnevaux et des Chambarans, les activités anthropiques sont faibles et ont peu d'impact sur la nappe. La protection devra se résumer à conserver le milieu tel quel afin de protéger les flux intermédiaires et profonds alimentés par l'infiltration des eaux au niveau de ces plateaux.

Concernant les flux superficiels, ils sont impactés par les activités agricoles, en particulier au niveau de la Drôme des collines. Il est nécessaire d'agir dès aujourd'hui pour rétablir une bonne qualité d'eau.

V.2.3.2 Le sud de l'Isère

Au sud de l'Isère, la pollution de l'aquifère est généralisée.

Sur ce secteur, il est nécessaire d'agir dès aujourd'hui afin de rétablir une qualité d'eau acceptable. Plusieurs années seront néanmoins nécessaires avant de voir un impact significatif des actions menées.

Les secteurs à protéger en priorité sont le piedmont du Vercors, aire d'alimentation des flux profonds et intermédiaires, ainsi que les secteurs d'affleurement de la formation molassique, soit les nombreuses buttes molassiques, alimentant les flux superficiels.

V.3 Les actions à mener

V.3.1 L'agriculture

L'étude de la qualité de l'aquifère montre que l'agriculture est l'activité à l'origine des fortes teneurs en nitrates et pesticides observées dans les eaux de l'aquifère. La présence de plusieurs molécules dont l'usage est interdit depuis 2003 (atrazine principalement) démontre la difficulté de l'aquifère à évacuer ce type de polluant. Des mesures devront donc être mises en place afin de limiter les intrants, elles peuvent être :

- l'utilisation de plantes moins demandeuses en engrais et pesticides,
- la rotation des cultures sur les parcelles, qui permet de limiter l'utilisation de pesticides,
- une gestion de l'irrigation qui permet aux plantes de mieux incorporer les produits avec moins de lessivage.

L'agriculture est l'activité la plus demandeuse en eau puisqu'elle représente 45% des prélèvements au sein de l'aquifère molassique. De plus, tous ces prélèvements sont concentrés entre les mois d'avril et de septembre. Etant donné l'évolution attendue du climat à court terme, il semble urgent d'adapter les cultures et les pratiques.

Il est important de noter que la réforme 2013 de la PAC prévoit de renforcer la promotion des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement.

Sans être des spécialistes en agriculture mais par discussions, il est des points où l'on pourrait envisager la mise en place de modifications rapides des pratiques agricoles. Par exemple :

- 1- le retournement des terres a pour effet immédiat l'assèchement des sols, et ce d'autant plus que notre région est particulièrement venté,
- 2- l'adaptation des tours d'eau en période de pointe pour limiter l'irrigation aux heures les plus chaudes de la journée permettrait également :
 - a. de réduire les prélèvements et l'évaporation ;
 - b. d'avoir un effet bénéfique auprès de la population, qui d'une façon globale ne comprend pas que les médias parlent d'économie d'eau de façon récurrente (et plus particulièrement au moment des sécheresses) alors que l'on voit des irrigations en aspersion entre midi et 16h, soit aux moments des plus fortes chaleurs ;
- 3- adapter les cultures en tenant compte de la ressource en eau et de sa protection et non pas uniquement en fonction de sa rentabilité ;
- 4- les élevages hors sols, sources de pollutions locales fortes, ne doivent pas se situer dans les zones de forte vulnérabilité alimentant les flux profonds. Ou bien, ils doivent être traités avec de multiples précautions et sécurisations.

Il est indispensable pour ce volet majeur, qu'il y ait une participation des agriculteurs aux discussions avant la prise de décisions.

V.3.2 Les forages

Les forages sont une intrusion directe dans la nappe. On en connaît environ 1000 qui captent l'aquifère molassique, cependant, étant donné le nombre d'entreprises de forages travaillant

sur la zone d'étude ce chiffre doit représenter moins de 10% des forages existants.

On peut faire un premier calcul pour estimer le nombre de forage existants en se basant sur :

- le nombre de foreurs travaillant sur la zone d'étude (ceux du département mais également certains de département limitrophes) : 20
- le nombre de forages réalisés par entreprise : environ 1 par semaine

Soit un total de 1000 forages par an.

Au fil des ans, la répartition n'est pas homogène :

- premières réalisations : 1965
- phase de démarrage : 1965 - 1980
- Phase de plein travail (avec ou sans facture) : 1980 - # 1995
- Phase de plein travail (plus fréquemment avec facture) : 1995 - 2011

Soit plus de 40 ans de travail sachant que les 20 premières années aucun ouvrage n'était déclarés. En effet, et même actuellement, la quasi-totalité des ouvrages ne sont pas déclarés (en particulier ceux à usage domestique). Mais comment pourraient-ils l'être ? C'est en effet au particulier de déclarer l'ouvrage en mairie, mais ils n'en sont pas informés. Il paraît alors évident que cela devrait passer par l'entreprise de forage.

De plus ces ouvrages sont rarement conçus dans les règles de l'art qui doivent permettre :

- d'éviter toute intrusion des eaux de surface (principalement issues du ruissellement), souvent polluées, dans le forage,
- d'éviter de mélanger les eaux de deux nappes différentes (nappe superficielle et nappe profonde).

D'autre part les forages sont souvent réalisés sans aucune prise en compte du fonctionnement de la nappe, les profondeurs et emplacements des ouvrages ne sont alors pas toujours en adéquation avec l'usage qu'il en sera fait.

Les actions sont alors à mener vis-à-vis des foreurs et vis-à-vis de l'aquifère.

V.3.2.1 Actions auprès des foreurs

Nous avons, lors de notre étude, réalisé plusieurs réunions avec les foreurs travaillant sur la zone d'étude. Notre objectif était principalement de les sensibiliser aux problèmes pouvant être générés par la mauvaise conception de forages, mais également de discuter avec eux des problèmes qu'ils pouvaient rencontrer. Nous avons également proposé un cahier des charges aux entreprises de forage signé par une partie d'entre elles (tout est détaillé en *Annexe 2*).

Nos discussions avec ces entreprises ont amené plusieurs remarques :

- 1- l'absence de formation et la complexité de la législation en matière de forage : ces deux points pourraient être largement améliorés par la réalisation de réunions régulières par les services de l'état (DDT) visant à former les foreurs mais également à recueillir leurs difficultés et tenter de trouver des solutions ;
- 2- l'existence de nombreuses entreprises peu scrupuleuses, ouvrant à une concurrence quasiment déloyale. Il est en effet difficile d'imposer la déclaration d'un forage et/ou une cimentation couteuse à un client si d'autres entreprises acceptent de faire sans ;
- 3- l'absence de répression en cas de non respect des règles de l'art ou de non déclaration

de l'ouvrage ne favorise par la réalisation de ces deux actes. En effet, et à ce jour, il n'existe aucun cas de mise en cause vis-à-vis de forages mal réalisés ou non déclarés pour des ouvrages à usage domestique alors que ça les concerne quasiment tous.

Les actions à mener devront finalement s'articuler autour de deux axes principaux : la communication auprès des foreurs mais également des particuliers, et la surveillance accrue de ce qui est réalisé en termes de forage. Il faudrait, à terme, que la conception d'un forage soit considéré de la même façon que la conception d'une maison, c'est-à-dire qu'il nécessite une sorte de permis de construire.

Un article de *Montginoul et al (Cemagref et BRGM, 2011)* sur les forages domestiques montre que les problèmes énoncés ci-dessus sont courants et que plusieurs pays ont mis en place des actions pour y palier telles que :

- la mise en place d'une licence professionnelle attribuée aux entreprises ayant prouvé qu'elles ont formé leur personnel et ont du matériel adapté (Australie et certains états des USA),
- sanction pour l'usage d'un forage non déclaré (de 30 000 € au Portugal).

Pour cet aquifère, dont le fonctionnement est compliqué, il n'est pas imaginable que les maires puissent avoir la compétence en interne. Il faudra donc qu'au travers du SAGE il y ait une commission qui soit chargée de recevoir les dossiers de déclaration et de valider les profondeurs et la position des cimentations.

V.3.2.2 Prise en compte du fonctionnement de l'aquifère

Nous avons vu précédemment qu'il est essentiel de protéger les secteurs d'infiltration des flux profonds et intermédiaires. A nouveau on peut distinguer les trois grands bassins versants :

- **au nord de l'Isère**, peu de forages existent sur les deux bassins versants des plateaux de Chambarans/Thivolet et Bonnevaux, il conviendra de limiter la réalisation de forages aux usages indispensables dans ces secteurs, c'est-à-dire à l'alimentation en eau potable. Etant donné qu'il n'est pas souhaitable de développer l'agriculture sur ces plateaux, les ouvrages à usage agricole ne devront pas y être réalisés. Il reste les ouvrages industriels dont l'acceptation se fera au cas par cas, après étude sur les volets quantitatifs et qualitatifs ;
- **Au sud de l'Isère**, les ouvrages sont nombreux en piedmont de Vercors. On peut imaginer la réalisation d'une vérification progressive (quelques ouvrages par an) de l'état des ouvrages existants (essais de pompage, diagraphies,...) et le rebouchage des ouvrages abandonnés. Ce type d'action est par exemple mené par le SMETA¹⁷ dans le cadre du SAGE sur la nappe de l'Astien.

D'autre part, il paraît essentiel de réserver les zones de remontée des flux profonds pour l'alimentation en eau potable, seul usage qui nécessite une excellente qualité d'eau.

Les ouvrages à usage agricole et domestique peuvent être réalisés sur le reste du territoire. Les profondeurs atteintes par ces forages devront néanmoins être limitées afin de capter principalement le flux superficiel.

¹⁷ Syndicat Mixte d'Etudes et de Travaux sur l'Astien

V.3.3 Les particuliers et les collectivités

Des actions de communication auprès des particuliers et des collectivités seront également indispensables. En effet tous deux sont des utilisateurs importants de la ressource (43% des prélèvements à eux deux) et sont à l'origine d'activités polluantes (désherbage des allées et trottoirs à l'aide de pesticides par exemple). L'accent devra être mis en premier lieu sur les prélèvements.

Les collectivités sont les premières concernées par ces actions de communication. En effet comment convaincre un particulier d'arroser sa pelouse uniquement le soir, voir d'arrêter l'arrosage en raison d'une période de sécheresse, si les communes arrosent leurs espaces verts en pleine journée ? De la même façon il est impensable de demander aux irrigants de diminuer leurs prélèvements et ne pas faire de même avec les autres utilisateurs.

Dans un autre registre, il semblerait qu'il soit également nécessaire d'informer les particuliers sur le fonctionnement des collectivités distributrices d'eau potable. En effet peu de personnes savent ce qui entre en jeu pour la facturation de l'eau, les en informer permettrait de les sensibiliser aux problèmes de gestion de la ressource.

V.3.4 La mise en place de suivis

V.3.4.1 Les suivis qualitatifs

Il existe à l'heure actuelle des suivis journaliers du niveau piézométrique de l'aquifère et trimestriels à annuels de la qualité de l'eau. Ces suivis sont assurés par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée, la DREAL Rhône Alpes et le BRGM et le département de la Drôme sur 11 ouvrages. L'ensemble de ce réseau permet un suivi assez complet de l'aquifère.

Cependant, un suivi annuel de l'évolution des ions majeurs et de certains pesticides pourrait être réalisé sur une quinzaine d'ouvrages supplémentaires captant les flux superficiels et intermédiaires. Ce suivi permettrait d'avoir une bonne vision de l'évolution de la qualité des eaux et des éventuelles actions menées pour limiter l'impact des intrants agricoles.

Un suivi moins fréquent, tous les 5 ans par exemple, sur une vingtaine d'ouvrages, avec l'analyse des éléments traces, de la chimie, des isotopes de la molécule d'eau et du carbone et enfin des pesticides peut également être mis en place. L'objectif de ce type de suivi serait de connaître l'évolution chimique (ions majeurs et éléments traces) et isotopique des eaux. Il permettrait de vérifier qu'il n'y ait pas de rajeunissement ou de vieillissement des eaux. Si tel est le cas, on peut supposer une exploitation trop importante de l'aquifère qui aboutit à une drainance descendante dans le cas d'un rajeunissement ou à la mobilisation d'une eau ancienne dans le cas d'un vieillissement. Ce type de constat a par exemple été décrit par *Celle-Jeanton et al (2009)* sur un aquifère de Lorraine. Ces analyses peuvent également permettre de conforter le modèle de fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère.

Dans le premier cas (suivi annuel des ions majeurs et des pesticides) le coût analytique serait de l'ordre de 3000€ HT pour les nitrates et pesticides (seulement quelques molécules). Dans le second cas les analyses auraient un prix de l'ordre de 13 300 € HT pour les isotopes, la chimie et les éléments traces, soit un coût annuel de l'ordre de 2 660 € HT. Finalement, l'ensemble de ces analyses couvriraient entre 5 000 et 6 000 € HT par an.

Un suivi de la qualité des eaux (nitrates et pesticides) à un pas de temps plus précis que le suivi actuel, soit une fois par mois au minimum, pourrait être mis en place sur quelques années. L'objectif serait de connaître l'impact des précipitations sur la mise en solution des éléments. Ce type de suivi serait réalisé sur des ouvrages :

- captant le flux superficiel et/ou intermédiaire de l'aquifère,
- déjà suivis par l'Agence de l'Eau ou le Conseil Général,
- montrant à l'heure actuelle un impact des activités agricoles.

Les molécules pesticides à suivre pourraient être sélectionnées en fonction de celles déjà présentes sur ces ouvrages.

D'autre part, comme suggéré précédemment, le suivi de la qualité des eaux sur un bassin de petite envergure et sujet à des problèmes de qualité permettrait de mesurer l'efficacité des mesures mises en place pour diminuer les intrants. On peut par exemple proposer ce type de suivi sur les sources d'Autichamp dont la réactivité devrait être rapide, modélisable et permettant un calage.

V.3.4.2 Les suivis quantitatifs

Une attention particulière devra également être apportée à l'évolution des niveaux piézométriques de l'aquifère molassique mais aussi des nappes superficielles et du débit des cours d'eau, en particulier au niveau des zones de décharge de l'aquifère. Ceci permettrait de mettre en avant une surexploitation de l'aquifère. Si on prend pour exemple la Galaure qui est exclusivement alimentée par la nappe de la molasse en étiage (estival), une baisse du débit de la rivière peut être attribuée soit à une baisse des entrées (les précipitations), soit à une augmentation des prélèvements. Un suivi des niveaux d'eau et du débit des rivières, associé aux précipitations, permettra donc de voir et d'expliquer des anomalies de comportement (baisse ou hausse) et une éventuelle sur exploitation de la nappe.

L'évolution des conditions climatiques est également un enjeu important pour l'avenir. D'une part, en raison de l'étroite relation existante entre les précipitations d'hiver et l'évolution du niveau piézométrique de la nappe de la molasse. Un suivi des précipitations hivernales permettrait de mieux gérer les périodes de sécheresse et, par exemple, de mettre en place les arrêtés sécheresse suffisamment tôt pour permettre l'adaptation des cultures. D'autant plus que les arrêtés sécheresses ne sont pas du tout adaptés à cet aquifère, dont le rythme de fonctionnement est annuel, voir pluriannuel, et non à l'échelle de quelques jours voire de quelques semaines. D'autre part, l'évolution des conditions climatiques attendue (températures, pluviométrie, intensité des précipitations) est fortement défavorable à la recharge des nappes, et doit être attentivement suivie pour permettre une adaptation des consommations d'eau aussi rapide que possible.

V.3.5 Les études complémentaires

Les deux thèses réalisées sur la molasse du Bas Dauphiné permettent d'avoir une bonne connaissance du fonctionnement de l'aquifère. Elles ont par ailleurs permis de poser une méthodologie d'interprétation des résultats d'analyse et de caractériser l'état actuel de l'aquifère.

Des connaissances complémentaires sur l'aquifère sont à programmer. Il reste un travail à entreprendre encore au moins aussi important que celui qui a été déjà été réalisé. On pourrait presque dire que sur cet immense aquifère il faut mettre en place une structure à vie qui effectue les mesures en continu, assure la gestion des forages, conditionne les nouvelles

demandes, propose les études sur les secteurs peu connus et sur les futurs besoins des populations en AEP.

Voici déjà une trame qui pourra servir à bâtir un programme pour les années futures.

V.3.5.1 L'homogénéisation des connaissances

Il existe à ce jour une très grande disproportion dans l'état des connaissances sur ce bassin. Or cela ne transparait pas forcément au travers des cartes qui sont proposées.

Il existe globalement trois grands secteurs (Planche 30) avec :

- sur un large quart sud-ouest, un bon état des connaissances et de la compréhension du système aquifère que l'on peut quantifier à 80 / 90%,
- au nord-est de l'Isère, selon une auréole, avec des données au centre est et au nord ouest : 40 à 50%,
- au nord-est, très peu de données sur un vaste secteur où l'épaisseur de la série est importante : 5 à 10%.

On voit donc que si l'on veut combler ces différences cela passera par de la collecte d'informations (à savoir qu'il en existe peu, si ce n'est peut-être en partant à la recherche des forages domestiques) et par la programmation de nouvelles études (géophysiques - sismiques) puis par des forages de reconnaissance.

V.3.5.2 La base de données forages

Cette base de données, dont l'objectif est l'accumulation de connaissances, pourra être complétée au cours du temps. Pour cela, un partenariat avec les foreurs pourrait être mis en place, il permettrait au gestionnaire de la nappe d'acquérir des données et aux foreurs d'acquérir des informations tant sur l'aquifère que sur la législation. D'autre part, il serait intéressant de travailler avec les Bureaux d'études afin que ces derniers transmettent les résultats de leurs études et puissent bénéficier des données existantes.

V.3.5.3 Les relations avec les eaux superficielles

Les étroites relations entre les nappes superficielles et les rivières et la nappe de la molasse pourront également être étudiées sur les secteurs non approfondis lors de la seconde thèse (l'Herbasse, les alluvions de la plaine de Valence,...). Ce type d'étude serait facilité puisque les méthodologies pour les prélèvements et l'interprétation des résultats sont décrites dans le document de thèse.

Un suivi régulier (mensuel) de la chimie des eaux, couplé à des analyses isotopiques (en particulier le tritium) et à des mesures de débits et de niveau d'eau pourrait également être réalisé. Ceci permettrait d'avoir une meilleure idée de l'alimentation des rivières et des nappes superficielles par l'aquifère molassique tout au long de l'année. Ce type de suivi pourrait être mis en place dans un premier temps sur la Galaure et les terrasses alluviales de Romans.

V.3.5.4 Modèles hydrogéologiques

Nous disposons maintenant de suffisamment de données et de connaissances sur la compréhension du fonctionnement de l'aquifère pour établir des modèles hydrogéologiques. Ces modèles doivent être considérés comme des outils très intéressants pour organiser la gestion d'une nappe, puisqu'ils permettraient de mieux connaître les échanges entre les eaux

profondes et les eaux superficielles ainsi que les prélèvements pouvant créer une rupture d'équilibre.

Il convient néanmoins de rester prudent quand aux résultats qu'ils peuvent fournir et de savoir les utiliser avec circonspection. En effet, on ne connaît jamais de façon sûre le comportement hydrogéologique d'un aquifère ni même sa géologie. Dans tous les cas le(s) modèle(s) devra(ont) :

- être évolutif afin de permettre son amélioration avec l'acquisition de connaissances,
- être sectorisé par bassin versant afin de prendre en compte les disparités existantes autant en terme de géologie et d'hydrogéologie que d'enjeu (vulnérabilité, pressions anthropiques, populations concernées,...).

V.3.5.5 *Evaluation de la vulnérabilité*

Nous avons, dans le présent rapport, proposé une évaluation de la vulnérabilité de la nappe avec les données dont nous disposons. Cependant, la vulnérabilité d'une nappe dépend fortement du type de sol, donnée non prise en compte dans ce rapport. Plusieurs méthodes existent pour évaluer la vulnérabilité d'une nappe.

La plus souvent utilisée est la méthode **DRASTIC** qui a été développée par les services de l'Agence Américaine de Protection de l'Environnement USEPA (*Aller et al, 1987*). Cette méthode se base sur sept paramètres déterminant la valeur de l'indice de vulnérabilité. A chaque paramètre est attribué une note comprise entre 1 et 10, plus elle est élevée plus le facteur est défavorable. Un facteur de poids permet ensuite de pondérer les paramètres en fonction de leur importance dans la vulnérabilité de la nappe. Une équation est ensuite appliquée de la façon suivante :

$$ID = Dp.Dc + Rp.Rc + Ap.Ac + Sp.Sc + Tp.Tc + Ip.Ic + Cp.Cc$$

avec D, R, A, S, T, I, et C les sept paramètres, p le facteur de pondération associé et c la note attribuée au paramètre (cf. Tableau 21).

Une rapide recherche sur internet permet d'avoir toutes les précisions nécessaires à l'application de cette méthode.

Paramètre		Propriété	Poids
D	Profondeur de la nappe	Plus la profondeur est élevée, plus le contaminant met du temps à atteindre la nappe	5
R	Recharge nette	Plus la recharge est importante, plus le risque de contamination est important	4
A	Lithologie de l'aquifère	Caractérisée par la granulométrie des terrains saturés qui intervient dans le piégeage du polluant. Plus la granulométrie est fine, plus le piégeage est élevé	3
S	Type de sol	Plus le sol est argileux plus il est apte à retenir les polluant, plus la nappe est protégée	2
T	Topographie	La pente des terrains, si elle est forte favorise le ruissellement et limite l'infiltration des eaux et des polluants	1
I	Zone non saturée	C'est la texture qui est prise en compte et qui influe sur la percolation des polluants jusqu'à la zone saturée	5
C	Perméabilité	Intervient sur la vitesse de transfert des polluants	3

Tableau 21 : Paramètres et facteurs de pondération utilisés pour l'application de la méthode DRASTIC

V.3.5.6 *Autres*

D'autre part la **réalisation d'une carte piézométrique** plus précise, avec un nivellement de tous les ouvrages mesurés doit être envisagée. Ce travail sera indispensable, mais long à réaliser et compliqué en raison de l'inaccessibilité fréquente du niveau d'eau à partir de sondes électriques. Plusieurs mois seront nécessaires pour couvrir l'ensemble de la zone d'étude. On peut cependant envisager de travailler par bassin versant pour étaler les mesures dans le temps et cibler les secteurs d'intérêt maximum, là où il peut y avoir – par les effets de charges – des échanges entre aquifères.

Les valeurs d'évapotranspiration, indispensables à la réalisation de bilans hydrogéologiques, ne peuvent à l'heure actuelle qu'être estimées. Un travail sur les possibilités existantes en matière de mesure de l'ETP et leurs mises en œuvre devra être réalisé. Nous avons mis en place un ensemble de mesure afin de réaliser un bilan sur un petit bassin versant, au niveau des Chambarans. Outre les problèmes techniques nous ayant conduit à abandonner ces mesures, nous avons vite vu que si les mesures des sorties (débit de ruisseaux et de sources) étaient précises, la mesure des entrées s'est avérée beaucoup plus complexe et imprécise en raison de la difficulté à estimer l'évapotranspiration.

V.3.6 **La mise en place du SAGE**

V.3.6.1 *Contexte législatif général*

Nous ne décrivons ici que brièvement le contexte législatif européen et français dans le domaine de l'eau, l'*Annexe 3* permet d'apporter des précisions. Les adresses des sites internet sur lesquels ces informations ont été collectées sont également précisées dans cette annexe.

La **Directive Cadre Européenne sur l'Eau** (DCE) impose l'atteinte du bon état des eaux en 2015. Pour y parvenir une stratégie a été mise en place par bassin hydrographique (Rhône Méditerranée dans notre cas). Cette stratégie est décrite dans le **SDAGE** qui est entré en vigueur fin 2009 pour 6 ans.

Le SDAGE précise (orientation fondamentale n°4) qu'il est nécessaire de mettre en place un SAGE sur la molasse du Bas-Dauphiné et les alluvions de la Plaine de Valence pour atteindre les objectifs de la DCE.

V.3.6.2 *Le SAGE*

Le SAGE est un outil pour organiser l'avenir, il permet une vision globale de la ressource, sur un territoire cohérent.

La Commission Locale de l'Eau (CLE) est une assemblée délibérante et opérationnelle présidée par un élu. C'est elle qui organise et qui gère l'ensemble de la procédure d'élaboration, de consultation puis de mise en œuvre du SAGE. La CLE est représentative de tous les acteurs, elle est en effet composée :

- pour au moins 50% par les collectivités territoriales,
- pour au moins 25% par les usagers,
- par les représentants de l'état à 25% ou moins.

La CLE n'a pas de personnalité juridique, il est donc nécessaire d'avoir une structure porteuse qui assure le secrétariat de la CLE et l'animation de la procédure via l'animateur du SAGE.

La procédure du SAGE se déroule globalement de la façon suivante:

- 1- projet de périmètre du SAGE (cf. Planche 31),
- 2- consultation des collectivités et du comité de bassin,
- 3- arrêté préfectoral de délimitation du périmètre,
- 4- composition de la CLE, constituée par arrêté préfectoral,
- 5- élaboration du SAGE (le 31 décembre 2015 au plus tard),
- 6- consultation et approbation,
- 7- mise en œuvre du SAGE.

Le Tableau 22 permet d'avoir une vision globale du planning approximatif jusqu'à l'élaboration du SAGE "Molasse du Bas-Dauphiné et alluvions de la Plaine de Valence".

	2011			2012												2013	2014
	oct.	nov.	déc.	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.		
Périmètre du SAGE																	
Consultation																	
Etablissement périmètre																	
Périmètre arrêté																	
Elaboration de la CLE																	
Définition composition																	
Installation CLE																	
Travaux d'élaboration du SAGE																	

Tableau 22 : Calendrier prévisionnel du SAGE molasse Miocène – Alluvions Plaine de Valence

Les grandes étapes de l'élaboration du SAGE sont :

- l'état des lieux et le diagnostic du territoire,
- les tendances et scénarios d'évolution, choix de la stratégie du SAGE,
- la rédaction du PAGD et du Règlement du SAGE, évaluation environnementale du SAGE,
- l'enquête publique avant approbation définitive.

VI Conclusions générales

VI.1 Point de vue hydrogéologique : le fonctionnement de la nappe

Cette étude sur l'aquifère molassique du Bas-Dauphiné a permis de mieux comprendre son fonctionnement hydrogéologique essentiellement grâce à l'application des outils géochimiques et isotopiques.

Dans un premier temps, un travail a été fait pour compléter la structure géologique du bassin sédimentaire, ne serait-ce que sur la partie iséroise, non étudiée lors de la première thèse. Toutefois on s'est rapidement trouvé confronté à un problème de manque de données tout particulièrement sur la partie Nord-est où profondeur et la structure du substratum molassique n'a pu être supposée qu'à partir des forages pétroliers de Brézins et de Faramans.

La carte piézométrique, indispensable à la compréhension des écoulements au sein de la nappe a également été précisée. Cinq bassins versants, quasiment indépendant les uns des autres ont ainsi été distingués. De plus, cette nouvelle carte montre l'existence du drainage de la nappe de la molasse par les cours d'eau et les nappes superficielles.

Les résultats des analyses géochimiques et isotopiques des eaux du secteur isérois de la zone d'étude concordent et permettent d'étendre le modèle de fonctionnement décrit par De La Vaissière (2006). Les écoulements sont stratifiés au sein de l'aquifère selon le modèle décrit par De La Vaissière (à partir du modèle de Tóth) où l'on distingue :

- **les flux locaux superficiels**, caractérisés par des eaux jeunes, souvent impactées par les activités anthropiques et infiltrées à proximité des points de prélèvement. Les vitesses de circulations de ces flux sont les plus élevées, d'une centaine de mètres par an. Les flux locaux sont guidés par la géologie locale, chaque butte molassique constituant un point d'infiltration ;
- **les flux régionaux profonds**, individualisés par des eaux infiltrées il y a plusieurs milliers d'années, les vitesses de circulation au sein de ces flux sont les plus lentes, de 5 à 10 mètres par an. Ces flux, infiltrés en piedmont de Vercors pour la plaine de Valence, et au niveau des plateaux de Chambarans et de Bonnevaux pour le secteur situé au nord de la rivière Isère, remontent en aval sur certains zones assez bien identifiées. Ces remontées sont conditionnées par la géologie régionale, en particulier par la présence de formations imperméables (granite vers St Barthélemy de Vals, marnes oligocènes au sud de Valence, argiles pliocènes vers Tain l'Hermitage,...) bloquant les écoulements à l'ouest du bassin ;
- **les flux intermédiaires**, qui correspondent soit à des eaux d'âges intermédiaires, soit à un mélange d'eaux des deux flux précédents.

La diminution progressive du nombre de forages captant la formation molassique au nord-est du bassin conduit à la méconnaissance graduelle de ce secteur et à des incertitudes sur les zones de recharge. Il est par exemple possible voire probable que des échanges entre les nappes superficielles des vallées de la Bièvre et du Liers et la nappe de la molasse aient lieu.

Les exutoires possibles de l'aquifère molassique ont pu être localisés en première approche grâce aux données de piézométrie et de jaugeage des cours d'eau. La réalisation du bilan

hydrogéologique de l'aquifère, par bassin versant a ensuite permis de montrer que :

- le débit, issu de la nappe de la molasse, et drainé par les cours d'eau est très important, en particulier pour la Galaure, l'Herbasse et la Véore ;
- la drainance ascendante, calculée à partir de la différence de niveau piézométrique entre la nappe de la molasse et les nappes superficielles de la Valloire et des terrasses alluviales de Romans, est également très élevée, ces deux nappes superficielles sont en effet les exutoires principaux de la nappe de la molasse sur leur bassin versant.

La plus grande incertitude de ces bilans concerne les prélèvements à usage domestique, pour lesquels aucun recensement n'existe, et le calcul des infiltrations vers la nappe.

Ces bilans mettent en avant le fait que la quasi-totalité du volume infiltré vers la nappe de la molasse ressort vers les nappes superficielles et les rivières.

La quantification de la part d'eaux anciennes, issues de la nappe de la molasse, participant à l'alimentation des eaux superficielles a été réalisée à partir des résultats de la campagne de prélèvements et de jaugeages faite lors de l'été 2010 sur 4 bassins versants. Les eaux superficielles (nappes et rivières) sont localement marquées par de faibles teneurs en tritium (3 à 4 UT), des concentrations élevées en magnésium (jusqu'à 18 mg/L) et un appauvrissement en oxygène-18 et deutérium. A partir de ces résultats, et en prenant en compte la stratification des écoulements au sein de l'aquifère molassique, il est possible de définir deux pôles d'eau :

- le premier caractérise des eaux récentes marquées par de faibles concentrations en magnésium (inférieures à 5 mg/L) et des teneurs en tritium comprises entre 6,7 et 10,7 UT,
- le second définit des eaux anciennes, sans tritium (valeurs inférieure au seuil de quantification) et avec des teneurs en magnésium élevées (supérieures à 20 mg/L).

En supposant que le débit des rivières et des nappes superficielles est la résultante du mélange entre les eaux récentes et les eaux anciennes, le pourcentage d'eaux anciennes, issues de la nappe de la molasse, apporté aux eaux superficielles au moment des mesures a été estimé en appliquant une équation de mélange. Ce pourcentage a ensuite été appliqué aux débits de drainage annuels de la nappe de la molasse par les rivières et les nappes superficielles. Les résultats obtenus sont cohérents sur tous les bassins versants. Les apports d'eaux anciennes sont localement importants, on peut notamment mettre en avant la nappe des terrasses alluviales de Romans, alimentée à hauteur de 40 à 50 % par des eaux anciennes issues de la nappe de la molasse.

Les réservoirs superficiels drainant la quasi-totalité de la nappe de la molasse, on peut également estimer la part d'eaux anciennes (*i.e.* infiltrées avant les années 60) s'écoulant au sein de l'aquifère molassique à 35% du débit annuel en moyenne. Des zones de circulations préférentielles sont apparues, en particulier dans les vallées de la Joyeuse et de la Galaure, où la proportion d'eaux anciennes est de 45 % en moyenne.

Le tableau ci-après résume d'un point de vue quantitatif la part d'eaux anciennes qui sont drainées naturellement par les eaux superficielles. Ces valeurs qui devront être affinées au fil des années et des études futures (modélisation par exemple), permettent tout de même de constater que d'un point de vue strictement quantitatif ces eaux de qualité exceptionnelle peuvent alimenter quasiment tout le bassin de valence avec une sécurité, pour les décennies à venir, maximale.

	Q infiltré	Q prélevé	Exutoires	Q drainé		Qa / Q infiltré
				Total	Qa	
Varèze	37	1,4	Varèze	27,4	6,6	0,18 sans les alluvions
			Nappe alluviale	7,2	?	
Valloire	104,5	4,4	Nappe sup	83	33	0,3 sans les rivières
			Rivières	30	?	
Galaure	52	9,6	Galaure	49	21	0,35
Drôme des collines	104	13,4	Nappes sup	17,8	13,4	0,28 sans l'Isère
			Rivières	65,5	15,8	
			Isère	10 ?	5 ?	
Collines iséroise	70	2	Nappes sup	27 ?	25	0,35 supposés
			Rivières Isère	41		
Sud Isère	9	1,8	Nappe sup Isère	7,2	3,2	0,35 supposés
Plaine de Valence	41,8	9	Nappe sup	≈10	5 ?	0,21 pour la Véore
			Véore	32	6,8	
Drôme	15	1,3	Drôme	13,7	4,5 ?	0,30 supposés
Total	435	43		398	140	

Tableau 23 : Estimation des volumes d'eau issue de la nappe de la molasse drainés par les rivières et les nappes superficielles (en Mm³/an).

La géologie joue finalement un rôle prépondérant sur le fonctionnement de l'aquifère. Elle conditionne la stratification des écoulements et la remontée des flux profonds, bloqués à l'ouest du bassin par les formations imperméables du Pliocène, de l'Oligocène et du Socle. C'est également ce qui conduit au déversement de la nappe de la molasse vers les rivières et les nappes superficielles. La géologie induit également la présence de zones d'écoulements préférentiels, liées à la lithologie de l'aquifère et probablement à la structure du substratum.

VI.2 Point de vue de l'état général de la nappe de la molasse

VI.2.1 Etat quantitatif

Le niveau d'eau au sein de la nappe de la molasse varie selon deux types de cycles. Le premier est annuel, avec une baisse du niveau d'eau au début de la période d'irrigation et une remontée brutale à l'arrêt des pompes. Le second est pluriannuel, il est lié aux précipitations de l'année mais également des années précédentes.

A l'heure actuelle, il n'y a pas de surexploitation de la nappe, bien que les prélèvements soient assez importants sur les bassins versants de la Galaure et de la plaine de Valence.

Cependant, étant donné que les conséquences d'une sur exploitation de la nappe de la molasse auraient un impact quantitatif et qualitatif que ce soit sur la nappe de la molasse en elle-même, sur les rivières et sur les nappes superficielles, l'équilibre actuel doit être conservé. On peut supposer qu'un prélèvement de 20% de la recharge est un maximum pour cette nappe.

VI.2.2 Etat qualitatif

La première étape dans l'étude de la qualité des eaux d'une nappe est la connaissance de la leur qualité naturelle, c'est-à-dire les concentrations acquises naturellement par les eaux. C'est l'analyse des éléments traces sur 24 ouvrages répartis sur l'ensemble du secteur d'étude et leur répartition en fonction du temps de séjour des eaux dans la nappe qui a permis de connaître les concentrations naturelles (baseline).

Pour la majorité des éléments les concentrations observées sont acquises naturellement. La variation des teneurs en chlorures, nitrates et sulfates montre des origines anthropiques pour ces éléments. On peut à nouveau distinguer deux types d'eaux pour l'ensemble des éléments :

- **les eaux récentes**, issues des flux locaux, qui se sont infiltrées après les années 60. Elles sont caractérisées par des teneurs faibles en magnésium, en sodium, en bore et en lithium, inférieures à 20 mg/L pour les deux premiers, à 20µg/L pour le bore et à 25 µg/L pour le lithium. Ces eaux sont souvent impactées par les activités agricoles, avec des concentrations en nitrates, chlorures et sulfates nettement plus élevées ;
- **les eaux anciennes**, infiltrées avant l'ère industrielle, elles ont des teneurs en magnésium souvent supérieures à 30 mg/L et des teneurs en sodium pouvant atteindre 100 mg/L. **Les teneurs en sulfates et chlorures y sont toujours inférieures à respectivement 17 et 9 mg/L. Pour les nitrates, la définition d'une concentration maximale est plus difficile, on peut la définir proche de 4,2 mg/L mais elle peut être de l'ordre de 11 mg/L localement, lorsque les conditions de recharge de la nappe étaient différentes des conditions actuelles. Ces valeurs sont alors proposées comme les teneurs maximales naturellement acquises par les eaux.**

D'autre part, la présence de fer, manganèse et arsenic à des concentrations localement proches ou supérieures à la norme de potabilité, est intimement liée aux conditions d'oxydo-réduction mais également à la géologie. Les argiles bleues pliocènes et miocènes jouent probablement un rôle important dans la mise en solution du fer et du manganèse, les formations oligocènes sont quant à elles impliquées, sur certains secteurs, dans la présence d'arsenic. Par contre les conditions d'oxydo-réduction n'ont pas de lien avec le temps de séjour des eaux dans l'aquifère.

Lors de l'étude de la qualité de cette nappe, il est donc essentiel de tenir compte du temps de séjour des eaux et des conditions d'oxydo-réduction pour savoir si les concentrations rencontrées sont naturelles ou pas.

L'analyse de la chimie des eaux et des pesticides montre très souvent une forte vulnérabilité de la nappe vis-à-vis des activités agricoles. En effet, plus de 80% des ouvrages échantillonnés ont une teneur en nitrates supérieure à 4,2 mg/L, et des pesticides ont été détectés sur plus de 70% des ouvrages analysés. La répartition géographique des teneurs indique une nette distinction entre le sud et le nord de la rivière Isère. La dégradation des eaux est généralisée au sud avec des dépassements réguliers des limites de potabilités pour les nitrates et les pesticides. Cette disparité géographique est en lien avec les activités anthropiques, les zones non cultivées étant plus nombreuses au nord de l'Isère

Nous avons échantillonné en 2010 une partie des ouvrages prélevés par De La Vaissière en 2005 pour l'analyse des pesticides et de la chimie afin de voir quelle évolution avait eu lieu entre les deux campagnes. Ces analyses étant ponctuelles, il est difficile de les interpréter point par point, cependant elles donnent une idée de l'évolution globale des concentrations. Une distinction entre le nord et le sud de la rivière Isère est à nouveau visible avec des concentrations ayant tendance à se stabiliser depuis 2005 au sud alors qu'elles augmentent au nord. Dans tout les cas aucune baisse significative n'est observée, ce qui est en accord avec les suivis qualitatifs annuels réalisés sur 11 ouvrages par l'Agence de l'Eau et le Conseil Général de la Drôme.

La nappe de la molasse est donc fortement impactée par les activités agricoles, en particulier au sud de l'Isère où la pollution est généralisée au niveau des flux superficiels et atteint les flux intermédiaires. De plus aucune baisse significative des concentrations n'a été observée. Etant donné qu'aucune action n'a été menée sur cette nappe, cela semble tout à fait normal.

VI.3 L'avenir de cette nappe : gestion et protection

La gestion d'une nappe, surtout lorsqu'elle est d'une envergure aussi importante que la nappe de la molasse, doit s'organiser en fonction des zones d'intérêt de l'aquifère, et de leur vulnérabilité.

Dans un premier temps, nous avons proposé de classer plusieurs zones de l'aquifère selon leur intérêt en fonction de trois paramètres : la productivité de la nappe, sa qualité et le flux capté. Chacun de ces paramètres a été défini de la façon suivante :

- la potentialité de la nappe a été définie en fonction du débit spécifique, mesuré dans les forages et de l'épaisseur de l'aquifère ;
- la qualité des eaux est fonction principalement des teneurs en nitrates et pesticides, mais également de la présence d'éléments tels que le fer et le manganèse. Ces derniers, s'ils ne présentent pas de danger pour la santé, causent de multiples problèmes en terme de gestion et nécessitent obligatoirement une station de traitement ;
- enfin, les zones de remontées des flux profonds ont systématiquement été considérées comme les plus intéressantes.

La cartographie présentée permet finalement de distinguer :

- les zones d'intérêt prioritaire (ZIP) : ce sont les zones de remontée des flux profonds, de bonne qualité et productives,
- les zones d'intérêt secondaires de type 1 (ZIS-1) : il s'agit de secteurs productifs, avec des eaux d'une qualité bonne à moyenne sur les flux superficiels et intermédiaires,
- les zones d'intérêt secondaires de type 2 (ZIS-2) : il s'agit de secteurs productifs, avec des eaux de qualité moyenne à médiocre sur les flux superficiels et intermédiaires.

Pour chacune de ces zones nous avons ensuite défini les aires d'alimentation. La vulnérabilité des zones d'intérêt étant en réalité la vulnérabilité de leurs aires d'alimentation.

La vulnérabilité de ces aires a été définie selon les paramètres suivants :

- la géologie : la vulnérabilité est moins élevée si la molasse est sous couverture et dépend du type de couverture,
- les pressions anthropiques : l'agriculture est la principale, mais les forages, les industries, les zones urbaines ou encore les systèmes d'assainissement jouent également un rôle,
- la piézométrie : la vulnérabilité est en effet quasiment nulle lorsque la nappe est en charge.

Finalement, il ressort 4 types de zones d'intérêt en fonction de la vulnérabilité de leur aire d'alimentation :

- les zones d'intérêt prioritaires avec une vulnérabilité faible : c'est le cas des ZIP situées au nord de l'Isère
- les zones d'intérêt prioritaires avec une vulnérabilité forte : c'est le cas des ZIP situées au sud de l'Isère
- les zones d'intérêt secondaires de type 1 avec une vulnérabilité moyenne à faible : c'est le cas des ZIS-1 situées au nord de l'Isère

- les zones d'intérêt secondaires de type 2 avec une vulnérabilité moyenne à forte : c'est le cas de toutes les ZIS-2.

Ce classement montre une bonne cohérence entre la qualité des eaux et la vulnérabilité des aires d'alimentation.

Pour la suite, il est essentiel de prendre en compte le fait que nous n'avons pu faire des cartes qu'en 2 dimensions. Or, les flux profonds circulent sur l'ensemble de l'aquifère, et si ils ne sont pas fortement vulnérables pour l'instant en raison de leur profondeur et de la vitesse de découlement des eaux, ils peuvent le devenir rapidement en cas de mauvaise gestion (réalisation de forages profonds mal isolés, sur exploitation de l'aquifère, ...).

La protection et la gestion de la nappe doit donc être sectorisée. Elle est en effet fonction du type de flux, de la qualité des eaux et de la vulnérabilité des aires d'alimentation.

Nous avons proposé par la suite un ensemble d'actions à mener. Les premières visent à améliorer la qualité de la nappe ou à préserver la qualité existante et à organiser la gestion des prélèvements. Elles concernent principalement les secteurs d'activités suivants :

- **l'agriculture** : cette activité génère actuellement quasiment toutes les pollutions constatées dans la nappe de la molasse. De plus c'est la plus consommatrice d'eau sur le bassin. Des actions visant à raisonner les pratiques actuelles devront être menées. **L'impact est donc aussi bien qualitatif que quantitatif.** Il est bien entendu que l'on ne peut stopper toutes les activités agricoles dont nous sommes forcément dépendants, toutefois il est possible de mettre en place des actions ciblées, quantifiées, et suivies. Des évaluations de l'efficacité des actions menées sur des zones tests où les flux ont des circulations rapides, devront être réalisées. Un gros travail devra être organisé rapidement avec le monde agricole sur la méthodologie à prévoir en fonction du degré d'urgence;
- **les forages** : ils sont nombreux, mal connus et souvent mal réalisés, or ce sont des points d'entrées directes des pollutions vers les eaux de la nappe, et c'est par leur biais que la totalité des prélèvements sont réalisés. Ce sont principalement les entreprises de forages qui sont visées dans nos propositions. Il faut pouvoir mettre en place un moyen de recenser les existants et surtout que les nouveaux soient systématiquement déclarés. Actuellement on peut dire par expérience (avec un retour de 4 ans) que le système de déclaration prévu en mairie a montré une totale inefficacité ! Il faut pouvoir travailler avec les entreprises de forages locales afin qu'elles participent à la mise en place d'un système viable, mais cela demandera aussi que celles qui ne jouent pas le jeu en subissent les conséquences : condition sine qua non.

Dans un autre registre, plutôt axé sur la communication, **les particuliers et les collectivités** devront également être visés. Ce sont aussi des gros consommateurs de la ressource, souvent mal informés ils n'ont pas toujours de bonnes pratiques autant en terme de prélèvements que d'utilisation d'engrais ou de pesticides.

Afin de suivre l'évolution de la qualité des eaux et des niveaux d'eau, un renforcement du suivi existant est également proposé entre autre:

- un suivi qualitatif des flux superficiels et intermédiaires, tous les ans sur une quinzaine d'ouvrages pour voir l'efficacité, à cours termes, des actions menées,
- un suivi géochimique et isotopique tous les 5 ans sur une vingtaine d'ouvrages permettrait de vérifier l'évolution de l'âge des eaux, et donc qu'il n'y ait pas de sur exploitation de la ressource,

- un suivi de l'évolution des niveaux d'eau (des nappes superficielles et de la nappe de la molasse) et des débits de rivières en lien avec les précipitations et les températures permettrait de : signaler des anomalies et d'agir en conséquence, d'adapter les prélèvements à l'évolution climatique.

Par ailleurs, et malgré la réalisation de 2 thèses de doctorat sur l'aquifère molassique, des études complémentaires sont à prévoir. Ainsi le secteur nord-est de la nappe est mal connu, des moyens pour améliorer les connaissances devront être mis en œuvre. La base de données mise en place pourra également faire l'objet d'un complément régulier.

D'autres études pourront être menées telles que :

- l'amélioration des connaissances sur les relations entre la nappe de la molasse et les eaux superficielles : certains secteurs n'ont pas été approfondis et l'évolution temporelle n'a pas été étudiée,
- la réalisation de modèles hydrogéologique ; ce sont des aides à la compréhension et des outils de gestion,
- l'évaluation de la vulnérabilité : elle pourrait être précisée, en particulier grâce à une meilleure connaissance des types de sols présents.

Il reste à définir précisément les actions à mettre en place, à évaluer leurs coûts, puis à les hiérarchiser et enfin à les programmer dans la durée.

Ces actions pourront être intégrées au SAGE sur la molasse du Bas-Dauphiné et les alluvions de la plaine de Valence dont la mise en place est prévue à l'horizon 2015.

Bibliographie

- Aller L., Bennet T., et al. (1987).** *DRASTIC: A standardised system for evaluation ground water pollution potential using hydrogeologic settings*. E. 600/2-87. Etats-Unis, Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency. 455p.
- Beniston M. (2010).** *Impacts of climatic change on water and associated economic activities in the Swiss Alps*. Journal of Hydrology: 6p.
- BURGEAP (1964).** *Etude hydrogéologique préliminaire des nappes alluviales de la Drôme*. 73p.
- Cave Tiffanie (2011).** *Fonctionnement hydrodynamique du bassin tertiaire du Bas-Dauphiné entre la Drôme et la Varèze (Drôme et Isère, Sud-Est de la France). Etude géochimique et isotopique*. Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse 252p.
- Celle-Jeanton, H., F. Huneau, et al. (2009).** *Twenty years of groundwater evolution in the Triassic sandstone aquifer of Lorraine: Impacts on baseline water quality*. Applied Geochemistry 24(7). p 1198-1213
- De La Vaissière R. (2006).** *Etude de l'aquifère néogène du Bas-Dauphiné, apports de la géochimie et des isotopes dans le fonctionnement hydrogéologique du bassin de Valence (Drôme, Sud-Est de la France)*. Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse 339p.
- De La Vaissière R., Faure G., et Cave T. (2006).** *Etude de l'aquifère molassique du Bas-Dauphiné - Cartes et fiches techniques* 45p.
- De La Vaissière R., Faure G., et Cave T. (2006)** *Etude de l'aquifère molassique du Bas-Dauphiné - Diagnostic général et orientation de gestion* 62p.
- Edmunds W.M., S. P., Hart P., Ward R.S., (2003).** *The natural (baseline) quality of groundwater: a UK pilot study*. The Science of the Total Environment 310. p 25-35.
- Giannakopoulos C., Le Sager P., et al. (2009).** *Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from 2°C global warming*. Global and Planetary Change 68 p. 209-224.
- Gouisset Y. and Graillat A. (1985).** *Synthèse Hydrogéologique de la molasse miocène Bresse-Dombe-Bas-Dauphiné, Rapport d'étude*. BRGM/86-SGN-016-RHA 206p.
- Lalbat F. (2006).** *Fonctionnement hydrodynamique de l'aquifère du Miocène du bassin de Carpentra (Vaucluse, France)*. Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse 231p.
- Lalbat F., Blavoux B., et al. (2007).** *Description of a simple hydrochemical indicator to estimate groundwater residence time in carbonate aquifers*. Geophysical research letters 34(L19403).
- Lê J.L. (1975).** *La molasse du nord de la Drôme cache une richesse inestimable: DE L'EAU*. L'Impartial 1247.
- Lê J.L. (1975).** *A la recherche de l'eau-de-survie....- Des derricks forent la terre sablonneuse de Bren à -130m*. L'Impartial 1217.
- Martin J.C., Putot E., et al. (2008).** *Elaboration de règles de gestion volumique en eau de la nappe de Bièvre-Valloire. Phase 2 - Modélisation globale des écoulements souterrains. Phase 3 - Elaboration de règles de gestion volumique. Rapport final*. BRGM/RP-56651-FR 107p.

- Martin J.C., P. E. (2008).** *Elaboration de règles de gestion volumiques en eau de la nappe de Bièvre-Valloire. Phase1 - Acquisition, mise en forme et analyse des données disponibles. Rapport d'avancement.* BRGM/RP-56117-FR 117p.
- Montginoul M and Rinaudo J-D (2011).** *Les forages individuels en France: Cadre réglementaire et pistes de réflexion pour un meilleur contrôle.* BRGM, Cemagref 7p.
- Ponce V.M. (2008).** *Sustainable Yield of Ground Water.*
- S.R.A.E. Rhône Alpes, D. D., DDA Isère (1981).** *L'eau dans le bassin de Bièvre-Valloire* 78p.

Liste des Figures et Tableaux

Table des figures

Figure 1 : Répartition des prélèvements au sein de l'aquifère molassique en fonction des usages	11
Figure 2 : Affleurements de molasse à St Nazaire en Royans et à St Barthélémy de Vals	12
Figure 3 : Répartition de la formation molassique en Rhône Alpes et extension de la zone d'étude	12
Figure 4 : Exemple de la table "Forage table principal"	13
Figure 5 : Bloc 3D schématique de la plaine de Valence à la fin de l'Oligocène	15
Figure 6 : Bloc 3D schématique de l'évolution de la Plaine de Valence au Miocène	16
Figure 7 : Bloc 3D schématique de la Plaine de Valence après la crise messinienne (a) et le remplissage pliocène en milieu marin (b)	17
Figure 8 : Bloc 3D schématique de la Plaine de Valence aujourd'hui	17
Figure 9 : Légende et emplacement des coupes	28
Figure 10 : Coupe hydrogéologique (B-C) de la vallée de la Valloire	29
Figure 11 : Bloc 3D schématique des circulations d'eau au sein de l'aquifère molassique dans la vallée de la Valloire (A-C)	29
Figure 12 : Coupe hydrogéologique D-E de la vallée de la Joyeuse	30
Figure 13 : Coupe hydrogéologique F-G au sud de la Plaine de Valence	30
Figure 14 : Répartition du magnésium dans la nappe superficielle de la Valloire	33
Figure 15 : Répartition du tritium dans la nappe superficielle de la Valloire	34
Figure 16 : Evolution du débit, de la concentration en magnésium (a) et de l'activité tritium (b) en fonction de la distance à la première station de mesure sur la Galaure en août 2009	35
Figure 17 : Evolution du débit, des concentrations en magnésium et de l'activité tritium le long de la Joyeuse (a) et de l'Herbasse (b) en août 2009	37
Figure 18 : Répartition des concentrations en magnésium et des activités tritium dans la nappe des terrasses alluviales de Romans.	38
Figure 19 : Débit et concentration en magnésium en fonction de la distance à la source sur la Varèze en août 2009	40
Figure 20 : Evolution du débit et des concentrations en magnésium le long de la Véore en août 2009	43
Figure 21 : Variation du niveau piézométrique de l'aquifère molassique à Margès	49
Figure 22 : Hauteur des précipitations d'hivers et d'été à Crest de 1993 à 2010	49
Figure 23 : Légende des schémas de drainance	50
Figure 24 : Schéma des interactions entre l'aquifère molassique et une nappe superficielle et une rivière sans exploitation de la nappe molassique	51
Figure 25 : Schéma des interactions entre aquifères et entre la nappe de la molasse et une rivière avec exploitation raisonnée de la nappe molassique	52
Figure 26 : Schéma des interactions entre aquifères avec sur exploitation de la nappe molassique	53
Figure 27 : Evolution du radiocarbone, du tritium et des éléments majeurs en fonction de $1/i_L$ (échelle semi-logarithmique). Les teneurs en tritium inférieures au seuil de quantification sont distinguées par les formes rouges et vides. (IS= Indice de saturation)	55
Figure 28 : Evolution des éléments Li, B, Sr et Ba avec le temps de séjour des eaux dans l'aquifère.	57
Figure 29 : Relation entre les nitrates et les chlorures (a) et les sulfates (b)	59
Figure 30 : Graphique de l'évolution des concentrations en nitrates dans l'aquifère molassique (données Agence de l'Eau et DDASS)	62
Figure 31 : Evolution des teneurs en nitrates, chlorures et sulfates sur 4 ouvrages (données Agence de l'Eau, CG26 et ARS)	62
Figure 32 : Evolution des teneurs en Atrazine (ATR) et en Déséthyl Atrazine (DEA) dans des ouvrages suivi par l'ARS et le Conseil Général de la Drôme	64
Figure 33 : Méthodologie employée pour la définition des zones d'intérêt et de la vulnérabilité des AA	69

Table des tableaux

Tableau 1 : Répartition des prélèvements et des ouvrages AEP sur la zone d'étude.....	9
Tableau 2 : Bilan global sur le bassin versant de la Valloire (Mm^3/an).....	34
Tableau 3 : Bilan global sur le bassin versant de la Galaure (Mm^3/an)	36
Tableau 4 : Bilan global sur le bassin versant de la Drôme des collines (Mm^3/an).....	39
Tableau 5 : Bilan global sur le bassin versant de la Varèze (Mm^3/an).....	41
Tableau 6 : Bilan global sur le bassin versant des collines iséroises (Mm^3/an).....	41
Tableau 7 : Bilan global sur le bassin versant du sud de l'Isère (Mm^3/an).....	42
Tableau 8 : Bilan global sur le bassin versant de la Plaine de Valence (Mm^3/an).....	44
Tableau 9 : Bilan global de l'aquifère molassique par bassin versant (débits en Mm^3 par an).....	44
Tableau 10 : Données statistiques sur les paramètres physico-chimiques et la chimie des eaux de l'aquifère molassique.....	54
Tableau 11 : Données statistiques sur les éléments traces dans les eaux de l'aquifère molassique.....	56
Tableau 12 : Variation des concentrations en fonction de l'âge des eaux.....	58
Tableau 13 : Résultats statistiques des analyses en pesticides, printemps-été 2009.....	60
Tableau 14 : Evolution des concentrations en nitrates entre 2005 et 2010 dans l'aquifère molassique	61
Tableau 15 : Résultats et statistiques des analyses en pesticides pour les années 2005 et 2010.....	63
Tableau 16 : Evolution des concentrations en pesticides entre les années 2005 et 2010.....	64
Tableau 17 : Indices appliqués pour le calcul des potentialités aquifère (d'après De La Vaissière et al, 2006).	72
Tableau 18 : Tableau récapitulatif des aires d'alimentation des zones d'intérêt	76
Tableau 19 : Indices appliqués aux différents paramètres pour estimer la vulnérabilité de la nappe	78
Tableau 20 : Correspondance entre les zones d'intérêt, leurs aires d'alimentation et leur vulnérabilité.....	80
Tableau 21 : Paramètres et facteurs de pondération utilisés pour l'application de la méthode DRASTIC.....	95
Tableau 22 : Calendrier prévisionnel du SAGE molasse Miocène – Alluvions Plaine de Valence	97
Tableau 23 : Estimation des volumes d'eau issue de la nappe de la molasse drainés par les rivières et les nappes superficielles (en Mm^3/an).	103

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire soumis aux structures AEP et réponses des collectivités

Nom de la structure :

Adresse :

Communes desservies :

Nombre d'habitants alimentés :

Ressource actuelle (indiquer les volumes prélevés s'ils sont connus) :

	Actif (nombre et volume)	Non actif (nombre et volume)
Puits		
Forage		
Sources		
Galeries		

Nappe(s) d'eau captée(s) (indiquer les volumes prélevés s'ils sont connus) :

	Actif (nombre et volume)	Non actif (nombre et volume)
Alluvions		
Molasse		
Chambarans		
Autre		

Volume total distribué (m³/an) :

La ressource captée est elle suffisante? Si non quel volume supplémentaire serait nécessaire?

Avez-vous des problèmes de qualité? Si oui sur quels ouvrages (indiquer le nom de l'ouvrage et la commune sur laquelle il se situe)?

Quelle(s) évolution(s) est (sont) prévue(s)? (autre ressource, augmentation du nombre d'ouvrage, augmentation de la population desservie...)

Syndicat Intercommunal Eau Potable Valloire Galaure

Adresse 28 rue Maurice Faure,
26140 Anneyron

Communes desservies Albon, Andancette, Anneyron, Beausemblant, Bren, Chateauneuf de Galaure, Claveyson, Fay le Clos, La Motte de Galaure, Laveyron, Lens-Lestang, Manthes, St Sorlin en Valloire, St UzeMoras, Mureils, Ratières, St-Avit, St Barthélémy de Vals, St Donat, St Martin d'Aout, St Sorlin en Valloire, St Uze.

Nb habitants alimentés 22720

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse	3	823362	3	
Puits alluvions	3	1502356	3	
Sources				
Galleries				
Total	6	2325718	6	0

Total Distribué 2325718

Ressource suffisante? Diagnostic réseau en cours. Ressource limitée en situation de pointe

Problème de qualité: Mise en place d'une station de traitement des pesticides sur 1 puits (alluvions), mise en service prévue fin 2011

Evolutions prévues: Diagnostic en cours, phase des scénaris fin d'année 2011.

Syndicat Intercommunal des Eaux de Rochefort Samson

Adresse Qt les Bayannins, rte de Chatuzange
26300 Bourg de Péage

Communes desservies Chatuzange la Goubet, Marches, Rochefort Samson, Beauregard Baret, Hostun, Jaillans, Eymeux

Nb habitants alimentés 10000

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse	3	788939	3	
Puits alluvions				
Sources	1			1
Galleries				
Total	4	788939	3	1

Total Distribué 788939

Ressource suffisante? Oui

Problème de qualité: Qqs dépassements en pesticides sur la source de secours
Evolutions prévues: Etude BAC en cours sur la source pour la mise en place des périmètres de protection (rapproché et éloigné)

Syndicat Intercommunal Eaux de la Veune

Adresse 854 rte du bois de l'âne
26260 Chavanes

Communes desservies

Beaumont-Monteux, Chanos-Curson, Chavannes, Chantemerle les Blés, Clérieux, Crozes-Hermitage, Granges les Beaumont, Marsaz, Mercuroi, St Bardoux, Larnage, ST Donat/Herbasse, Erôme, Gervans, Servas/Rhône

Nb habitants alimentés 13200

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse	5	874186	5	
Puits alluvions	2	154792	2	
Sources				
Galleries				
Total	7	1028978	7	0

Total Distribué 766300

Ressource suffisante? oui

Problème de qualité: *Aucun problème de qualité*

Evolutions prévues: *Ressource largement suffisante y compris en jour de pointe*

Syndicat des Eaux de Charpey St Vincent

Adresse *Mairie de Charpey*
26300 Charpey

Communes desservies *Charpey, St Vincent*

Nb habitants alimentés 1634

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse	1	44172	1	
Puits alluvions				
Sources	1	65444	1	
Galleries				
Total	2	109616	2	0

Total Distribué 109616

Ressource suffisante? oui

Problème de qualité: *Pb de turbidité au démarrage sur le forage*

Evolutions prévues: *Aucune*

Syndicat des Eaux du Sud Valentinois

Adresse ZA Franconnet
26120 Montmeyran

Communes desservies *Ambonil, Beaumont, Beauvallon, Combovin, 2toiles, La Beaume
Cornillane, Léoncel, Montéléger, Montmeyran, Montoisson, Ourches,
Upie + vente en gros à Portes les Valence*

Nb habitants alimentés 29000 + 9700 à Portes

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse	2?	1570426	2	
Puits alluvions	1?	346703	1	
Sources	1?	205018	1	
Galleries				
Total	?	2122147	4	0

Total Distribué 2122147

Ressource suffisante? *oui*

Problème de qualité: *Aucun problème de qualité*

Evolutions prévues: *Un réservoir supplémentaire prévu*

Syndicat Intercommunal des Eaux de La Plaine de Valence

Adresse 505 rue des Petits Eynards
26320 St Marcel Les Valence

Communes desservies *Alixan, Malissard, Montélier, Chateauneuf sur Isère, Chabeuil, St
Marcel les Valence + Bourg de Péage et Bourg les Valence alimentés
partiellement,*

Nb habitants alimentés 25000

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse	6	1068545	5	1
Puits alluvions	1			1
Sources	1	839435	1	
Galleries	1			1
Total	9	1907980	6	3

Total Distribué 1908000

Ressource suffisante? *oui*

Problème de qualité: *Aucun*

Evolutions prévues: *Aucune*

Commune de Bourg les Valence

Adresse *Rte des Combeaux*
 26500 Bourg les Valence
Communes desservies *Bourg les Valence*

Nb habitants alimentés *19000*

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse				
Puits alluvions	1	2000000	1	
Sources				
Galleries				
Total	1	2000000	1	0

Total Distribué *2000000*
Ressource suffisante? *oui*
Problème de qualité: *Aucun problème de qualité*
Evolutions prévues: *Aucune*

Commune de St Vallier

Adresse *Mairie, Pl Auguste Delaye*
 26240 St Vallier

Communes desservies *St Vallier*

Nb habitants alimentés *4004*

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse	3	278955		
Puits alluvions				
Sources				
Galleries				
Total	3	278955	0	0

Total Distribué *278955*
Ressource suffisante? *oui*
Problème de qualité: *Parfois qqs coliformes*
Evolutions prévues: *Interconnexion avec le syndicat de Cance-Doux (07) en cours*

Syndicat Intercommunal des eaux de l'Herbasse

Adresse *ZA Croix de Lettrat*
 26750 Triors

Communes desservies

Arthémonay, Barthenay, Le Chalon, Charmes sur l'Herbasse, Chatillon St Jean, Crépol, Génissieux, Geyssans, Marges, Montchenu, Montmiral, Parnans, Peyrins, St Christophe et le Laris, St Laurent d'Onay, St Michel sur Savasse, Triors

Nb habitants alimentés *13222*

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse		948872		
Puits alluvions				
Sources				
Galleries				
Total	0	948872	0	0

Total Distribué *738257*

Ressource suffisante? *oui*

Problème de qualité: *Aucun problème de qualité*

Evolutions prévues: *Adhésion de nouvelles commune, Travaux d'extension et de renforcement du réseau, Réhabilitation des stations*

Commune de Tain l'Hermitage

Adresse *Mairie, 2 av Prés Roosevelt*
 26600 Tain l'Hermitage

Communes desservies *Tain l'Hermitage*

Nb habitants alimentés *6000*

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse				
Puits alluvions	1	460000		
Sources				
Galleries				
Total	1	460000	0	0

Total Distribué *460000*

Ressource suffisante? *oui*

Problème de qualité: *Aucun*

Evolutions prévues: *Schéma Directeur d'Alimentation en Eau Potable en cours de réalisation*

Ville de Romans

Adresse *Mairie de Romans, BP 1012
26102 ROMANS SUR ISERE*

Communes desservies *Romans, Bourg de Péage, St Paul les Romans (secours),*

Nb habitants alimentés 5000

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse				1
Puits alluvions	8	4000000	8	
Sources				
Galleries				
Total	8	4000000	8	1

Total Distribué 3300000

Oui sauf cas de pointe estivale nécessitant

Ressource suffisante? *d'optimiser les pompages et stockages*

Problème de qualité: *Nitrates élevés (40 mg/L environ), traces de pesticides et pics de bentazone*

Evolutions prévues: *Diversification de la ressource (forage molasse), étude réalisée en 2011,*

forage prévu en 2012

Commune de St Marcellin

Adresse *Régie Municipale d'eau, 1 bis rue Ampère
38160 St Marcellin*

Communes desservies *St Marcellin*

Nb habitants alimentés 8500

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse				
Puits alluvions	3	160000+?	3	
Sources	2	?	2	
Galleries				
Total	5	160000	3	0

Total Distribué 1322410

Ressource suffisante? *Oui*

Problème de qualité: *Non*

Evolutions prévues: *Aucune*

Communauté de Commune du Pays de Bièvre Liers

Adresse *Service Eau et Environnement, 1 Bd de Lattre de Trassigny, BP28
38260 La Cote St André*

Communes desservies *Champier, Nantoin, Commelle, Semons, Bossieu, Arzay, Omacieu, La Cote St André; Gillonnay, Le Mottier, St Hilaire de la Cote, Longechnal, La Frette, Brézins, St Siméon de Bressieu, Sardieu, Penol, Faramans, Pajay*

Nb habitants alimentés *17397*

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse				
Puits alluvions	6	1223196		
Sources	28	1002963		
Galleries				
Total	34	1223196	0	0

Total Distribué *1302813*

Ressource suffisante? *oui*

Problème de qualité: *Pesticides et nitrates sur 3 puits (1 pesticide seul, 1 nitrates seuls, 1 pesticides+nitrates) qui sont captage prioritaire SDAGE+Grenelle*

Evolutions prévues: *SDAEP en cours de validation avec restructuration de la production et de la distribution de l'eau prévues.*

SIGEARPE

Adresse *Rue des Vêpres
38550 Le Péage de Roussillon*

Communes desservies *Agnin, Anjou, Chanas, Sablons, Péage de Roussillon, Roussillon, Salaise sur Sanne, St Maurice l'Exil*

Nb habitants alimentés *31000*

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse				
Puits alluvions				
Sources	4	3260000	2	2
Galleries				
Total	4	3260000	2	2

Total Distribué *3260000/ 62000extérieur / 1900000 vendus*

Ressource suffisante? *oui*

Problème de qualité: *qqs traces de DEA sur une source*

Evolutions prévues: *Création d'un puits (500m3/h) en nappe du Rhône en 2012/2013*

Syndicat Intercommunal des Eaux Chonas-St Prim-St Clair du Rhône

Adresse *Mairie de St Clair du Rhône, pl Charles de Gaulle, CS10028, St Clair du Rhône
38556 ST Maurice l'Exil Cedex*

Communes desservies *Chonas l'Amballan, St Prim, St Clair du Rhône*

Nb habitants alimentés *5700*

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse	1		1 mais peu utilisé	
Puits alluvions	2	550000	2	
Sources				
Galleries				
Total	3	550000	3	0

Total Distribué *342000*

Ressource suffisante? *oui*

Problème de qualité: *non*

Evolutions prévues: *aucun*

Syndicat Intercommunal des Eaux de Beaurepaire

Adresse *Ch de l'Oron*

38270 Beaurepaire

Communes desservies *Beaurepaire, St Barthélémy*

Nb habitants alimentés *5486*

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse				
Puits alluvions	1	182500		
Sources	1	219000		
Galleries				
Total	2	401500	0	0

Total Distribué *557051*

Ressource suffisante? *oui*

Problème de qualité: *Aucun*

Evolutions prévues: *Amélioration du rendement réseau*

Syndicat Intercommunal des eaux de la Galaure

Adresse *Maison du Canton, 53 rte de Monfalcon
38940 Roybon*

Communes desservies *Roybon, Monfalcon, St Clair sur Galaure, Marnans, Viriville, Dionay*

Nb habitants alimentés *3400*

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse	1	91250	1	
Puits alluvions	2	164250	2	
Sources	4	189800	1	3
Galleries				
Total	7	445300	4	0

Total Distribué *183340*

Ressource suffisante? *oui pour l'instant. Projet de Center Parc en cours*

Problème de qualité: *Turbidité occasionnelle sur les sources*

Evolutions prévues: *Mise en place télégestion/ ressource sup pour Center Parc*

Commune de St Hilaire du Rosier

Adresse *Place du Souvenir Français
38840 St Hilaire du Rosier*

Communes desservies *St Hilaire du Rosier*

Nb habitants alimentés *1937*

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse	2	146000		
Puits alluvions	1	175200		
Sources				
Galleries				
Total	3	321200	0	0

Total Distribué *121257*

Ressource suffisante? *oui*

Problème de qualité: *Pesticides sur sources*

Evolutions prévues: *SDAEP en cours de réalisation, programme de réduction des fuites, mise en place télégestion.*

Commune du Grand Lemps

Adresse *6 Rue Lamartine*
 38690 Le Grand Lemps
Communes desservies *Le Grand Lemps*

Nb habitants alimentés *2800*

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse				
Puits alluvions	2	150000	1	1
Sources	9			9
Galleries				
Total	11	150000	1	10

Total Distribué *150000*
Ressource suffisante? *oui*
Problème de qualité: *Bactéries sur les sources*
Evolutions prévues: *Aucune*

SIE de St Antoine l'Abbaye, St Bonnet de Chavagne

Adresse *Mairie de St Antoine l'Abbaye – pl Ferdinand Gilibert*
 38160 St Antoine l'Abbaye
Communes desservies *St Antoine l'Abbaye – St Bonnet de Chavagne*

Nb habitants alimentés *1631*

Ressource:

Type	Nombre	Volume	Actif	Non actif
Forages molasse	1	89599	1	
Puits alluvions				1
Sources				9
Galleries				
Total	1	89599	1	0

Total Distribué *89599*
Ressource suffisante? *oui*
Problème de qualité: *non*
Evolutions prévues: *Augmentation de la population*

Annexe 2 : Charte de qualité forage

Cahier des charges pour les forages**Les forages constituant une intrusion directe dans la nappe, ils sont des vecteurs possible de pollutions:**

- * Pendant les chantiers: vulnérabilité aux pollutions accidentelles
- * Pendant la phase d'exploitation:
 - _ En cas d'absence de protection de tête du forage et de cimentation entre le tube et le terrain, ils permettent le transfert de pollutions superficielles en profondeur
 - _ En cas de mauvaise réalisation, ils peuvent induire une contamination par communication entre différentes nappes

Ce cahier des charges est un résumé des bonnes pratiques en matière de réalisation de forage, en particulier lorsqu'ils concernent la molasse.

Type de terrains traversés	Prétubage		Tubage	Crépine		Cimentation		Massif filtrant		Echec ou abandon de forage	Tête de forage	Divers
	Général	Spécifique		Général	Spécifique	Général	Spécifique	Général	Spécifique			
1 aquifère superficiel (figure 1)	Aucun					*Coulis de densité 1,8	Sur 2 m de profondeur					
2 niveaux aquifères non séparés par une couche imperméable (figure 2)	Acier	Ancrege dans la couche aquifère inférieure	*Matériaux résistants à la corrosion *Raccordements étanches (acier, PVC, inox, ...) *Tube dépassant du sol	*Adaptée à la formation géologique *Pose de centreurs		*Gaine de ciment homogène, imperméable et adhérente aux parois du forage et du tubage (s'il est présent)	Sur la hauteur du pré-tubage, dans la cas d'un forage pour particulier le pré-tubage peut être retiré au fur et à mesure de la cimentation	Graviers siliceux si l'aquifère est constitué d'un matériau fin	Graviers roulés, lavés et calibrés	*Cimentation au moins sur la hauteur de la formation aquifère *Fermeture étanche du forage en surface (suffisant si pas d'aquifère traversé)	Protection de la tête de forage (élanche fermée et cadenassée), si artésien pose d'un manomètre	*Désinfection du forage en fin de travaux. *Eaux d'exhaure décantées avant rejet dans milieu naturel. *Eloignement des produits polluants.
		Ancrege dans la couche imperméable	*Pose de centreurs	Ne capte qu'une seule nappe								

Coulis de densité 1,8 : 54 L d'eau + 100 kg de ciment pour 85 L de coulis

Concernant l'installation de la pompe (voir figure 4):

- * la pompe ne doit pas être placée en face d'une zone crépignée
- * un tube guide sonde doit être installé (PVC 32mm) le long de la colonne d'exhaure
- * le forage doit être fermé de façon "sub-étanche avec une ouverture possible pour descendre une sonde électrique
- * le débit de la pompe doit être adapté au mieux aux besoins du client et aux capacités du forage : nécessité de disposer de mesures par pompage
- * un débitmètre ou compteur volumétrique doit être installé

Les signataires de la charte de qualité bénéficient :

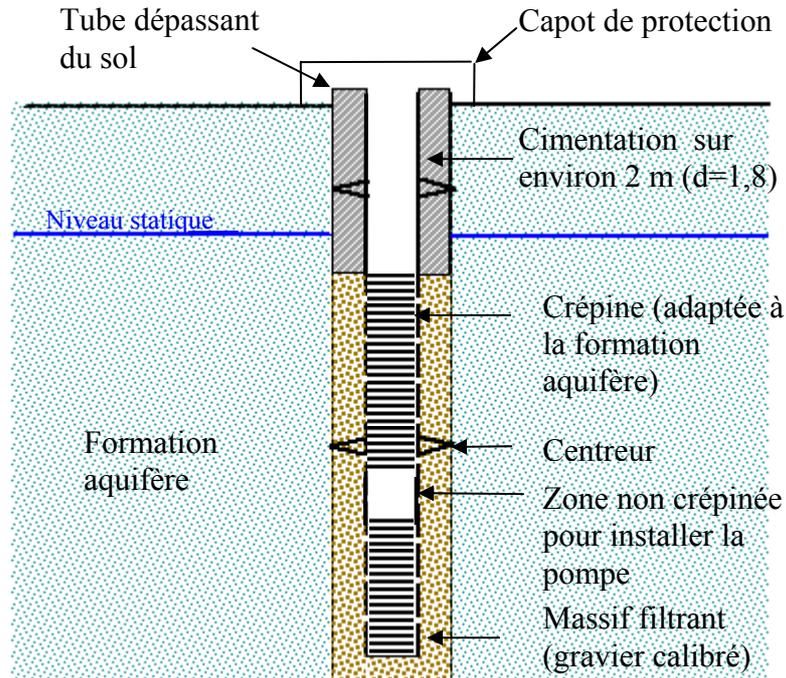
- * des connaissances géologiques et hydrogéologiques acquises par T. CAVE et rassemblées dans une base de données
- * de l'inscription de leurs coordonnées sur le site internet de la Thèse
- * de conseils en terme de protection de la ressource
- * d'informations en terme de législation
- * être présent sur le site internet en tant que signataire de la charte et s'engageant à respecter un code de bonne conduite

Les signataires de la charte s'engagent également à :

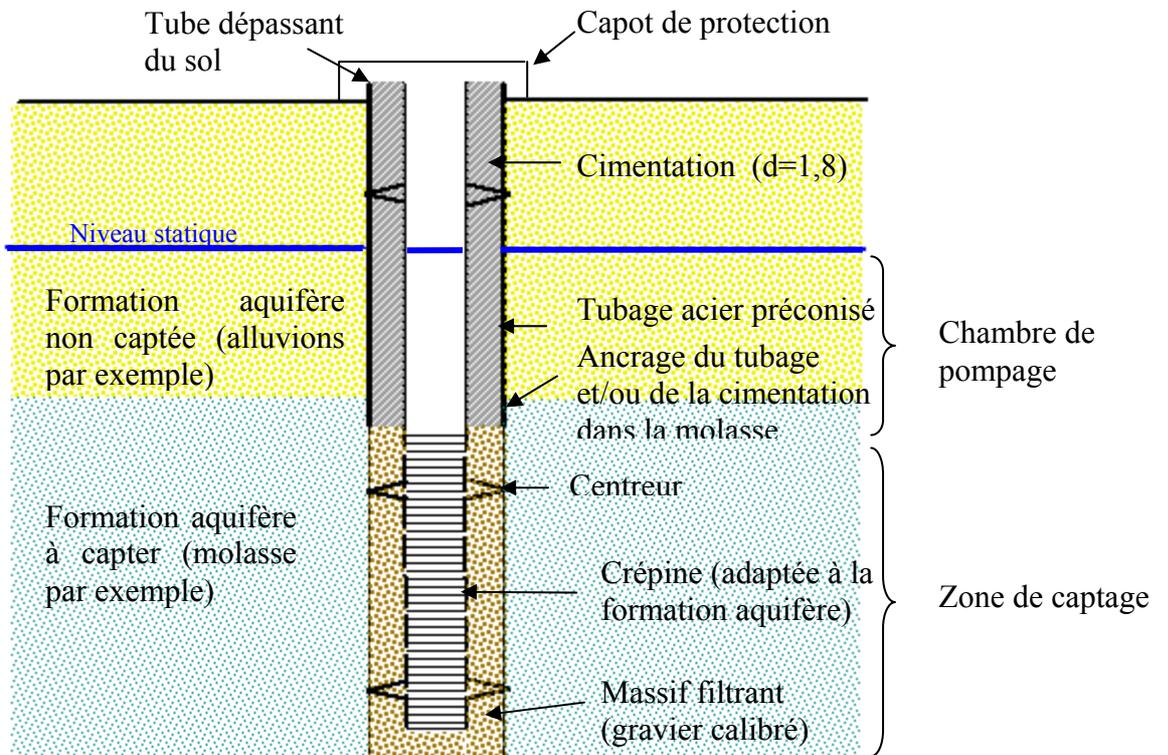
- * fournir à T. CAVE les coupes géologiques et techniques des forage effectués sur la zone d'étude, ainsi que les données de pompage, ces informations alimenteront la base de données et chacun en bénéficiera
- * informer leurs clients de l'OBLIGATION de déclaration des forages
- * insérer une page d'information à leurs devis sur les règles de l'art et les obligations en matière de forage, ce document sera fourni par T.CAVE

Date et signature

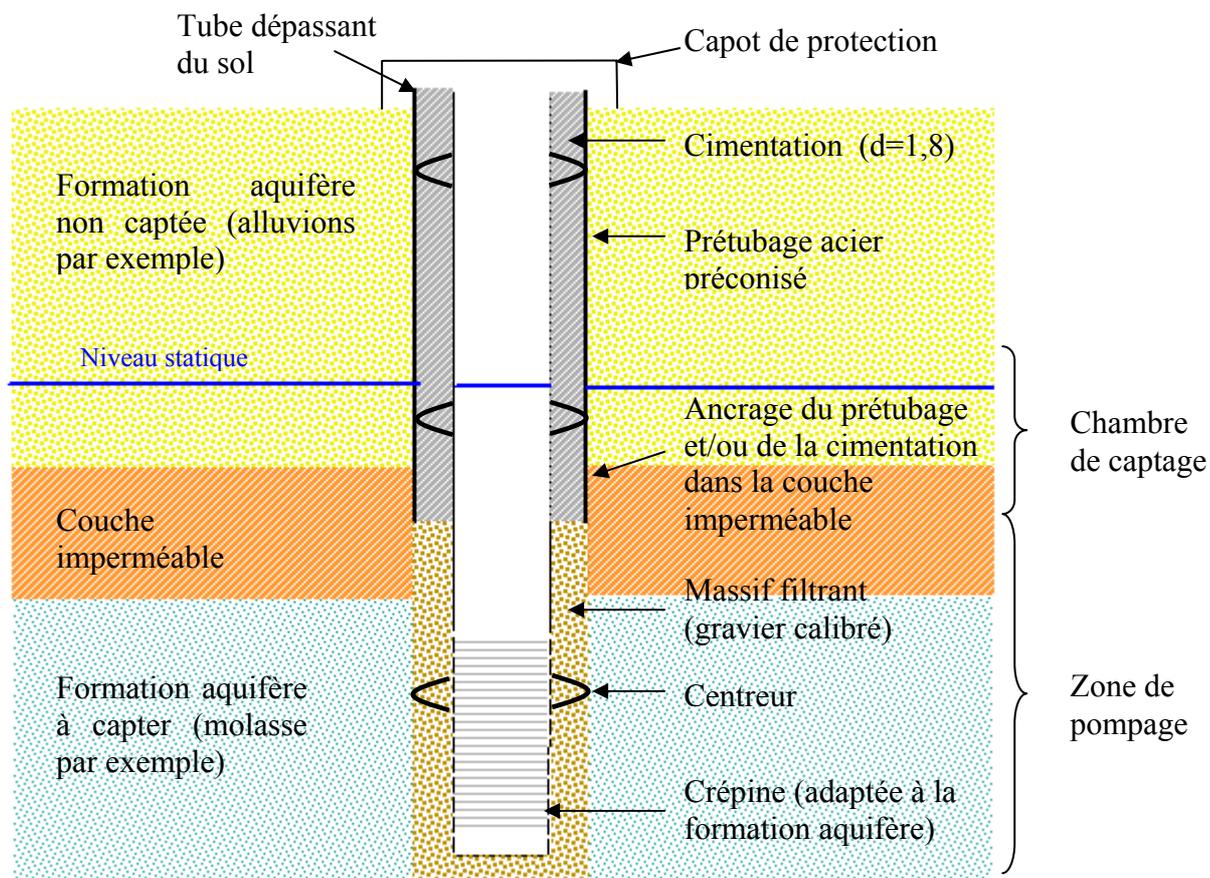
Forage dans une nappe superficielle (alluvions par exemple)



Forage dans une nappe profonde avec deux formations aquifères distinctes non séparées par une couche imperméable



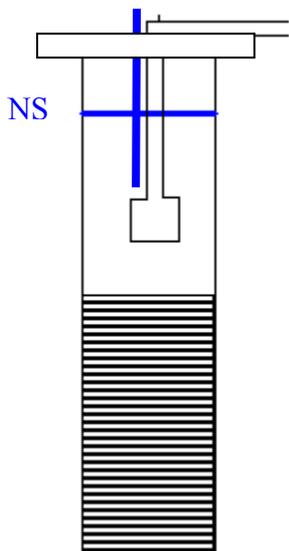
Forage dans une nappe profonde avec deux formations aquifères distinctes séparées par une couche imperméable



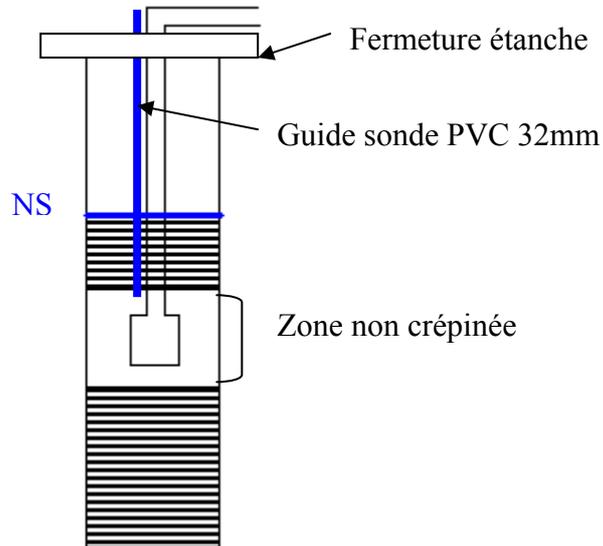
Installation de la pompe dans le captage

La pompe doit être immergée avec un guide sonde pour permettre le suivi piézométrique.
La pompe doit être installée en dehors de la zone crépinée, et pas posée au fond du forage.
Il y a donc deux solutions :

Niveau statique au dessus de la zone crépinée



Niveau statique en limite de la zone crépinée



Les signataires de la Charte de Qualité

Entreprises ayant signé la charte						
Entreprise	Responsable	Ville	Adresse	CP	Tel	e-mail
Aquifore	J.L Pradelle	Mours St Eusèbe	Qu les Revols ZA	26540	04 75 72 35 36	aquifore@wanadoo.fr
Bries et fils	M. Bries	Monteux	1009 ch de la Sorguette	84170	04 90 66 21 67	forage.bries@wanadoo.fr
Giunzioni Forages	Stéphane Giunzioni	Mondragon	ZA Les Plantades	84430	04 90 40 84 20	forage.giunzioni@wanadoo.fr
Forages Combet	Christophe Combet	Charpey	Qt les Garennes	26300	04 75 25 89 19	
Sondafor	Mounier	Soyons	750 ch de la Plaine	07130	04 75 60 49 80	
Truchet Jean Yves	J.Y Truchet	Pizançon	Imp Beauséjour	26300	04 75 05 03 59	
Sondéo	Sylvain DASSIE	St Marcel lès Valences	Qt Lebry	26320	04 75 85 72 33	sondeo@orange.fr
Régionale de forage	Fraisse Richard	Bougé-Chambalud	1 rue des Chatelardes	38150	04 74 84 09 20	
Combe	J.P Combe	Romans sur Isère	ZI 22 av. Allobroges	26100	04 75 70 00 72	
Société l'Eau	J.C Malatrait	Chanas	14 rte Agnin	38150	04 74 84 21 61	-

Autres entreprises travaillant sur le secteur d'étude (liste non exhaustive)						
Entreprise	Responsable	Ville	Adresse	CP	Tel	e-mail
Abyesse	F. Vechot	St Paul lès Romans	Qu St Verant	26750	04 75 05 02 56	abyesse4@wanadoo.fr
Agniel Guy	Agniel Guy	Grane	Qu Longefond	26400	04 75 62 68 50	
Andrieux René	Andrieux Re	Tulette	Qu Grand Deves	26790	04 75 98 32 42	
Carayon Philippe	P.Carayon	St Marcel lès Valences	Pont de la Roche	26320	04 75 58 74 00	
Combet Forages	A. Combet	Charpey	Qu les Chaux	26300	04 75 59 84 65	
Diabl'Eau	S. Bologniesi	Montmeyran	Quai Blagnat	26120		
Eco Forage		Montélimard	17 av. Maréchal Juin	26200	04 75 00 99 76	ecoforage@fhd.fr
Entreprise Serge Gillouin	S. Gillouin	Aurel	La Pigne	26340	04 75 21 74 77	
Forages Clément	Clément	Montélimar	11 allée Genêts	26200	04 75 51 99 06	
Gaillet Bernard	B. Gaillet	Gras	Qu Pati	07700	04 75 04 39 07	
Hydroforages	Gras	Viviers	10 rue Ramières	07220	04 75 52 77 68	
Payen Gilbert	G. Payen	Anneyron	rte St Sorlin	26140	04 75 31 57 04	
Rioubon Forages	E. Rioubon	Livron sur Drôme	Rue Frères Lumière	26250	04 75 61 36 78	

Entreprise	Responsable	Ville	Adresse	CP	Tel	e-mail
Sud Aqua Service	Marie-Pierre Chaix	Le Teil	59 Bd Jean Jaurès	07400	04 75 49 49 83	
		Viviers	Chem Valmont	07220	04 75 49 85 20	
TC Forage		Livron sur Drôme	La Fauchetière	26250	04 75 60 08 25	
F.H.D (Flogis Hydro Développement)		Montélimar	3 rue de la Pradal	26200	04 75 01 18 92	contact@fhd.fr
Puits Service Forages		Montélimar	3 rue de la Pradal	26200	04 75 52 56 83	contact@puits-forages.fr
Grésifluide		Villard Bonnot	1 bd Pologne	38190		tsaber@orange.fr
Hydrogéotechnique		Echirolles	2403 rue Général de Gaulle	38130	04 76 22 38 29	aplessud@hydrogéotechnique.com
Hydrogéotechnique		St Maurice l'Exil	ZI les Grands Crêts- 6 r Monge	38550	04 74 85 67 67	sillonrhodanien@hydrogéotechnique.com
Plassais Forages	foreur: cyril	St Laurent du Pont	22 lot Champ Roux	38380	04 76 55 15 91	-
Bonfils Christian		le Touvet	ZA de Bresson	38660	04 76 92 41 33	info@bonfils-christian.com
Forage des Nuiselles		St Romain de Jalionas	15 r Acacias - ZA les Serpolli-res	38460	04 74 90 92 12	-
Forexsol		Gières	6 r des Essarts	38610	04 76 42 89 04	forexsol@fr.oleane.com
Xéotherm		Bourgoin Jallieu	16 r Louis Braille	38300	04 74 43 49 40	-
Courtois Sondages		Diemoz	ZA Grange Neuve	38790	04 78 96 40 68	-
Résurgence		Brignais	37 ch de Chiradie	69530	04 72 31 55 55	-
Cordeiro	Cordeiro	Andance	les Pales	07340	04 75 23 43 85	-
Leyris		Payzac	le Barsac	07230	04 75 39 47 09	-
Jardinegon		Lagorge	Vallée de l'Ibie	07150	04 75 37 10 17	-
Aziz Barjaoui		Bourg de Péage		26300		-
Gresse Daniel	Daniel GRESSE	St Peray	qt les Terres Longues	07130	04 75 40 33 08	
Chipier et fils		Soucieu en Jarrest	16 r Perron	69510	04 78 05 26 81	
Chatte	P. Chatte	Montelieu	Les Petits Champs	26120	04 75 59 66 17	
Val Soleil	M Ferlin	Romans sur Isère	ZI 21 av. Allobroges	26100	04 75 70 75 00	

Annexe 3 : Contexte législatif français et européen dans le domaine de l'eau

La directive cadre sur l'eau (eaufrance.fr)

Contexte législatif européen dans le domaine de l'eau

Depuis les années 1970, la politique publique de l'eau s'inscrit dans un cadre européen. La qualité de l'eau a toujours été une préoccupation dans la politique de l'Union européenne. La législation communautaire s'est d'abord intéressée aux usages de l'eau (eau potable, baignade, pisciculture, conchyliculture), puis à la réduction des pollutions (eaux usées, nitrates d'origine agricole). La législation européenne comprend environ une trentaine de directives sur l'eau.

L'approche européenne est indispensable pour la gestion des cours d'eau qui traversent plusieurs pays (comme le Rhin, la Meuse, la Sambre, l'Escaut et le Rhône). Elle s'applique aussi à la protection des mers, à travers des conventions internationales, que l'Union européenne a signées, parmi lesquelles :

- les conventions d'Oslo et de Paris (1974 et 1978) sur la protection du Nord-est Atlantique ;
- la convention de Barcelone (1976) sur la conservation de la Méditerranée.

La directive cadre sur l'eau (DCE) du 23 octobre 2000 (directive 2000/60) vise à donner une cohérence à l'ensemble de la législation avec une politique communautaire globale dans le domaine de l'eau. Elle définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen avec une perspective de développement durable.

Les objectifs de la DCE

La DCE fixe des objectifs pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles (eaux douces et eaux côtières) et pour les eaux souterraines. L'objectif général est d'atteindre **d'ici à 2015 le bon état des différents milieux** sur tout le territoire européen. Les grands principes de la DCE sont :

- une gestion par bassin versant ;
- la fixation d'objectifs par « masse d'eau » ;
- une planification et une programmation avec une méthode de travail spécifique et des échéances ;
- une analyse économique des modalités de tarification de l'eau et une intégration des coûts environnementaux ;
- une consultation du public dans le but de renforcer la transparence de la politique de l'eau.

La méthode de travail de la DCE

La Directive Cadre sur l'Eau définit également une méthode de travail, commune aux 27 Etats membres, qui repose sur quatre documents essentiels :

- **l'état des lieux** : il permet d'identifier les problématiques à traiter ;
- **le plan de gestion** : il correspond au SDAGE qui fixe les objectifs environnementaux ;

- **le programme de mesure** : il définit les actions qui vont permettre d'atteindre les objectifs ;
- **le programme de surveillance** : il assure le suivi de l'atteinte des objectifs fixés.

L'état des lieux, le plan de gestion et le programme de mesure sont à renouveler tous les 6 ans.

Les grandes étapes de la DCE

- 2004 : Etat des lieux
- 2006 : Programme de surveillance de l'état des eaux
- 2005 : Consultation du public sur l'état des lieux
- 2008 : Consultation du public sur les SDAGE
- 2009 : Publication du premier plan de gestion et du programme de mesures
- 2009 : Adoption des SDAGE révisés
- 2015 : Point sur l'atteinte des objectifs, suivi d'un second plan de gestion et programme de mesure
- 2027 : Dernière échéance pour la réalisation des objectifs

Le 22 mars 2010, la France a rendu compte à la Commission européenne de la mise en œuvre de la directive-cadre sur l'eau (DCE). Les données transmises incluaient notamment une évaluation de l'état des eaux en 2009, l'affectation à chaque masse d'eau d'un objectif et une estimation détaillée par bassin du coût des actions nécessaires pour l'atteinte de ces objectifs.

Les directives filles et apparentées

La directive-cadre sur l'eau annonçait que des mesures complémentaires allaient être adoptées. A ce jour, les directives filles adoptées sont : [la directive 2006/118/CE du 12 décembre 2006](#) sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration, ainsi que la [directive 2008/105/CE du 16 décembre 2008](#) établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau. En parallèle la [directive Inondations 2007/60/CE](#) et la [directive cadre Stratégie pour le milieu marin \(DCSMM\) 2008/56/CE](#) sont construites sur le même schéma que la DC.

Le SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée (eaurmc.fr)

Document de planification pour l'eau et les milieux aquatiques à l'échelle du bassin, le SDAGE Rhône-Méditerranée 2010-2015 est entré en vigueur le 17 décembre 2009. Il fixe pour une période de 6 ans les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau et intègre les obligations définies par la directive européenne sur l'eau, ainsi que les orientations du Grenelle de l'environnement pour un bon état des eaux d'ici 2015.

Les documents du SDAGE 2010 – 2015 :

- [SDAGE, programme de mesure, documents d'accompagnement, rapport d'évaluation environnementale](#)
- [Etat des masses d'eau](#)

Fruit d'une large concertation, le SDAGE a été élaboré par le Comité de bassin à partir d'un état des lieux des eaux du bassin, de deux consultations du public, en 2005 et 2008, et deux consultations des assemblées départementales et régionales, des chambres consulaires et des organismes locaux de gestion de l'eau.

L'Agence de l'eau et la DREAL Rhône-Alpes (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) coordonnent le suivi de sa mise en œuvre en étroite concertation avec les acteurs de l'eau, structures locales de gestion de l'eau et représentants professionnels notamment.

Des orientations et des objectifs de qualité

Le SDAGE fixe les grandes orientations de préservation et de mise en valeur des milieux aquatiques, ainsi que des objectifs de qualité à atteindre d'ici à 2015.

Le SDAGE : un cadre juridique pour les politiques publiques

Les orientations fondamentales du SDAGE et leurs dispositions sont opposables aux décisions administratives dans le domaine de l'eau (réglementation locale, programme d'aides financières, etc.), aux SAGE et à certains documents tels que les plans locaux d'urbanisme (PLU) et les schémas de cohérence territoriale (SCOT), les schémas départementaux de carrière.

Huit orientations fondamentales

- **Prévention** : privilégier la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité
- **Non dégradation** : concrétiser la mise en œuvre du principe de non dégradation des milieux aquatiques
- **Vision sociale et économique** : intégrer les dimensions sociale et économique dans la mise en œuvre des objectifs environnementaux
- **Gestion locale et aménagement du territoire** : organiser la synergie des acteurs pour la mise en œuvre de véritables projets territoriaux de développement durable
- **Pollutions** : lutter contre les pollutions, en mettant la priorité sur les pollutions toxiques et la protection de la santé
- **Des milieux fonctionnels** : préserver et développer les fonctionnalités naturelles des bassins et des milieux aquatiques
- **Partage de la ressource** : atteindre et pérenniser l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir

- **Gestion des inondations** : gérer les risques d'inondation en tenant compte du fonctionnement naturel des cours d'eau

Le SDAGE définit également des principes de gestion spécifiques des différents milieux : eaux souterraines, cours d'eau de montagne, grands lacs alpins, rivières à régime méditerranéen, lagunes, littoral.

Le bon état pour les eaux superficielles

L'évaluation repose sur deux composantes :

- l'état chimique (au regard du respect de normes de qualité environnementale des eaux concernant 41 substances prioritaires et prioritaires dangereuses) ;
- l'état écologique, apprécié essentiellement selon des critères biologiques et des critères physicochimiques.

L'état est reconnu "bon" si l'état chimique est bon et si l'état écologique est bon (ou très bon).

Le bon état pour les eaux souterraines

Le bon état est apprécié en fonction de la qualité chimique et de la quantité d'eau (équilibre entre prélèvements et alimentation de la nappe).

Des objectifs environnementaux

Objectif global en 2015

- **66 % des eaux superficielles en bon état écologique**
 - Cours d'eau : 61 %
 - Plans d'eau : 82 %
 - Eaux côtières : 81 %
 - Eaux de transition (lagunes) : 47 %
- **82 % des eaux souterraines en bon état écologique**

Le bon état doit être atteint en 2015. Dans certains cas, l'objectif de bon état ne peut être atteint en 2015 pour des raisons techniques ou économiques ; le délai est alors reporté à 2021 ou au plus tard à 2027.

Le programme de mesures

Le SDAGE s'accompagne d'un programme de mesures qui propose les actions à engager sur le terrain pour atteindre les objectifs d'état des milieux aquatiques ; il en précise l'échéancier et les coûts.

Le programme de surveillance

En cohérence avec la directive cadre sur l'eau, le suivi de l'état des milieux a été renforcé à travers le programme de surveillance. Il permet d'une part d'évaluer l'état actuel des masses d'eau et de constituer un état des lieux de référence pour le SDAGE et son programme de mesures ; d'autre part, il permet de vérifier l'efficacité des actions mises en œuvre dans le cadre du programme de mesures.

<http://www.eaurmc.fr/le-bassin-rhone-mediterranee/le-sdage-du-bassin-rhone-mediterranee.html> - haut

<http://www.eaurmc.fr/le-bassin-rhone-mediterranee/le-sdage-du-bassin-rhone-mediterranee.html> - haut

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques (eaufrance.fr)

Contexte

Les premiers textes modernes concernant le droit de l'eau remontent aux codes napoléoniens. Leur objectif principal était de déterminer le régime de propriété de l'eau. La qualité de l'eau distribuée est rapidement devenue un enjeu majeur de santé publique face aux risques d'épidémie.

Cependant, les fondements de la politique de l'eau actuelle sont essentiellement issus de trois lois :

- **La loi sur l'eau du 16 décembre 1964** qui a organisé la gestion décentralisée de l'eau par bassin versant. C'est cette loi qui a créé les agences de l'eau et les comités de bassin.
- **La loi sur l'eau du 3 janvier 1992** consacre l'eau en tant que "patrimoine commun de la Nation." Elle a renforcé l'impératif de protection de la qualité et de la quantité des ressources en eau. Elle a mis en place de nouveaux outils de la gestion des eaux par bassin : les SDAGE et les SAGE
- **La loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006**

Par ailleurs, une grande partie de la réglementation française découle des directives européennes et notamment de la directive cadre sur l'eau qui a été transposée en droit français par la loi du 21 avril 2004. La directive organise notamment la gestion de l'eau en s'inspirant largement de ce qui a été fait depuis plusieurs décennies en France.

Les grandes orientations de la LEMA

La Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006 a rénové le cadre global défini par les lois sur l'eau du 16 décembre 1964 et du 3 janvier 1992 qui avaient bâti les fondements de la politique française de l'eau : instances de bassin, redevances, agences de l'eau. Les nouvelles orientations qu'apporte la LEMA sont :

- de se donner les outils en vue d'atteindre en 2015 l'objectif de « bon état » des eaux fixé par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) ;
- d'améliorer le service public de l'eau et de l'assainissement : accès à l'eau pour tous avec une gestion plus transparente ;
- de moderniser l'organisation de la pêche en eau douce.

Enfin, la LEMA tente de prendre en compte l'adaptation au changement climatique dans la gestion des ressources en eau.

Les principales dispositions de la LEMA

La LEMA modifie le **code de l'environnement Livre II**. Elle comprend 102 articles et réforme plusieurs codes (environnement, collectivités territoriales, santé publique ...). Au travers de ces articles, les principales dispositions de la LEMA sont :

- de rénover l'organisation institutionnelle :
 - o réforme des redevances des agences de l'eau ;
 - o légitimation des comités de bassin à approuver les programmes d'intervention des agences et les taux de redevance ;
 - o création de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema)

chargé de mener et soutenir au niveau national des actions destinées à favoriser une gestion globale, durable et équilibrée de la ressource en eau, des écosystèmes aquatiques, de la pêche et du patrimoine piscicole.

- de proposer des outils nouveaux pour lutter contre les pollutions diffuses ;
- de permettre la reconquête de la qualité écologique des cours d'eau par :
 - o l'entretien des cours d'eau par des méthodes douces et l'assurance de la continuité écologique des cours d'eau ;
 - o l'obligation d'un débit minimum imposé au droit des ouvrages hydrauliques ;
 - o des outils juridiques pour protéger les frayères.
- de renforcer la gestion locale et concertée des ressources en eau ;
- de simplifier et renforcer la police de l'eau ;
- de donner des outils nouveaux aux maires pour gérer les services publics de l'eau et de l'assainissement dans la transparence ;
- de réformer l'organisation de la pêche en eau douce ;
- de prendre en compte l'adaptation au changement climatique dans la gestion des ressources en eau ;

Schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) (gesteau.eaufrance.fr)

Le schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) est un document de planification de la gestion de l'eau à l'échelle d'une unité hydrographique cohérente (bassin versant, aquifère...). Il fixe des **objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur, de protection quantitative et qualitative de la ressource en eau** et il doit être compatible avec le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE).

Le SAGE est un document élaboré par les acteurs locaux (élus, usagers, associations, représentants de l'Etat...) réunis au sein de la **commission locale de l'eau (CLE)**. Ces acteurs locaux établissent un projet pour une gestion concertée et collective de l'eau.

La Commission Locale de l'Eau (CLE)

La CLE est une assemblée délibérante qui élabore le projet de schéma, organise la consultation et suit l'application du SAGE. Elle est composée de trois collèges :

- le collège des collectivités territoriales, de leurs groupements et des établissements publics locaux (au moins la moitié des membres) ;
- le collège des usagers, des propriétaires fonciers, des organisations professionnelles et des associations concernées (au moins le quart des membres) ;
- le collège de l'Etat et de ses établissements publics (le reste des membres).

La CLE peut confier son secrétariat, les études nécessaires à l'élaboration et à la mise en œuvre du SAGE à un établissement public territorial de bassin (EPTB), une collectivité territoriale ou un groupement de collectivités territoriales sous certaines conditions. C'est la structure porteuse du SAGE.

La CLE est consultée ou informée dans le cadre de l'application de certains articles du code de l'environnement et du code rural.

Le projet de SAGE est soumis à enquête publique et approuvé par l'Etat qui veille à sa mise en œuvre à travers la police de l'eau.

Le SAGE constitue un instrument essentiel de la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau (DCE). A ce titre, 65 SAGE (dont 18 nouveaux) ont été identifiés par les SDAGE 2010-2015 comme étant nécessaires en vue de respecter les orientations fondamentales et les objectifs fixés.

Le SAGE est constitué d'un **plan d'aménagement et de gestion durable (PAGD)**, dans lequel sont définis les objectifs partagés par les acteurs locaux, d'un **règlement** fixant les règles permettant d'atteindre ces objectifs, et d'un rapport environnemental. Une fois approuvé, le règlement et ses documents cartographiques sont opposables aux tiers et les décisions dans le domaine de l'eau doivent être compatibles ou rendues compatibles avec le PAGD. Les documents d'urbanisme doivent être compatibles avec les objectifs de protection définis par le SAGE.

Les états d'avancement du SAGE :



- Planche 1 : Localisation du secteur d'étude et géologie générale**
- Planche 2 : Répartition des populations et des captages AEP (volumes prélevés en 2009, données Agence de l'Eau RM et C) sur la zone d'étude**
- Planche 3 : Localisation des principales structures d'alimentation en eau potable**
- Planche 4 : Contexte géologique du secteur d'étude**
- Planche 5 : Carte piézométrique et sectorisation de l'aquifère**
- Planche 6 : Carte de répartition du débit spécifique**
- Planche 7 : Répartition des points prélevés pour l'analyse des ions majeurs et des isotopes**
- Planche 8 : Répartition des points prélevés pour l'analyse des éléments traces et des pesticides**
- Planche 9 : Répartition des teneurs en magnésium dans l'aquifère molassique**
- Planche 10 : Répartition des teneurs en nitrates dans l'aquifère molassique**
- Planche 11 : Différences d'altitudes entre le point de prélèvement et l'infiltration des eaux**
- Planche 12 : Répartition des teneurs en tritium dans l'aquifère molassique**
- Planche 13 : Ages moyens des eaux de l'aquifère molassique**
- Planche 14 : Localisation des zones d'alimentation et de remontée des flux profonds de l'aquifère**
- Planche 15 : Localisation des exutoires de l'aquifère molassique et visualisation de la limite imperméable**
- Planche 16 : Localisation des ouvrages suivi par l'Agence de l'Eau RM et C, la DREAL Rhône Alpes et le BRGM, et par le Conseil Général de la Drôme.**
- Planche 17 : Carte de répartition du fer et du manganèse dans l'aquifère miocène**
- Planche 18 : Carte de répartitions des concentrations en sulfates dans la nappe de la molasse**
- Planche 19 : Carte de répartitions des concentrations en chlorures dans la nappe de la molasse**
- Planche 20 : Répartition de la somme des pesticides sur la zone d'étude**
- Planche 21 : Evolutions des concentrations en nitrates entre 2005 et 2010 dans la nappe de la molasse**
- Planche 22 : Evolutions de la somme des teneurs en pesticides analysés entre 2005 et 2010 dans la nappe de la molasse**
- Planche 23 : Carte des potentialités aquifères**
- Planche 24 : Cartographie des zones de l'aquifère molassique atteintes par des pollutions**
- Planche 25 : Zones d'intérêt de l'aquifère molassique**
- Planche 26 : Aire d'alimentation des zones d'intérêt de l'aquifère**
- Planche 27 : Carte de l'occupation des sols (CLC 2006, SOeS Environnement)**
- Planche 28 : Carte de la vulnérabilité de l'aquifère molassique**
- Planche 29 : Cartographie de la vulnérabilité de la nappe, avec prise en compte de la piézométrie**
- Planche 30 : Répartition des connaissances sur le secteur d'étude**
- Planche 31 : Projet de périmètre du futur SAGE**