

ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX

SYNDICAT

Basse Vallée de l'Ain



Sous bassin versant de La Basse Vallée de l'Ain

Rapport de Phase 3 • Juin 2012
1741869



Rhône-Alpes Région



SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
GLOSSAIRE.....	5
1. CARACTERISATION DU BASSIN VERSANT	6
1.1. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE.....	6
1.1.1. DONNEES UTILISEES	6
1.1.2. LIMITES HYDROGEOLOGIQUES DE LA BASSE PLAINE DE L'AIN	6
1.1.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	7
1.1.4. CARACTERISTIQUES DES AQUIFERES LIMITOPHES DE LA PLAINE DE L'AIN	8
1.1.5. PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES DES ALLUVIONS DE LA BASSE PLAINE DE L'AIN	10
1.1.6. PIEZOMETRIES DE REFERENCES	10
1.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE	14
1.2.1. DONNEES HYDROMETRIQUES UTILISEES.....	14
1.3. DEBITS CARACTERISTIQUES AUX STATIONS HYDROMETRIQUES EN REGIME INFLUENCE PAR LES AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES	15
1.4. DEBITS CARACTERISTIQUES AUX STATIONS EN DEBIT NON INFLUENCE PAR LES AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES	17
1.4.1. DEBITS NATURELS RECONSTITUES	17
1.4.2. DEBITS NATURELS AVANT MISE EN SERVICE DE VOUGLANS.....	17
1.5. ANALYSE	18
1.5.1. DEBITS INFLUENCES	18
1.5.2. DEBITS NATURELS	18
1.5.3. VOLUMES DEPLACES.....	19
1.6. DEBITS MENSUELS NATURELS RECONSTITUES.....	23
1.7. CONCLUSION	24
1.7.1. APPORTS NATURELS	24
1.7.2. DEBITS INFLUENCES	25
1.8. PRELEVEMENTS ET RESTITUTIONS EN EAU SUR LE BASSIN	25
2. MODELISATION HYDROGEOLOGIQUE	27
2.1. HISTORIQUE DE LA MODELISATION HYDROGEOLOGIQUE SUR LA ZONE D'ETUDE	27
2.2. MODELES UTILISES PAR SOGREAH POUR L'ETUDE DE VOLUMES PRELEVABLES	27
2.2.1. LOGICIEL UTILISE	28
2.2.2. PERIODE DE SIMULATION.....	28
2.3. HYPOTHESES DE MODELISATION CONSIDEREES.....	29
2.3.1. MAILLAGE ET EXTENSION DU MODELE	29
2.3.2. APPORTS PAR LES FLUX LATERAUX	32
2.3.3. PIEZOMETRIE INITIALE	36

2.3.4.	CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DES FORMATIONS ALLUVIALES : PERMEABILITES ET COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT	37
2.3.5.	RECHARGE PLUVIOMETRIQUE	38
2.3.6.	CARACTERISATION DES ECHANGES NAPPES-RIVIERES	40
2.3.7.	PRISE EN COMPTE DES PRELEVEMENTS EN NAPPE	43
2.4.	CALAGE DU MODELE	45
2.4.1.	PARAMETRES DE CALAGE	45
2.4.2.	REPRODUCTION DES PIEZOMETRIES DE REFERENCE	47
2.4.3.	RECONSTITUTION DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES	50
2.4.4.	RESTITUTION DES DEBITS DES RIVIERES	52
2.4.1.	BILAN HYDRAULIQUE CALCULE PAR LE MODELE	56
2.4.2.	CONCLUSIONS SUR LE MODELE	57
3.	RECONSTITUTION DE LA PIEZOMETRIE NON INFLUENCEE DANS LA PLAINE ALLUVIALE	59
3.1.	PRINCIPE	59
3.2.	RESULTATS DU 1 ^{ER} SCENARIO : ABSENCE DE POMPAGES EN NAPPE	59
3.2.1.	ETAT PIEZOMETRIQUE D'ETIAGE 2003	59
3.2.2.	CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES	60
3.3.	RESULTATS DU 2 ND SCENARIO : ETAT TOTALEMENT DESINFLUENCE	61
3.3.1.	ETAT PIEZOMETRIQUE D'ETIAGE 2005	61
3.3.2.	CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES	62
3.4.	ECHANGES NAPPE-RIVIERES	63
4.	INFLUENCE DES PRELEVEMENTS ET RESTITUTIONS SUR LE DEBIT DES RIVIERES	65
4.1.	RIVIERE D'AIN	65
4.1.1.	RESULTATS – COMPARAISON HYDROLOGIE INFLUENCEE-NON INFLUENCEE PAR LES PRELEVEMENTS EN NAPPE	65
4.1.2.	RESULTATS – COMPARAISON HYDROLOGIE INFLUENCEE-NON INFLUENCEE PAR LES PRELEVEMENTS EN NAPPE ET LES AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES (SCENARIO 2)	65
4.1.3.	CALCUL COMPLEMENTAIRE (SCENARIO 3)	69
4.2.	AFFLUENTS	69
4.2.1.	RESULTATS – COMPARAISON HYDROLOGIE INFLUENCEE-NON INFLUENCEE PAR LES PRELEVEMENTS EN NAPPE	69
4.2.2.	RESULTATS – COMPARAISON HYDROLOGIE INFLUENCEE-NON INFLUENCEE PAR LES PRELEVEMENTS EN NAPPE ET LES AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES	71
4.3.	SYNTHESE DES RESULTATS DU MODELE EN TERMES DE DEBIT DE SURFACE	71
4.4.	REPRESENTATIVITE DES DEBITS SIMULES	72
4.5.	ESTIMATION DE L'HYDROLOGIE NON INFLUENCEE	72
5.	POINTS DE REFERENCE	73
5.1.	EAU DE SURFACE	73
5.2.	PIEZOMETRES	73

INTRODUCTION

Les études de détermination des volumes prélevables : contexte

La circulaire 17-2008 du 30 juin 2008 sur la résorption des déficits quantitatifs et la gestion collective de l'irrigation s'inscrit dans le cadre du Plan National de Gestion de la Rareté de l'Eau de 2005, de la Loi sur l'Eau et les milieux aquatiques (LEMA) de 2006 et de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE). Elle cherche à promouvoir un retour à l'équilibre entre l'offre et la demande en eau. Elle fixe les objectifs généraux visés pour la résorption des déficits quantitatifs, et décrit les grandes étapes pour atteindre ces objectifs :

- 1) détermination des volumes maximums prélevables, tous usages confondus ;
- 2) concertation entre les usagers pour établir la répartition des volumes ;
- 3) dans les bassins concernés, mise en place d'une gestion collective de l'irrigation ;

Un certain nombre de zones ont été identifiées en déficit quantitatif à travers le SDAGE (orientation fondamentale n°7). Pour atteindre les objectifs fixés par la DCE, il est nécessaire de résorber les déficits quantitatifs, et pour cela de mener tout d'abord des études de détermination des volumes prélevables.

La présente étude s'inscrit dans ce cadre et est portée par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée & Corse (AE RM&C). Elle porte sur la détermination des volumes prélevables dans **le bassin versant de la Basse Vallée de l'Ain**. Elle débouchera sur une proposition de répartition des volumes entre les usages, une caractérisation des principales zones à préserver pour l'AEP, ainsi qu'une proposition de périmètre d'organisme unique.

Les volumes maximum prélevables : objets et enjeux

Les volumes prélevables doivent être définis de façon à ce que soit maintenu, dans les cours d'eau, le débit nécessaire à la vie aquatique ou DMB (Débit Minimum Biologique). Ils ne prennent pas en compte les assècs périodiques si ceux-ci sont naturels.

Les Débits Objectifs d'Etiage (DOE) sont des indicateurs établis pour suivre le niveau de la ressource en eau en rivière. Ces indicateurs pour la gestion de la ressource sont définis, dans leur principe, dans le SDAGE Rhône Méditerranée : satisfaction du bon état des eaux et l'ensemble des usages en moyenne 8 années sur 10) ; ils doivent être établis pour tous les points de référence (dont 2 FRDR 490 et FRDR 484 sont à définir sur le bassin versant de la Basse Vallée de l'Ain). La définition des DOE doit servir à améliorer les pratiques de gestion, la seule définition de débits de crise (DCR) n'étant pas suffisante pour anticiper les pénuries chroniques.

L'objectif de la présente étude est de :

- caractériser la zone d'étude
- déterminer les prélèvements totaux et leur évolution future ;
- quantifier les ressources existantes ;
- déterminer ou réviser les niveaux seuils aux points stratégiques de référence (DOE, DCR) ;
- définir en conséquence les volumes maximum prélevables, tous usages confondus
- proposer une première répartition possible des volumes entre usages.

La répartition des prélèvements proposée devra servir de base à une révision des autorisations et de la gestion des prélèvements

GLOSSAIRE

- Le **module** est la moyenne des débits journaliers au cours d'une année calendaire.
- Le **quantile X %** est la valeur, au sein d'un échantillon de données, qui n'est pas dépassée dans X % des cas. Ce concept est également appréhendé avec le terme de « **fréquence** » : le quantile 20 % par exemple, est la valeur de fréquence 1/5, ou quinquennale.
- La **médiane** est le débit journalier de fréquence 1/2, c'est-à-dire que, statistiquement, pour une année donnée, 50 % des débits journaliers ne dépassent pas la valeur médiane.
- Le **QMNA5** est le débit moyen mensuel minimum de fréquence quinquennale, c'est-à-dire que pour une année donnée, le débit moyen mensuel le plus bas a, statistiquement, 1 chance sur 5 d'être inférieur au QMNA5.
- Le **VCN3-5** est le minimum du débit journalier lissé sur 3 jours de fréquence quinquennale, c'est-à-dire que, pour une année donnée, le plus faible débit atteint en moyenne sur 3 jours
- Le critère de **Nash** est une grandeur utilisée en modélisation pour exprimer le degré de corrélation entre les valeurs observées et les valeurs simulées. Elle est comprise entre $-\infty$ et 1 : un Nash égal à 1 signifie une simulation parfaite. Si Qobs est la chronique de débit observé (mesuré) et Qsim de débit simulé, le critère de Nash s'exprime comme suit :

$$Nash = 1 - \frac{\sum (Qobs - Qsim)^2}{\sum (Qobs - moy(Qobs))^2}$$

- Le **Biais** s'exprime comme suit, avec Qobs(t) la chronique de débit observé (mesuré) à l'instant t et Qsim(t) de débit simulé pour l'instant t, et T le nombre de pas de temps:

$$Biais = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T Qobs(t) - Qsim(t)$$

Ce rapport présente les résultats de la Phase 3 de l'étude, à savoir la reconstitution des ressources naturelles en eaux superficielles et souterraines, de la Basse Vallée de l'Ain. Cette reconstitution se base sur l'exploitation de modèles qui permettent l'extrapolation des données hydrométriques et piézométriques et la prise en compte des prélèvements et restitutions étudiés au cours de la Phase 2 de la présente étude. La reconstitution des débits est effectuée sur la période de septembre 2002 à décembre 2007, essentiellement car c'est une période homogène en termes de niveau de connaissance des prélèvements.

Nous présentons dans un premier temps les données utilisées et synthétisons les informations apportées par celles-ci et qui nous permettent de caractériser le contexte hydrologique et hydrogéologique du territoire d'étude.

Compte tenu du fonctionnement hydrologique et hydrogéologique du bassin, les écoulements souterrains mais également superficiels sont dépendants du remplissage de l'aquifère et des relations nappe-rivière. Sur ce territoire, le débit des cours d'eau ne peut donc pas être estimé uniquement à l'aide d'un modèle hydrologique classique, mais doit prendre en compte les phénomènes d'infiltration et les émergences de nappe.

Afin de répondre au mieux aux objectifs de l'étude, nous proposons de caractériser quantitativement les ressources en eau (niveaux de la nappe, débits des cours d'eau) sur la base d'un modèle hydrogéologique maillé qui permet d'intégrer, de façon spécifique, les relations nappe-rivière, à l'aide d'un module d'échange capable de représenter les écoulements de surface (module « *Stream* » sous MODFLOW). Nous exposerons ainsi dans ce rapport de Phase 3 les caractéristiques et résultats de ces modélisations numériques que nous utilisons au regard des attentes de l'étude.

1. CARACTERISATION DU BASSIN VERSANT

Les données disponibles pour caractériser la zone d'étude ont en grande partie été présentées en Phase 1 de l'étude. Nous rappelons dans ce paragraphe les données utilisées au cours de cette phase et les éventuels traitements effectués sur ces données avant de synthétiser les informations apportées.

1.1. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

1.1.1. DONNEES UTILISEES

Les données utilisées proviennent de différentes études hydrogéologiques réalisées sur la Basse Plaine de l'Ain, notamment les études de BURGEAP (RLy.1710 de 2005 et RLy.1895 de 2006) et du BRGM (RP-57945-FR de 2010) pour lesquelles une modélisation hydrogéologique de la plaine a été réalisée.

Parmi les autres données récoltées lors de la Phase 1, on retiendra principalement l'étude IC13 d'Horizons Centre Est de 1999 (étude hydrogéologique sur le périmètre du SAGE de la Basse Vallée de l'Ain) qui a également été utilisée lors de cette Phase 3 de l'étude Volumes Maximum Prélevables ainsi que les données de la BSS (Banque de données du Sous-Sol).

1.1.2. LIMITES HYDROGEOLOGIQUES DE LA BASSE PLAINE DE L'AIN

La nappe alluviale de la plaine de l'Ain forme un triangle qui s'étend sur environ 360 km², depuis Neuville sur Ain et la fin de la vallée du Suran au Nord, jusqu'au cours du Rhône de Lagnieu à Miribel au Sud. Cette zone d'étude correspond à la masse d'eau des alluvions de la plaine de l'Ain (n°6339).

La limite amont est constituée par l'arrivée dans la plaine de l'Ain et du Suran qui confluent au niveau de Pont d'Ain.

La limite Ouest de la zone suit la Côtière du plateau de la Dombes.

La limite Est de la plaine de l'Ain suit les formations calcaires et marno-calcaires du Jurassique qui forment les reliefs du Bugey.

Enfin, la limite aval de la zone est matérialisée par le Rhône, depuis son contournement de l'Isle Crémieu jusqu'à sa séparation en deux canaux principaux au niveau de Jons. Ainsi, au Sud-Ouest de la plaine de l'Ain, c'est le canal de Miribel qui joue le rôle de limite aval.

1.1.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE

1.1.3.1. *REPLISSAGE ALLUVIAL : LE MAGASIN AQUIFERE*

La nappe alluviale de la plaine de l'Ain correspond à un fossé d'effondrement Tertiaire tapissé, au cours des périodes interglaciaires du Quaternaire, par d'importants dépôts qui ont constitué les terrasses d'alluvions fluvioglaciales.

Ces dépôts alluvionnaires occupent la majeure partie de la plaine, mais il existe également des alluvions récentes formant une bande relativement limitée de part et d'autres de l'Ain et de l'Albarine.

Au Sud-Est, les alluvions modernes et anciennes du Rhône suivent une plaine alluviale étroite entre Lagnieu et Loyettes alors qu'au Sud-Ouest, en rive droite du canal de Miribel, elles se développent plus largement jusqu'à la côtière de la Dombes.

Ces formations alluviales, d'une épaisseur pouvant varier de 5 à 30 m, constituent le magasin aquifère de la plaine.

1.1.3.2. *DEPOTS MORAINIQUES*

La morphologie de la nappe alluviale de la plaine de l'Ain est liée à l'activité glaciaire de l'ère Quaternaire, dont les périodes successives ont développé les terrasses alluviales actuellement présentes. Ces terrasses emboîtées d'altitudes différentes correspondent à différents épisodes sur la période récente du Würm : les retraits des glaciers à l'origine des dépôts fluvioglaciaux (cf. paragraphe précédent) mais également les avancées glaciaires qui engendrent des dépôts morainiques.

Ces dépôts morainiques subsistent sous forme de collines boisées, notamment au niveau de Saint-Jean de Niost et au Nord de Sainte-Julie. Ces formations, qui peuvent également tapisser le fond de la plaine alluviale, sont argileuses et peu perméables. De plus, elles sont relativement épaisses et reposent directement sur le substratum du Miocène, conditionnant ainsi les écoulements souterrains dans des couloirs fluvioglaciaux et subdivisant la Plaine de l'Ain.

1.1.3.3. *SUBSTRATUM*

Le substratum des dépôts Quaternaires le plus couramment rencontré est constitué de dépôts Tertiaires du Miocène. Il s'agit de formations argilo-sableuses irrégulièrement consolidées en grès. L'épaisseur du substratum peut atteindre localement plus de 200 m (215m au niveau d'Ambronay selon Horizons). Cette formation constitue aussi la majeure partie du substratum du Plateau de la Dombes, limite ouest de la zone d'étude.

Le Pliocène, essentiellement argileux, vient localement en continuité au-dessus du Miocène. Il est généralement plus présent dans la côtière du Plateau de la Dombes où il peut affleurer.

Très localement, dans la partie Nord-Est de la plaine, les alluvions peuvent reposer sur des formations calcaires et marno-calcaires du Secondaire.

La coupe ci-après (Figure N° 1) synthétise l'organisation générale des formations géologiques au niveau de la Basse Vallée de l'Ain.

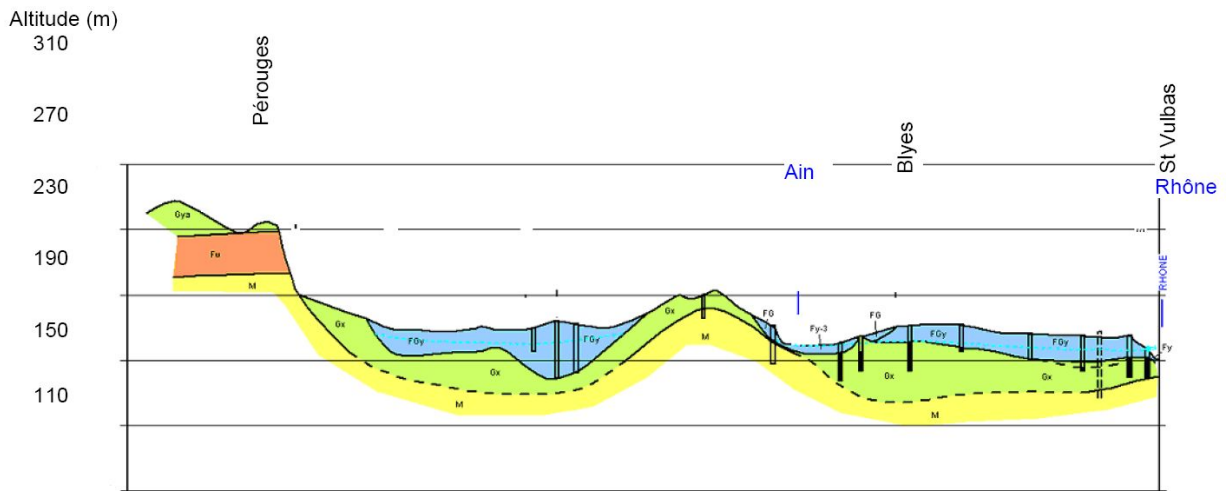


Figure N° 1. COUPE GEOLOGIQUE ENTRE PEROURGES ET SAINT VULBAS AVEC : M MIOCENE, QX : MORAINES, FG, Fy-3 ET Fgy : ALLUVIONS FLUVIO-GLACIAIRES ET Fw : CAILLOUTIS DE LA DOMBES (SOURCE : HORIZONS).

1.1.4. CARACTERISTIQUES DES AQUIFERES LIMITOPHES DE LA PLAINE DE L'AIN

1.1.4.1. FORMATIONS JURASSIQUES DU NORD ET DE L'EST

La tectonique ayant fortement morcelé et cloisonné par failles les structures de la couverture sédimentaire, les calcaires jurassiques sont constitués de plusieurs entités aquifères, perméables en grand (fissures, chenaux).

Les massifs calcaires qui bordent la Plaine de l'Ain à l'Est et au Nord doivent constituer un réservoir important. Ils sont parcourus par plusieurs rivières et ruisseaux dont l'Albarine, le Riez, l'Oiselon ou encore le Suran.

Les calcaires du Jurassique supérieur, d'une épaisseur maximale de 350 m, sont très peu argileux et développent plutôt un karst profond et une faible extension latérale.

Les calcaires du Jurassique moyen, d'une épaisseur maximale locale de 200 m, sont séparés des précédents par les marnes oxfordiennes très épaisses, bien que des contacts entre ces deux formations puissent exister par le biais du jeu des failles. Ils contiennent une proportion importante de dépôts argileux, limitant leur karstification.

Ces deux formations sont caractérisées par de nombreux accidents et fractures jouant le rôle de drain. De plus, certaines pertes et émergences ont été identifiées par traçage, permettant ainsi de mettre en évidence des axes de circulation préférentiels des eaux souterraines dans ces massifs qui alimentent les formations fluvio-glaciaires de la Plaine de l'Ain.

1.1.4.2. PLATEAU DE LA DOMBES A L'OUEST

Trois formations principales constituent le plateau de la Dombes :

- La molasse du Miocène qui correspond au substratum du plateau,
- Les formations du Pliocène des cailloutis de la Dombes : formation sablo-graveleuse aquifère d'une épaisseur moyenne de 20 m diminuant vers la côtière formant la bordure Ouest de la nappe alluviale de la plaine de l'Ain,
- Les dépôts morainiques qui correspondent au manteau glaciaire peu perméable recouvrant les cailloutis de la Dombes

La nappe des cailloutis de la Dombes (Pliocène) constitue le seul potentiel aquifère du Plateau. La plupart des forages du Plateau sollicitent cette nappe. Cette formation est drainée par les cours d'eau du Toison, du Longevant, de la Sereine et du Cotey.

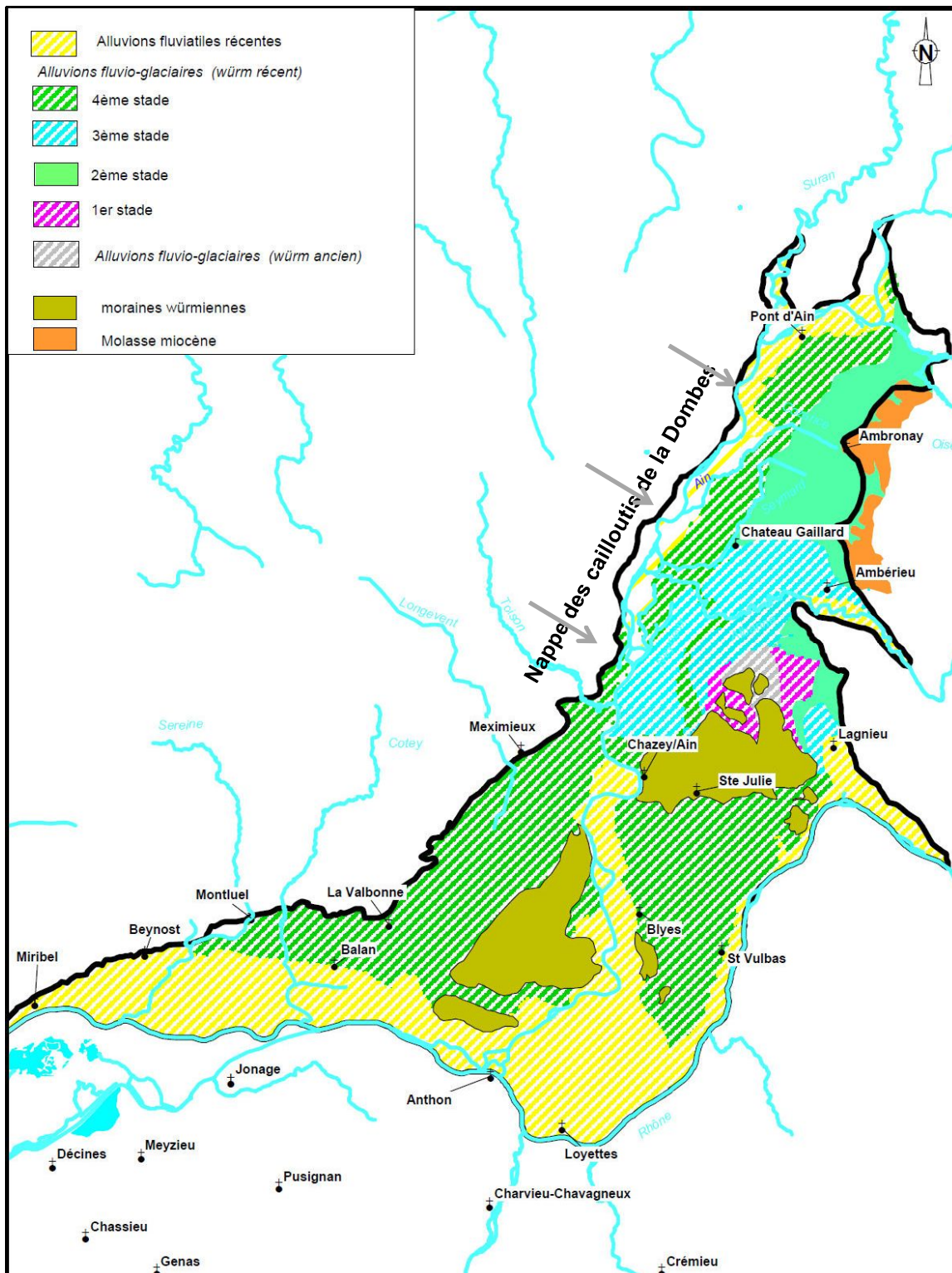


Figure N° 2. CARTE GEOLOGIQUE SIMPLIFIEE DE LA BASSE PLAINE DE L'AIN (BURGEAP, 2005).

Horizons a établi en 1999 une carte piézométrique permettant de mettre en évidence l'alimentation des alluvions de la plaine par cette nappe des cailloutis de la Dombes. Cependant, il est à noter qu'une partie seulement du plateau participe aux échanges avec la nappe alluviale de la plaine de l'Ain.

1.1.5. PARAMETRES HYDRODYNAMIQUES DES ALLUVIONS DE LA BASSE PLAINE DE L'AIN

En marge de ce paragraphe, on précisera pour rappel que la perméabilité est l'aptitude du terrain à se laisser traverser par l'eau sous l'effet d'un gradient hydraulique et s'exprime en m/s. La transmissivité représente quant à elle, le produit entre la perméabilité des terrains et l'épaisseur de la zone saturée et s'exprime donc en m²/s.

En 1999, Horizons (étude IC13) a regroupé les données de plus de 500 coupes de sondages, forages ou puits recensés jusqu'alors dans la région. En synthétisant les informations, Horizons a retenu seulement une cinquantaine de forages qui comportaient des essais de pompage permettant d'apprécier directement les caractéristiques hydrodynamiques des aquifères sur les 500 points d'eau recensés.

Bien qu'inégalement répartis, ces points permettent d'obtenir un ordre de grandeur de la gamme de perméabilité des terrains.

Nappe concernée	Nombre d'ouvrages	Perméabilité Porchet (10 ⁻³ m/s)		
		Valeur mini	Valeur max	Valeur moyenne
Alluvions récentes	17	0,2	47,0	9,5
Alluvions fluvioglaciales	27	0,01	66,9	10,9
Cailloutis de la Dombes (Pliocène)	4	0,1	1,1	0,5

Tableau N° 1. RESULTATS DES CALCULS DE PERMEABILITE (SOURCE HORIZONS).

Ce tableau permet de montrer que les alluvions récentes et les alluvions fluvioglaciales ont une perméabilité moyenne sensiblement équivalente et de l'ordre de 10⁻² m/s. Cependant les écarts entre les valeurs minimales et maximales calculées présentent une grande variabilité qui est à mettre en parallèle avec l'hétérogénéité des formations de la plaine.

Horizons (1999) a également pu réaliser une estimation de la transmissivité en tous points où l'épaisseur de formation aquifère avait été reconnue. Plusieurs ensembles ont pu être définis au sein de la Basse Vallée de l'Ain par Horizons. Les zones les plus productives, avec des transmissivités supérieures à 5.10⁻² m²/s, se retrouveraient :

- A la confluence avec le Rhône, où la rivière a beaucoup divagué et laissé des traces d'anciens méandres qui ont permis le creusement du substratum et le dépôt d'alluvions plus grossières.
- Sur la zone de confluence de l'Albarine, du Seymard, du Pollon et du Neyrieux.
- Au droit du méandre de Chazey-sur-Ain.

Quant aux zones les moins productives (transmissivité < 5.10⁻³ m²/s), elles seraient pour l'essentiel situées au pied des collines glaciaires ou des reliefs molassiques.

1.1.6. PIEZOMETRIES DE REFERENCES

1.1.6.1. CARTE PIEZOMETRIQUE DE HAUTES EAUX MODEREES (AVRIL-MAI 2005)

Une campagne piézométrique menée par BURGEAP a eu lieu fin avril-début mai 2005. Parmi les 165 points d'accès à la nappe initialement recensés, 95 ont été retrouvés puis nivelés. En parallèle, les lignes d'eau du Rhône ont également été incluses afin de tracer l'état piézométrique correspondant.

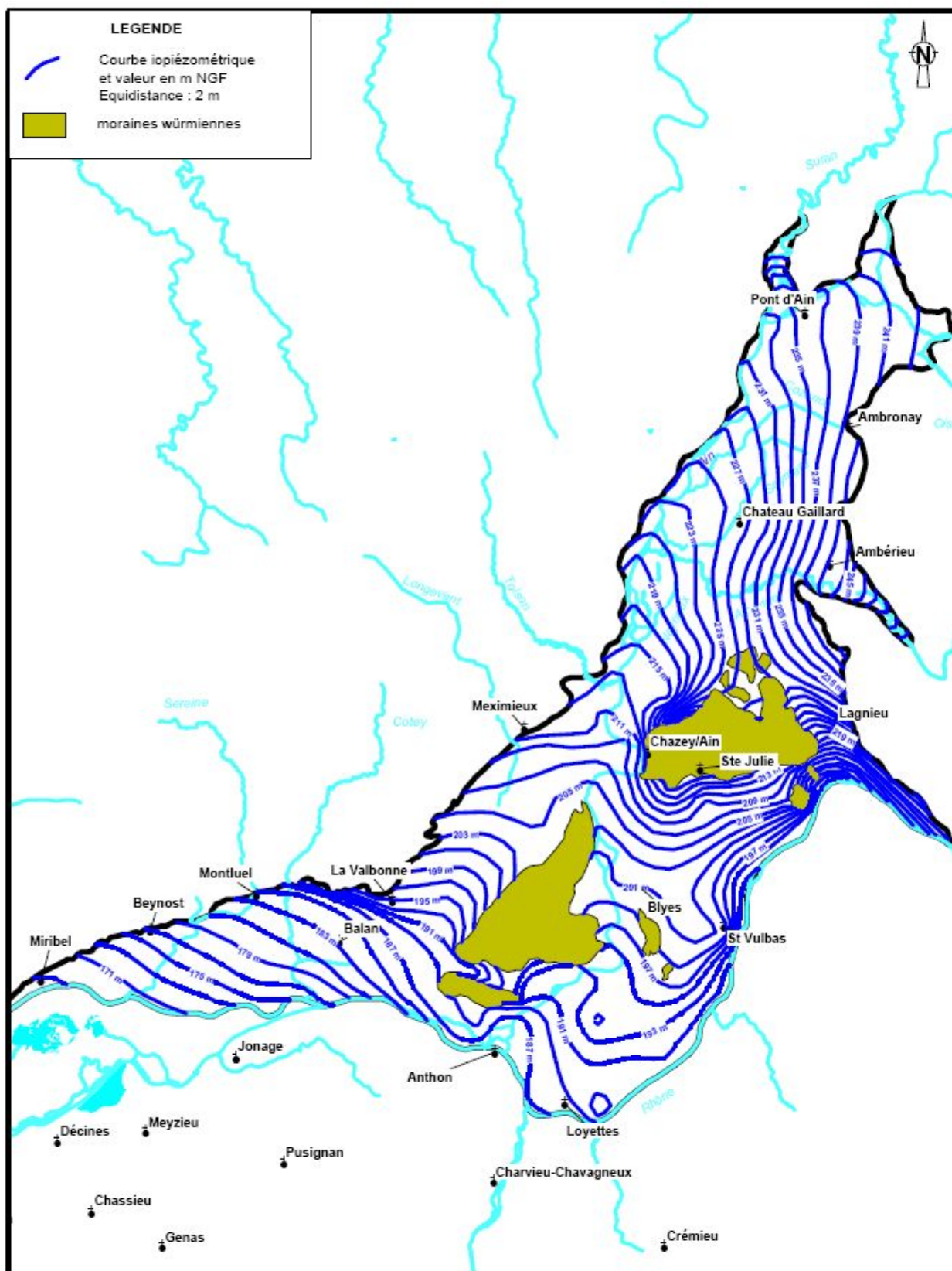


Figure N° 3. ETAT PIEZOMETRIQUE DE REFERENCE HAUTES EAUX MODEREES DE MAI 2005 (SOURCE : BURGEAP).

Cette carte piézométrique est caractéristique d'une période de hautes eaux modérées. Son interprétation permet de mettre en exergue trois zones d'écoulement principales

La première est située dans la partie Nord de la plaine, où l'écoulement général des eaux de la nappe alluviale se produit de l'Est vers l'Ouest depuis la bordure Est des reliefs Jurassiques jusqu'à l'Ain. A l'approche du cours d'eau, les écoulements prennent une direction d'écoulement Nord-Sud marquant ainsi le drainage de la nappe par la rivière.

Au Sud d'une ligne allant de Villieu-Loyes-Mollon à Lagnieu, une seconde zone d'écoulement peut être identifiée. Elle est subdivisée en deux couloirs fluvio-glaciaires séparés par les deux collines morainiques de Sainte-Julie et de Blyes, relativement imperméables. Ces buttes perturbent les écoulements qui contournent ces reliefs et se divisent en deux couloirs :

- Le couloir de Blyes-Loyettes à l'Est des buttes, dont le sens d'écoulement Nord/Sud au centre devient Nord-Ouest/Sud-Est en limite Est sous l'influence du drainage du Rhône ; puis Nord-Est/Sud-Ouest à l'approche de Loyettes et Anthon.
- Le couloir de la Valbonne au sein duquel les écoulements suivent une direction Nord-Est/Sud-Ouest alimentée par la bordure du plateau de la Dombes et les ruissellements sur les collines morainiques.

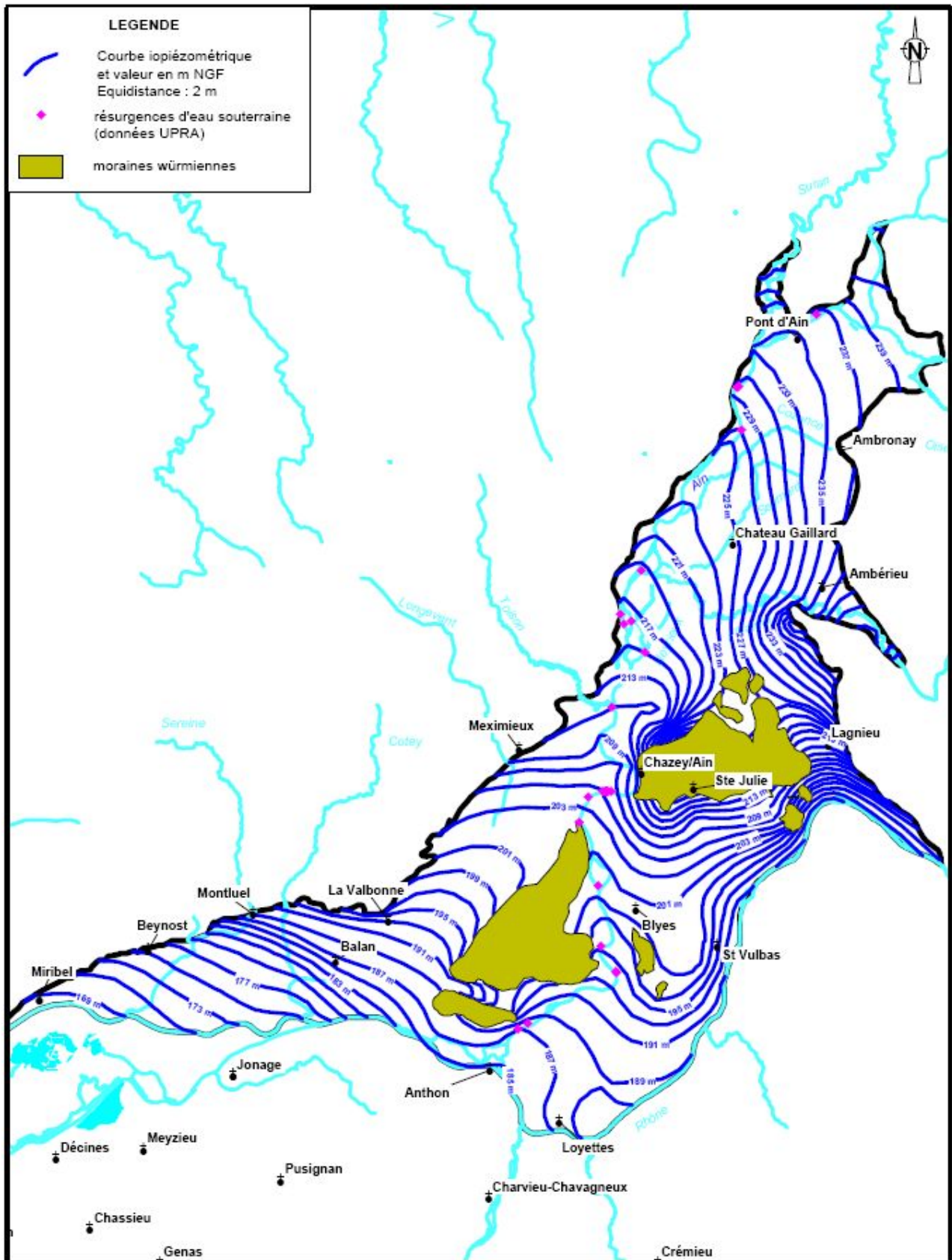
Enfin, la troisième zone correspond au bec Sud-Ouest de la plaine, de Balan à Miribel. Les écoulements suivent une direction Nord-Est/Sud-Ouest alimentés par la côtère de la Dombes au Nord et drainés au Sud par le Rhône.

Cette carte piézométrique de hautes eaux modérées permet de montrer les tendances générales à grande échelle. Cependant, en raison de son nombre de points d'accès à la nappe relativement limité, l'influence des pompages n'est pas discernable. Cette carte révèle le rôle directeur du réseau hydrographique et notamment de l'Ain et du Rhône dans le drainage et le sens d'écoulement des eaux souterraines.

1.1.6.2. CARTE PIEZOMETRIQUE DE BASSES EAUX (AOUT 2005)

Une campagne piézométrique a eu lieu fin juillet-début aout 2005 en parallèle d'une campagne de jaugeages des cours d'eau. Cette campagne a été réalisée par BURGEAP. Les mesures ont été réalisées sur la base du réseau piézométrique établi lors de la campagne d'avril-mai 2005. Sur les 95 points alors utilisés, seuls 80 ont pu fournir une mesure piézométrique, les autres points n'ont pas été mesurés ou étaient inaccessibles (mises en place de pompes dans les puits agricoles).

Cette piézométrie est caractéristique d'une période d'étiage.



Cette carte permet de montrer les trois mêmes zones d'écoulements que pour l'état piézométrique de Hautes Eaux. Les sens d'écoulement au sein de ces zones suivent les mêmes tendances générales.

Cependant, plusieurs différences ont pu être observées par BURGEAP :

- Ainsi, l'alimentation de la zone Nord-Est par les apports des calcaires jurassiques est réduite, engendrant une baisse des hauteurs d'eau pouvant atteindre 2m localement.
- En raison de la réduction des apports aux limites, le niveau piézométrique subit également une baisse en aval de l'Albarine.
- Les niveaux d'eau se maintiennent quasiment au Nord de la confluence avec le Toison et dans le couloir à l'Est de la colline morainique de Sainte Julie.

Cette piézométrie de Basses Eaux révèle également le rôle directeur du réseau hydrographique et notamment de l'Ain et du Rhône dans le drainage et le sens d'écoulement des eaux souterraines.

A l'instar de la carte piézométrique de Hautes Eaux modérées, cette piézométrie ne permet pas de distinguer les cônes de rabattement liés aux pompages. La mise à jour du modèle hydrodynamique de la nappe alluviale de la plaine de l'Ain, réalisée dans le cadre de cette étude, devrait cependant permettre de bien identifier et quantifier l'influence de ces prélèvements en nappe.

1.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Comme cela a été présenté en Phase 1, cinq stations hydrométriques sont en fonctionnement sur le territoire d'étude. De même, un certain nombre de jaugeages ont été effectués entre 1968 et 2011, qui nous permettent de mieux appréhender le fonctionnement du bassin et serviront de base à la modélisation hydrologique et hydrogéologique exposée plus loin.

1.2.1. DONNEES HYDROMETRIQUES UTILISEES

1.2.1.1. STATIONS DREAL

Les données produites par les stations de Pont d'Ain et Chazey/Ain sont gérées par la DREAL (ex-DIREN) ; les débits sont critiqués et leur fiabilité est caractérisée (« validés » ou « validés douteux » ou encore « invalidés »).

Il s'agit de débits « naturels » entre 1959 et 1967 puis influencés à partir de 1968. La DREAL dispose toutefois des débits mensuels naturels reconstitués depuis 1969 jusqu'en 2002 à Chazey et de 1970 à 1984 à Pont d'Ain.

La CNR, possède une station de mesure du débit de la rivière d'Ain à Port Galland dans le cadre de l'annonce des crues du Rhône amont, mais ces données ne sont pas publiques. Une demande d'information sur la précision des valeurs mesurées en étiage (32% d'erreur pour 20m³/s) confirme que la station n'est pas correctement tarée pour les bas débits (usage dans le cadre de l'annonce de crue du bassin du Rhône amont).

1.2.1.2. STATIONS EDF

EDF nous a fourni, dans le cadre d'une convention tripartite, les débits disponibles aux stations de Cize-Bolozon et Allement.

Les débits de la station de Cize-Bolozon sont des débits « naturels » sur la période 1923-1967 et naturels reconstitués sur la période 1968-2010. La méthode de reconstitution employée par EDF sur la période 1998-2010 intègre, en outre, un lissage à l'aide d'un témoin naturel permettant de s'affranchir des débits négatifs ou « bruités ».

S'agissant de la prise en compte de l'influence des retenues aval on peut dire que seules les variations de réserves de Vouglans sont prises en compte physiquement dans le calcul de désinfluencement : Débit Bolozon bruité = Débit Bolozon réel + Variation réserve Vouglans. Le

travail de lissage entrepris sur les données issues du calcul revient indirectement à prendre en compte l'influence des petites variations des réserves situées entre Vouglans et Bolozon. Au final, les résultats de la période 1998-2010 intègrent donc bien l'influence de toutes les retenues intermédiaires.

La station d'Allement mesure les débits réels à la sortie de la chaîne hydroélectrique, elle intègre un bassin versant légèrement inférieur à celui de Pont D'Ain.

Par ailleurs, les débits mesurés aux stations ont été comparés aux mesures de jaugeages disponibles. Il apparaît que les valeurs sont cohérentes et entrent dans les marges d'incertitudes classiquement considérées, à savoir 10 %.

STATIONS HYDROMETRIQUES RETENUES POUR L'ETUDE DES DEBITS CARACTERISTIQUES DE LA RIVIERE D'AIN

Code Banque Hydro	Gestionnaire	Station	Surface BV (km ²)	Période disponible
3170	EDF	Cize-Bolozon	2560	[1923-2010]
3193	EDF	Allement	2700	[1995-2009]
V2712010	DREAL	Pont d'Ain	2760	1959-2011
V2942010	DREAL	Chazey	3630	1959-2011

1.2.1.3. DONNEES DE JAUAGES

Comme cela a été évoqué en Phase 1, nous disposons des données issues des services de la DREAL, de BURGEAP ainsi que de la tranche conditionnelle N°2 de l'étude « Volume Prélevable ».

Les différentes campagnes de jaugeages différentiels réalisées sur la basse rivière d'Ain et ses affluents ainsi que la prise en compte des problèmes d'incertitude de mesure, ont permis d'établir les bilans sectoriels suivants :

- **Entre le barrage d'Allement et Pont d'Ain : apports karstiques significatifs hors période d'étiage sévère(bibliographie) ;**
- **Entre Pont D'Ain et Mollon : apports significatifs de la nappe alluviale et des affluents phréatiques ;**
- **Entre Mollon et Charnoz : pertes par infiltration ;**
- **Entre Charnoz et la confluence avec le Rhône : apports significatifs de la nappe alluviale.**

Ces résultats de nature plutôt qualitative seront à intégrer aux analyses hydrogéologiques et hydrologiques tout au long de la réflexion sur l'estimation des ressources naturelles et influencées du système alluvial de la Plaine de l'Ain.

1.3. DEBITS CARACTERISTIQUES AUX STATIONS HYDROMETRIQUES EN REGIME INFLUENCE PAR LES AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES

Les chroniques moyennes des débits aux deux stations hydrométriques de la Basse Vallée ont été présentées en Phase 1, de même que certains débits caractéristiques de la rivière d'Ain et de ces affluents.

Dans le paragraphe qui suit, les valeurs caractéristiques des débits d'étiage ont été recalculées sur la base des chroniques représentatives de périodes homogènes ou permettant d'effectuer des tests de cohérence.

Les valeurs de QMNA5 VCN10_5 et VCN3_5 ont été estimées d'après l'ajustement d'une loi log-normale (ou loi de Galton) sur la distribution des débits minimums mensuels ou des débits minimum sur 3 et 10 jours consécutifs. Une telle loi est en effet appropriée pour l'étude des débits de basses eaux ; cette loi est d'ailleurs utilisée par les services de la DREAL pour l'estimation des débits d'étiage. Les valeurs obtenues sont présentées dans les tableaux ci-dessous. L'intervalle de confiance à 95 % a été calculé, d'après la loi log-normale, pour les estimations de QMNA5 et de VCN3_5. Il est donné entre crochets dans les tableaux ci-dessous. Le débit spécifique correspondant (l/s/km²) figure en **rouge** dans les tableaux.

DEBITS CARACTERISTIQUES COMPARES DE LA RIVIERE D'AIN SUR LA PERIODE COMMUNE 1995-2009 AUX STATIONS HYDROMETRIQUES RETENUES (ENTRE CROCHETS, L'INTERVALLE DE CFIANCE A 95 %)

Période	Station	Surf BV (km ²)	Module (m ³ /s)	QMNA2 (m ³ /s)	QMNA5 (m ³ /s)	VCN10-5 (m ³ /s)	VCN3-5 (m ³ /s)
1995-2009	Allement	2700	92 (34)	24,3 [21,2-27,9] 9	16,9 [13,5-21] 6.3	12,8 [11,3-14,5] 4.7	12,1 [11-13,3] 4.5
1995-2009	Pont d'Ain	2760	99,4 (36)	25 [21,4-29,1] 9	16,6 [13-21,2] 6	11,8 [10,1-13,7] 4.3	11,1 [9,9-12,5] 4
1995-2009	Chazey/Ain	3630	115,9 (32)	28,2 [24,2-32,9] 7.8	18,9 [14,6-21,1] 5.2	14,4 [12,2-16,9] 4	13,2 [11,5-15,8] 3.6

DEBITS CARACTERISTIQUES SUR LA PERIODE MAXIMUM DISPONIBLE 1959-2011 AUX STATIONS HYDROMETRIQUES DREAL (ENTRE CROCHETS, L'INTERVALLE DE CFIANCE A 95 %)

Période	Station	Surf BV (km ²)	Module (m ³ /s)	QMNA2 (m ³ /s)	QMNA5 (m ³ /s)	VCN10-5 (m ³ /s)	VCN3-5 (m ³ /s)
1959-2009	Pont d'Ain (DREAL)	2760	103 (37)	24 [22-27] 9	16 [14-18] 5.8	10 [9,2-11] 3,6	8,5 [7,7-9,4] 3
1959-2009	Pont d'Ain (Sogreah)	2760	104,6 (38)	24,1 [22,1-26,3] 9	15,8 [13,7-18,2] 5.7	10,3 [9,3-11,4] 3,7	8,9 [8-9,8] 3,2
1959-2009	Chazey/Ain (DREAL)	3630	119 (33)	28 [25-31] 7,7	18 [15-20] 5	13 [12-14] 3,6	11 [10-13] 3
1959-2009	Chazey/Ain (Sogreah)	3630	122,1 (34)	28 [25,7-30,6] 7,7	18,3 [15,9-21,1] 5	12,9 [11,7-14,3] 3,6	11,8 [10,7-12,9] 3,5

1.4. DEBITS CARACTERISTIQUES AUX STATIONS EN DEBIT NON INFLUENCE PAR LES AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES

1.4.1. DEBITS NATURELS RECONSTITUES

Les résultats présentés dans le tableau suivant sont issus d'ajustement à Cize Bolozon réalisés par SOGREAH sur la période lissée jugée plus représentative par EDF (1998-2010) et extrapolés à Pont d'Ain ainsi que ceux fournis par la DREAL à Cize Bolozon (31 ans), Pont d'Ain (1970-2002) et Chazey (1969-2002).

La DREAL a reconstitué les débits naturels à Chazey et Pont d'Ain au pas de temps mensuel ce qui explique l'absence de valeurs seuil de dépassement sur trois et dix jours consécutifs de fréquence quinquennale. Le débit spécifique correspondant (l/s/km²) figure en **rouge** dans les tableaux.

DEBITS CARACTERISTIQUES NATURELS RECONSTITUES AUX STATIONS HYDROMETRIQUES RETENUES (ENTRE CROCHETS, L'INTERVALLE DE CONFIANCE A 95 %) EN ROUGE DEBIT SPECIFIQUE EN L/S/KM²

Période	Station	Surf BV (km ²)	Module (m ³ /s)	QMNA2 (m ³ /s)	QMNA5 (m ³ /s)	VCN10-5 (m ³ /s)	VCN3-5 (m ³ /s)
1998-2010	Cize-Bolozon (Sogreah)	2560	89,6 (35)	13,1 [10,7-16,1] 5.1	8,9 [6,4-12,3] 3.5	5,3 [3,9-7,1] 2	4,8 [3,6-6,3] 1.9
1970-2002	Cize-Bolozon (DREAL)	2560	93,7 (37)	17 [14-20,7] 6.6	10 [7.8-12,3] 3.9	-	-
1970-2002	Pont d'Ain (DREAL)	2760	107 (39)	18 6.5	10,8 4.2	-	-
1998-2010	Pont d'Ain (Sogreah)	2760	96,6 (35)	14,1 5.1	9,6 3.5	-	5,2 1.9
1969-2002	Chazey (DREAL)	3630	126 (35)	20,6 5.7	13 3.6	-	-
1998-2010	Chazey (Sogreah)	3630	128,1(35)	18,7 5.1	12,7 3.5	-	6.8 1.9

1.4.2. DEBITS NATURELS AVANT MISE EN SERVICE DE VOUGLANS

On peut utiliser les données de stations de Pont D'Ain et Chazey sur la période 1959-1967 ainsi que celles de Cize Bolozon sur la période 1923-1967.

DEBITS CARACTERISTIQUES NATURELS (AVANT MISE EN SERVICE DE VOUGLANS AUX STATIONS HYDROMETRIQUES RETENUES (ENTRE CROCHETS, L'INTERVALLE DE CONFIANCE A 95 %) EN ROUGE DEBIT SPECIFIQUE EN L/S/KM²

Période	Station	Surf BV (km ²)	Module (m ³ /s)	QMNA2 (m ³ /s)	QMNA5 (m ³ /s)	VCN10-5 (m ³ /s)	VCN3-5 (m ³ /s)
1923-1968	Cize Bolozon	2560	92 (36)	18,3 [16,3-20,5] 7.1	10,8 [8,9-13] 4.2	6,8 [5,9-7,8] 2.7	5,8 [5-6,7] 2.2
1959-1968	Pont d'Ain	2760	105,9 (38)	17,7 6.4	10 3.6	6,8 2.5	5,9 2.1
1959-1968	Chazey/Ain	3630	120.2 (33)	21,2 5.8	12 3.3	8,9 2.5	8,1 2.2

1.5. ANALYSE

1.5.1. DEBITS INFLUENCES

Ces résultats différents restent globalement dans une fourchette de dispersion comprise entre 5 et 10% ce qui est du même ordre de grandeur que l'incertitude de la mesure brute. Leur qualité est comparable avec une compensation de la plus faible durée de la série d'Allement par une plus grande stabilité de la courbe de tarage aux faibles débits.

Sur la période de comparaison (1995-2009), les valeurs de débit de référence d'étiage sensiblement identiques entre Allement et Pont d'Ain sont cohérentes, aux erreurs de mesure près, pour des stations qui couvrent des superficies de bassin versant très proches (2,5% d'écart).

La station de Chazey présente en revanche une croissance des débits inférieure au bassin versant supplémentaire qu'elle contrôle. Les débits spécifiques d'apport en étiage sont systématiquement inférieurs à ceux des deux stations amont en raison des pertes de l'Albarine et du Suran non compensées par des apports de nappe.

1.5.2. DEBITS NATURELS

Les valeurs de débits naturels reconstitués sont globalement cohérentes entre les stations de Cize-Bolozon, Pont d'Ain et Chazey en tenant compte de la différence de méthode, du choix de la période prise en compte et de l'incertitude de mesure.

En comparant les résultats de la DREAL entre Cize-Bolozon et Pont d'Ain, on constate une croissance des apports spécifiques moyens (module) alors que la tendance est inverse en période d'étiage (QMNA5).

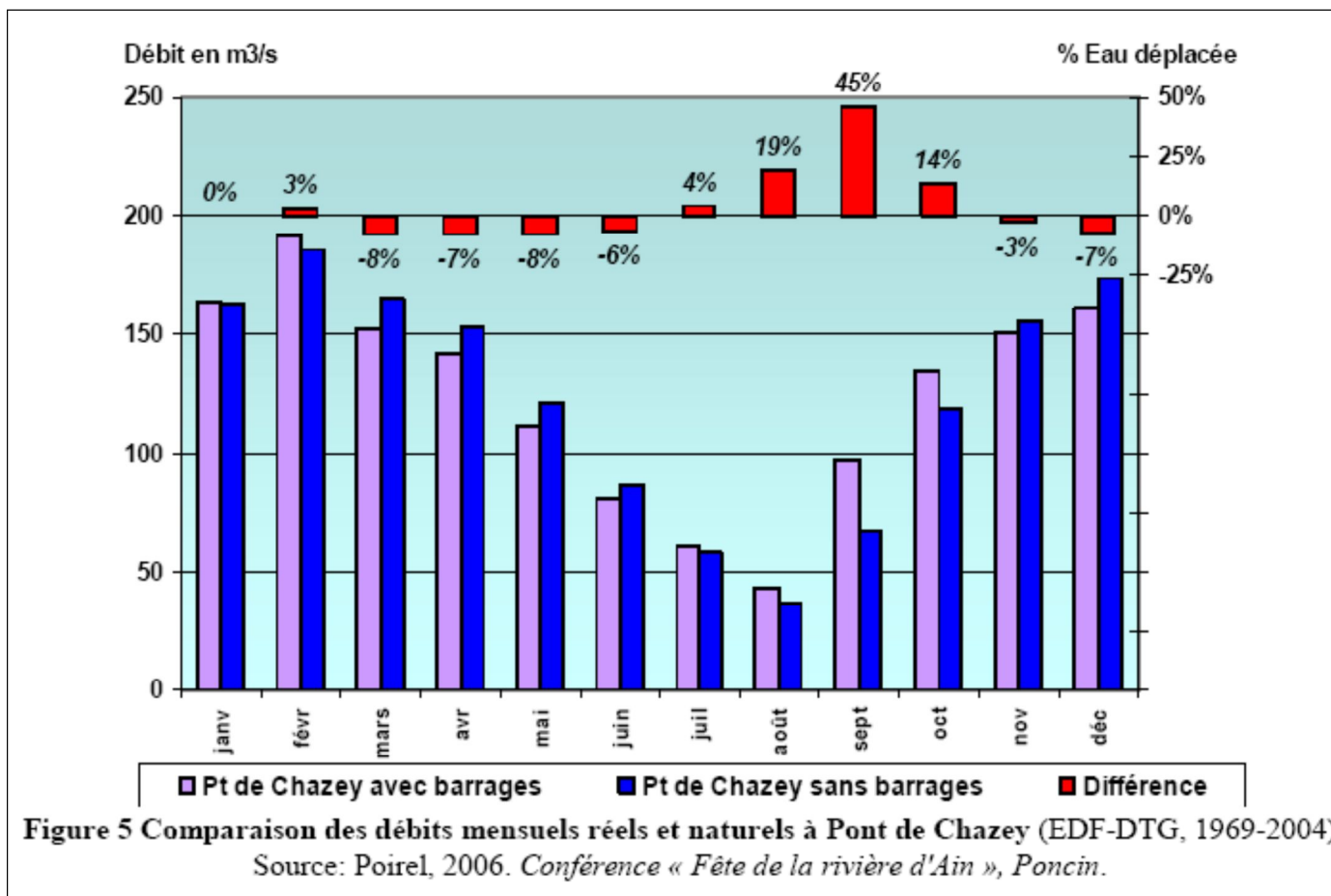
Entre Pont d'Ain et Chazey, les données de la DREAL traduisent plutôt une baisse systématique des apports spécifiques d'étiage.

Les différences sont également notables à Cize-Bolozon lorsque l'on compare la période de débit naturel non influencé avant mise en service de Vouglans avec la période postérieure desinfluencée. L'écart sur les valeurs de débit caractéristique est compris entre 10 et 20% en faveur de la série la plus longue (années 1923-1967).

Comme dans le cas des débits influencés, les résultats sont compris dans une fourchette de dispersion allant de 5 à 10% ce qui est du même ordre de grandeur que l'incertitude de mesure.

1.5.3. VOLUMES DEPLACES

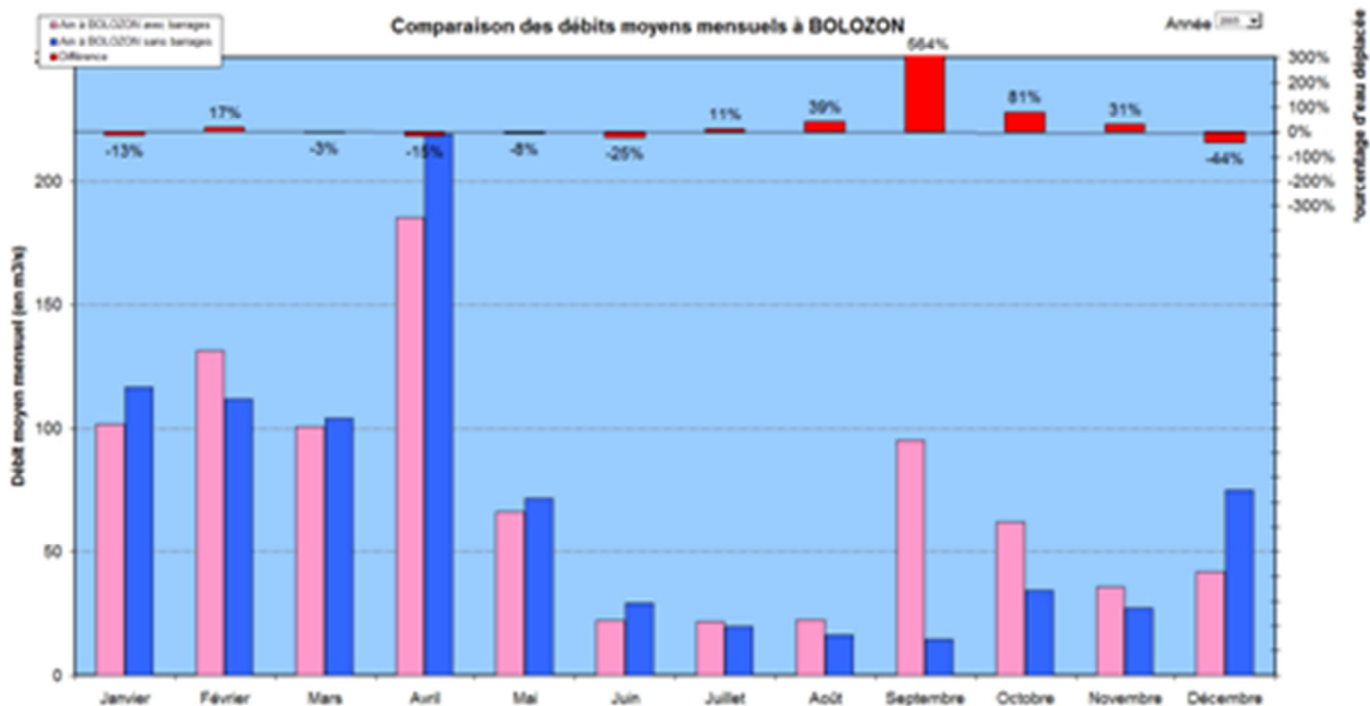
Les différents diagrammes établis par EDF pour des années représentant des contextes hydrologiques secs humides ou exceptionnels permettent de se faire une idée des volumes déplacés moyens, minimum et maximum au pas de temps mensuel.



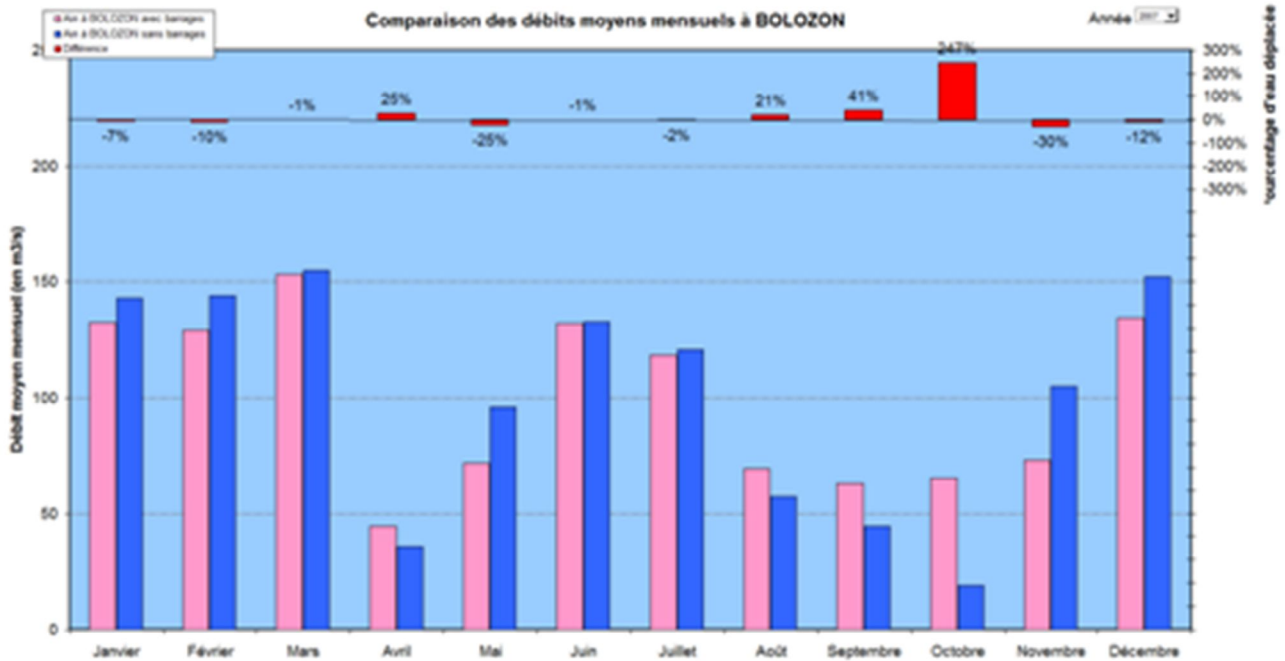
VOLUMES DEPLACES MOYENS SUR 35 ANNEES A CHAZEY/AIN

On constate, à la lecture de ces diagrammes que le soutien d'étiage n'est pas systématique y compris pour des années réputées sèches comme 2003 (juin juillet) ou 2005 (juillet août). Ce résultat s'explique en grande partie par le choix du pas de temps mensuel. En fait le stockage d'une pluie estivale d'une durée de 2 à 3 jours peut masquer un soutien du débit d'étiage (débit réservé supérieur aux apports naturels) sur le reste de la période (déplacements de volumes à l'échelle journalière ou hebdomadaire)..

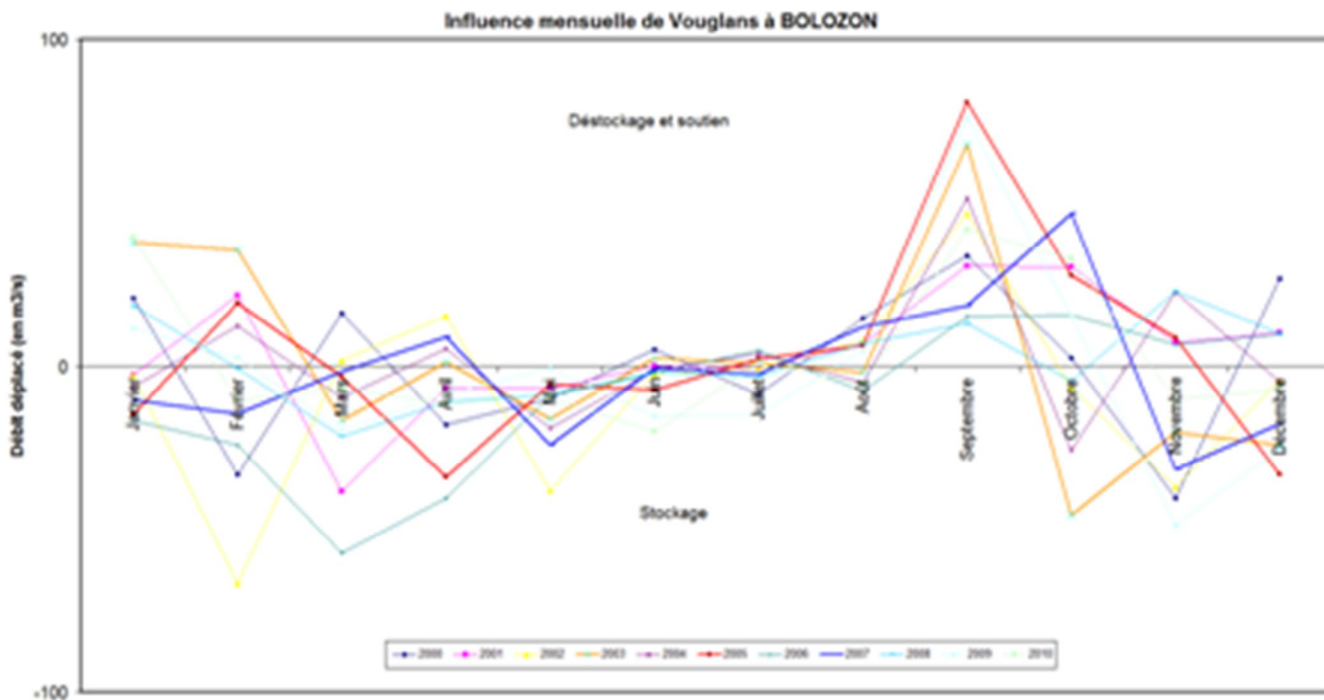
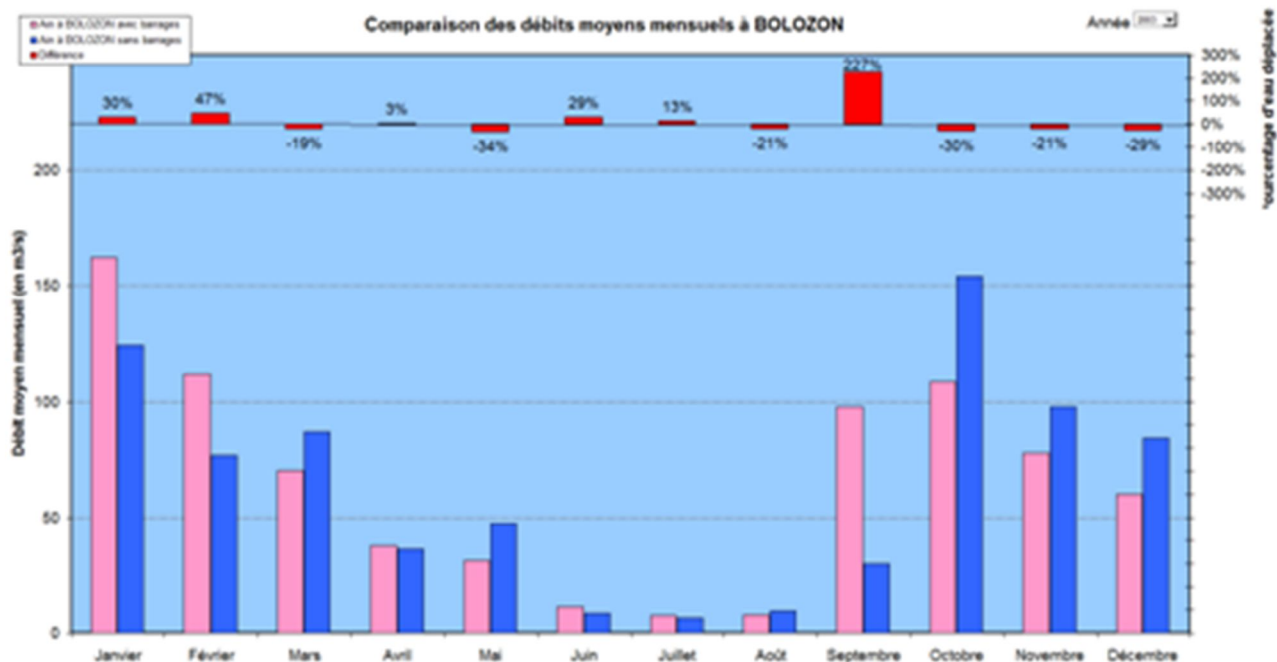
Année à été sec (2005)



Année à été humide (2007)



2003



1.6. DEBITS MENSUELS NATURELS RECONSTITUES

Ce sont les débits calculés par la DIREN entre 1959 et 2002 à :

1) Cize-Bolozon (1970-2002)

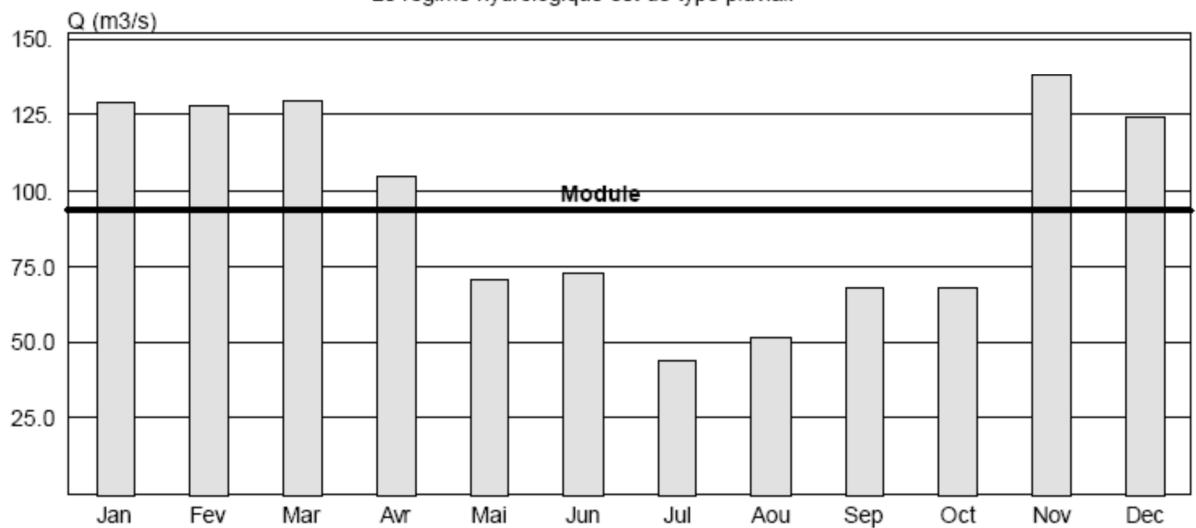
Écoulements moyens

Module calculé sur 31 ans : 93.7 m³/s (36.6 l/s/km²)

Débits moyens mensuels

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
m ³ /s	129.	128.	130.	105.	70.3	72.5	43.8	51.2	68.2	68.2	138.	124.
l/s/km ²	50.4	50.0	50.8	41.0	27.5	28.3	17.1	20.0	26.6	26.6	53.9	48.4

Le régime hydrologique est de type pluvial.



2) Pont d'Ain (1960-2002)

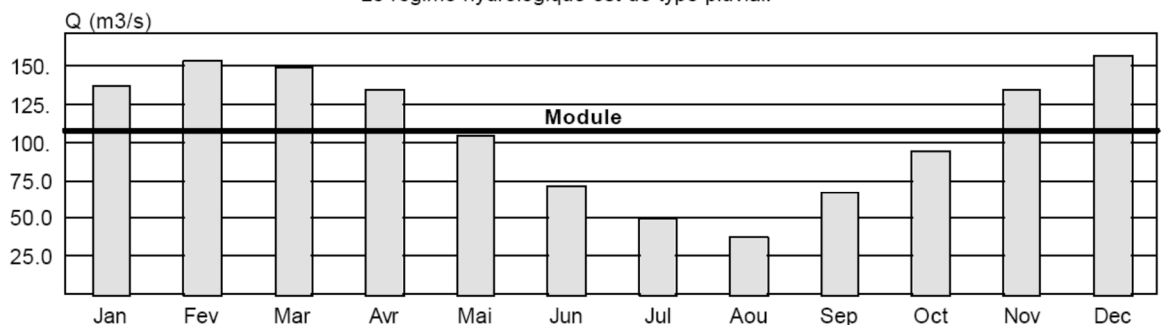
Écoulements moyens

Module calculé sur 41 ans : 107. m³/s (38.8 l/s/km²)

Débits moyens mensuels

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
m ³ /s	137.	153.	149.	134.	104.	71.0	49.6	37.8	66.9	94.2	134.	156.
l/s/km ²	49.6	55.4	54.0	48.6	37.7	25.7	18.0	13.7	24.2	34.1	48.6	56.5

Le régime hydrologique est de type pluvial.



3) Chazey/Ain

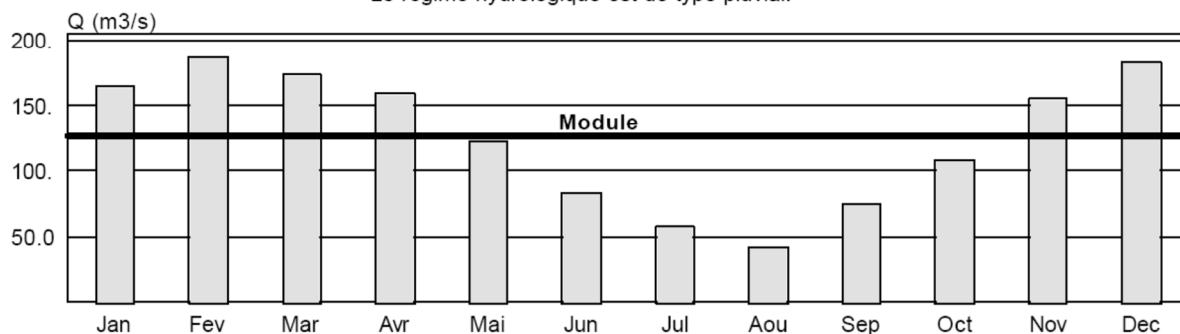
Ecoulements moyens

Module calculé sur 39 ans : 126. m³/s (34.7 l/s/km²)

Débits moyens mensuels

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
m ³ /s	164.	186.	174.	159.	123.	83.9	57.8	41.9	74.2	108.	155.	182.
l/s/km ²	45.2	51.2	47.9	43.8	33.9	23.1	15.9	11.5	20.4	29.8	42.7	50.1

Le régime hydrologique est de type pluvial.



1.7. CONCLUSION

L'analyse des données hydrologiques fournies par les stations existantes aboutit à un certain nombre de résultats exploitables en vue de définir la ressource en eau disponible dans la rivière d'Ain hors prélèvement dans la nappe alluviale. Compte tenu de la qualité et de la quantité des données disponibles et en considérant que pour une étude des impacts de prélèvements en nappe, le VCN10 est plus pertinent sur la rivière d'Ain que le VCN3, nous présentons deux types de débit caractéristiques.

1.7.1. APPORTS NATURELS

Les valeurs caractéristiques d'étiage proposées sont les suivantes (en rouge les débits spécifiques en l/s/km²) :

Station	MODULE (m ³ /s)	QMNA5 (m ³ /s)	VCN10-5 (m ³ /s)
Cize-Bolozon	92 36	9,5 3.7	6 2,3
Pont d'Ain	107 39	10,2 3.7	6,5 2,3
Chazey/Ain	126 34,7	12 3,3	8 2,2

Ces valeurs respectent la répartition spatiale des apports spécifiques tout en restant dans l'intervalle de confiance (+/- 10%) des données de base. On note une faible (5-10%) diminution de l'apport spécifique d'étiage entre Pont d'Ain et Chazey.

1.7.2. DEBITS INFLUENCES

Les valeurs caractéristiques d'étiage proposées sont les suivantes (en rouge les débits spécifiques en l/s/km²) :

Station	MODULE (m ³ /s)	QMNA5 (m ³ /s)	VCN10-5 (m ³ /s)
Allement	92 34	16,9 6.3	12,8 4.7
Pont d'Ain	104 37,5	16,6 6	10,5 3.8
Chazey/Ain	121 33,5	18 5	13 3.6

On peut constater que la gestion des retenues hydroélectriques impacte positivement les valeurs des débits de référence d'étiage. Ce résultat est en grande partie lié au déstockage du mois d'août à Vouglans (sur-débit de 8m³/s en moyenne cumulant le débit réservé, les éclusées et les lâchés de secours) qui se trouve être également, la période la plus sèche de l'année en moyenne (le débit moyen du mois d'août est celui qui se trouve le plus souvent pris en compte dans les ajustements des minima mensuels en période estivale). On note également une diminution de l'apport spécifique d'étiage entre Pont d'Ain et Chazey.

1.8. PRELEVEMENTS ET RESTITUTIONS EN EAU SUR LE BASSIN

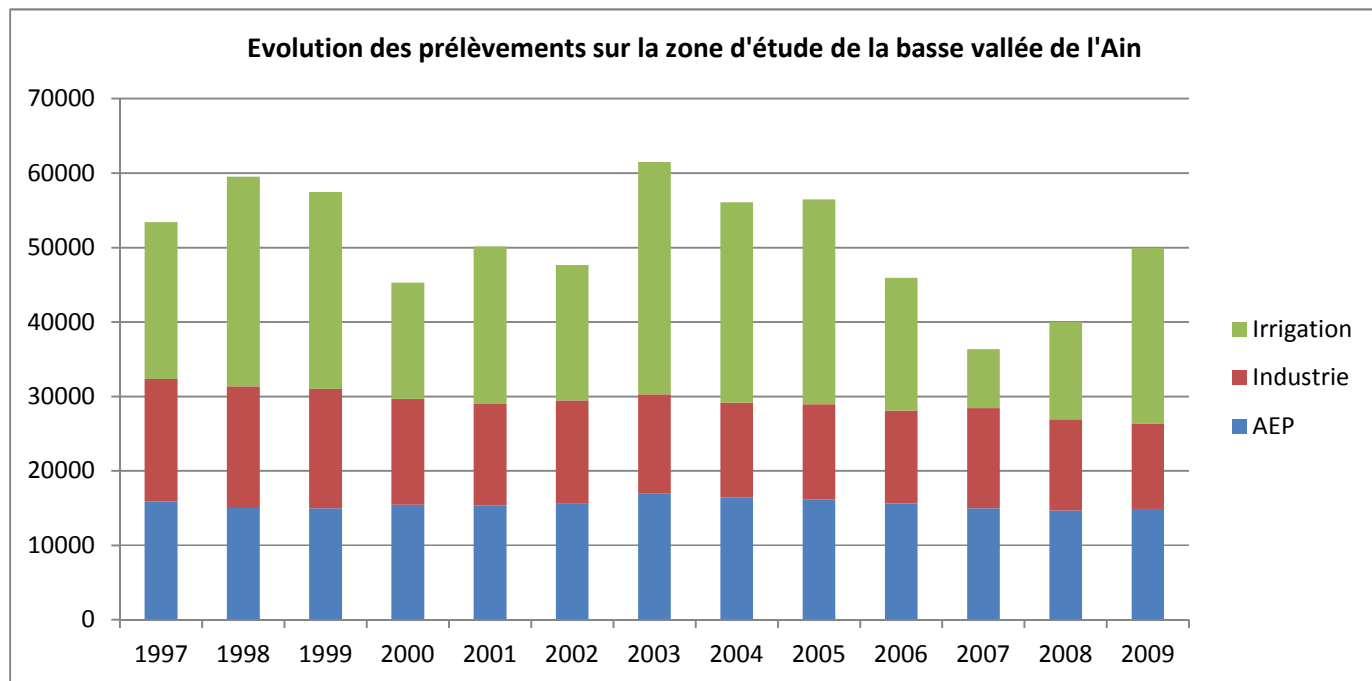
Sur la base des données recueillies dans le cadre de l'étude, le bilan des prélèvements et restitutions en eaux a été effectué en Phase 2 pour les ressources en eaux superficielles et souterraines.

Les volumes ainsi prélevés/restitués ont été estimés sur la période 1997-2009. Durant cette phase, la répartition intra-annuelle des prélèvements/restitutions a également été estimée pour les différents usages. Ces résultats vont être intégrés aux modélisations présentées ci-après afin d'étudier l'impact des prélèvements et des restitutions sur la ressource en eau sur le territoire.

VOLUMES PRELEVES ET RESTITUES SUR LA PERIODE COMMUNE 1997-2009 POUR LES DIFFERENTS USAGES DE L'EAU

Usage	Milieu	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
AEP	SOU	15878	15009	15001	15440	15392	15660	16983	16440	16162	15632	14996	14666	14895
Industrie	SOU	16322	16212	15900	14130	13538	13752	13249	12738	12784	12458	13451	12238	11434
Industrie	SUP	143	136	123	103	80	71	79	0	12	12	13	23	30
Irrigation	SOU	20711	27619	25883	15436	20763	17858	30750	26472	27083	17509	7785	12868	23247
Irrigation	SUP	384	538	537	186	403	327	490	445	444	351	130	223	375
Total Prélèvements		53437	59514	57443	45295	50175	47667	61551	56095	56485	45962	36374	40018	49981
Restit Industrie	SOU	-2309	-2211	-2348	-2395	-2116	-1636	-1802	-1478	-1645	-1250	-2081	-1760	-1421
Restit Industrie	SUP	-440	-405	-278	-351	-282	-245	-41	-222	-362	-306	-291	-288	-422
Restit STEP	SOU	-1366	-1366	-1366	-1366	-1366	-1366	-1366	-1366	-1366	-1366	-1366	-1366	-1366
Restit STEP	SUP	-1988	-1988	-1988	-1988	-1988	-1988	-1988	-1988	-1988	-1988	-1988	-1988	-1988
Total Rejets (hors restitutions diffuses)		-6103	-5970	-5980	-6100	-5752	-5235	-5197	-5054	-5361	-4909	-5727	-5402	-5197

VOLUMES PRELEVES CUMULES SUR LA PERIODE COMMUNE 1997-2009



2. MODELISATION HYDROGEOLOGIQUE

Afin de répondre au mieux aux attentes de l'étude, nous avons utilisé un modèle hydrogéologique pour reconstituer la piézométrie non influencée de la nappe alluviale de la plaine de l'Ain et évaluer le soutien de cette nappe au débit de la rivière. Nous présentons ci-après le résultat de ces modélisations. Les calages et résultats sont présentés dans le paragraphe suivant.

2.1. HISTORIQUE DE LA MODELISATION HYDROGEOLOGIQUE SUR LA ZONE D'ETUDE

Au niveau de la nappe alluviale de la plaine de l'Ain, deux modèles hydrogéologiques ont déjà modélisé la nappe alluviale. Un modèle réalisé en 2005 par BURGEAP sur le logiciel Visual Modflow et un modèle réalisé en 2007 par le BRGM à l'aide du logiciel MARTHE (logiciel privé BRGM). Le modèle du BRGM a repris les hypothèses (géométrie, flux, puits...) de celui de BURGEAP et les a retravaillé afin de parvenir à un meilleur résultat (au regard de l'objectif de son étude, à savoir, la caractérisation de l'inertie des systèmes aquifères vis-à-vis des apports diffus d'origine agricole).

Ainsi, pour l'étude des Volumes Prélevables de la Basse Vallée de l'Ain, il a été décidé de récupérer le modèle Modflow de BURGEAP, d'y inclure les avancées du BRGM et de simuler alors, avec l'aide complémentaire d'un outil spécifique aux échanges nappe – rivière, la nappe alluviale de l'Ain.

2.2. MODELES UTILISES PAR SOGREAH POUR L'ETUDE DE VOLUMES PRELEVABLES

Les données intégrées au modèle hydrogéologique de SOGREAH pour cette étude sont de différentes provenances :

- Le modèle BURGEAP. Modèle transitoire simulé d'octobre 2002 à juin 2005 ;
- Le modèle BRGM. Modèle transitoire de janvier 1999 à décembre 2007 ;
- Les données SOGREAH, comme par exemple l'actualisation des prélèvements en nappe.

A partir de ces sources, le travail de SOGREAH a consisté à mettre à disposition du Syndicat un modèle hydrogéologique sous Visual-MODFLOW en croisant les données les plus cohérentes vis-à-vis de la réalité et en améliorant le comportement hydrodynamique du modèle.

Pour cela, l'origine des données finalement intégrées dans le modèle SOGREAH pour l'amélioration du calage est synthétisée dans le Tableau N° 2.

Lors de la phase de calage, la démarche adoptée a consisté à une reprise du calage en régime transitoire. Le régime permanent, indispensable au démarrage de la simulation, est issu du modèle calé de BURGEAP.

	BURGEAP	BRGM	SOGREAH
Géométrie	X		X
Flux latéraux	X	X	X
Recharge		X	
Prélèvements			X
Rivières	X		X
Perméabilité		X	X
Coefficient d'emmagasinement		X	X
Piézométrie initiale	X		X

Tableau N° 2. PROVENANCE DES DONNEES DE CHAQUE COMPOSANTE DU MODELE UTILISE DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE

2.2.1. LOGICIEL UTILISE

Le logiciel Visual MODFLOW permet de modéliser les écoulements souterrains en trois dimensions, en régime permanent ou transitoire. Pour cela, il intègre par différences finies les équations d'hydraulique souterraine grâce aux algorithmes MODFLOW de l'United States Geological Survey (USGS). Ces algorithmes sont mondialement reconnus comme étant stables et robustes.

Visual MODFLOW permet de représenter des systèmes hydrogéologiques complexes à partir d'une interface graphique qui facilite l'intégration des données, avec notamment la possibilité d'importer des fonds de carte en plusieurs formats, d'interpoler les données par méthodes géostatistiques, etc. Pour l'exportation des résultats, Visual MODFLOW édite des cartes isopièzes de chaque aquifère modélisé ainsi que des bilans détaillés des flux à l'échelle du système hydrogéologique ou locale.

2.2.2. PERIODE DE SIMULATION

Le modèle BURGEAP est un modèle transitoire simulé d'octobre 2002 à juin 2005. SOGREAH a effectué un prolongement de la période de simulation du modèle jusqu'en décembre 2007, date jusqu'à laquelle les données de recharge pluviométrique calculée par le BRGM avec GARDENIA sont disponibles.

De plus certains paramètres d'entrée du modèle (recharge pluviométrique,...) sont maintenant découpés selon un pas de temps décadaire (le pas de temps était mensuel dans le modèle BURGEAP), ce qui correspond à un bon compromis entre les objectifs de l'étude et la facilité d'utilisation du modèle (temps de calcul, ...).

2.3. HYPOTHESES DE MODELISATION CONSIDEREES

2.3.1. MAILLAGE ET EXTENSION DU MODELE

La zone modélisée forme un triangle qui s'étend sur 360 km² environ de Neuville-sur-Ain au Nord jusqu'au Rhône et à Miribel au Sud.

La méthode de résolution numérique des équations d'hydraulique souterraine par différences finies impose de discrétiser la zone d'étude par le biais d'un maillage. Cette discrétisation de l'espace définit la maille élémentaire où tous les paramètres hydrauliques sont homogènes.

Un maillage général de 100m par 100m a été, compte tenu de l'extension de la zone modélisée, de la précision recherchée et des limites du logiciel, localement affiné par BURGEAP dans la zone centrale du modèle (intégrant la rivière Ain) qui présente les enjeux les plus importants et les caractéristiques hydrodynamiques les plus complexes de la zone d'étude. L'affinage des mailles a été porté jusqu'à une taille de 50m par 67m.



Figure N° 5. MAILLAGE DU MODELE

En raison de l'homogénéité verticale des alluvions, un système monocouche a été considéré par BURGEAP pour représenter ces formations alluviales sur le substratum imperméable.

BURGEAP a construit cette unique couche à partir du modèle numérique de terrain qui représente le toit des alluvions d'une part. D'autre part, la géométrie du substratum, déterminée par BURGEAP à partir des données partielles connues par l'intermédiaire de sondages mécaniques ou géophysiques a été reprise en grande partie et modifiée sur certaines zones pour être approfondie, en adéquation avec les observations faites sur des sondages de la Banque de données du Sous-Sol (BSS).

Une remontée du substratum est modélisée par BURGEAP au niveau de Château Gaillard. Ce dôme est, d'après le rapport BURGEAP, basé sur un inventaire des données géologiques et hydrogéologiques de la Basse plaine de l'Ain. Cet inventaire se base sur différentes sources, notamment sur les données d'Horizons. Seulement deux ouvrages ayant fait l'objet d'une reconnaissance géologique sont localisés au droit du dôme. Pour ces deux ouvrages, on observe une alternance de sables argileux, de marnes ou d'argile dès 3 m de profondeur et jusqu'à la fin des sondages (14 et 20 m de profondeur) traduisant ainsi une perméabilité peu élevée.

Cette remontée localisée du substratum entraînant la formation d'un dôme piézométrique situé au-dessus de la topographie sur l'ensemble de la simulation, un travail d'analyse de données et de réajustement des paramètres d'entrées du modèle a été effectué dans cette étude afin d'obtenir un modèle cohérent.

Ainsi, la piézométrie initiale a été modifiée au droit de cette zone (cf. paragraphe 2.3.3). De plus, une recherche d'informations (banque de données du sous-sol, étude RFF,...) a été établie. Des ouvrages BSS (cf. figures suivantes) situés en pied du dôme supposé, montrent notamment une alternance entre sables grossiers, sables fins et argiles sur plusieurs dizaines de mètres.



Figure N° 6. LOCALISATION DES OUVRAGES BSS SITUÉS AU SUD IMMEDIAT DE LA REMONTEE DE SUBSTRATUM SUPPOSE.

SYNDICAT MIXTE DU BASSIN VERSANT DE LA BASSE VALLEE DE L'AIN
ETUDE DE DETERMINATION DES VOLUMES MAXIMUM PRELEVABLES
RAPPORT DE PHASE 3 : QUANTIFICATION DES RESSOURCES EXISTANTES

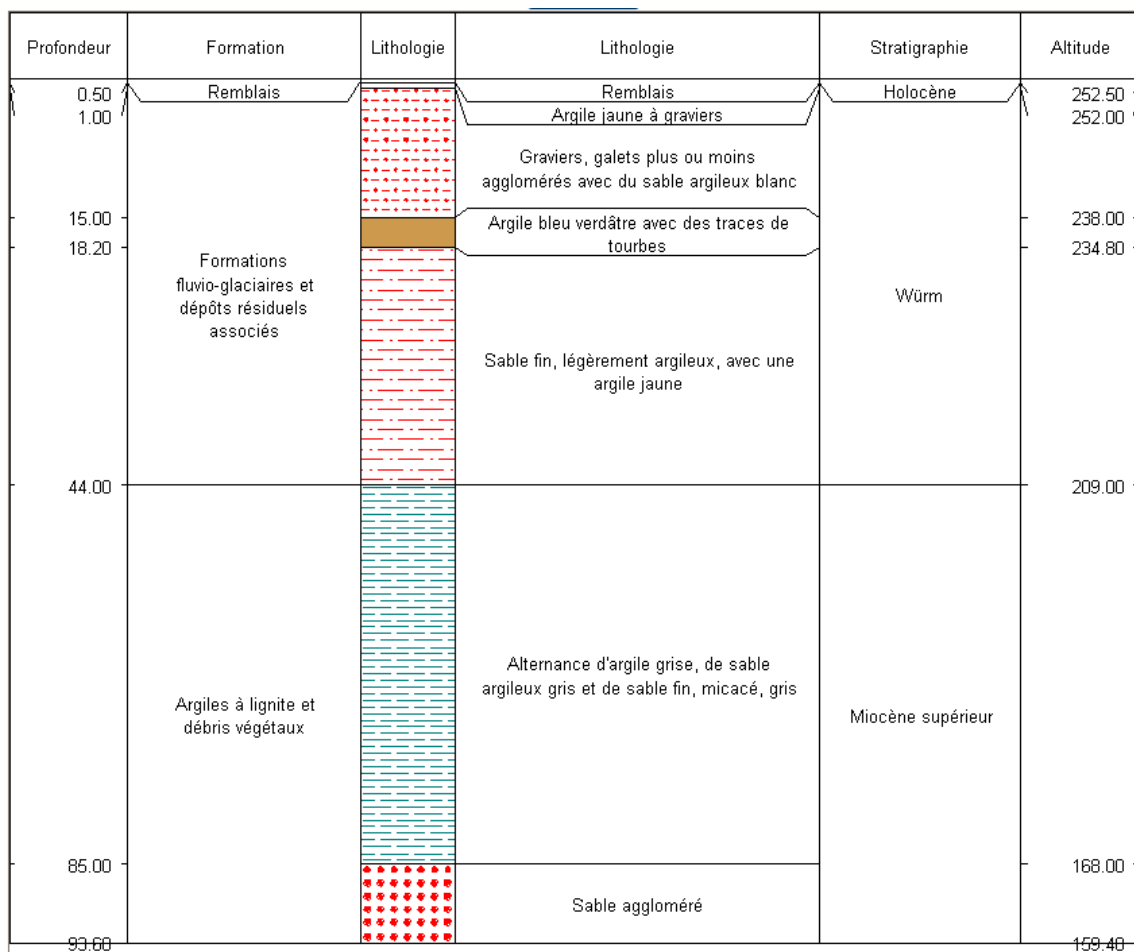


Figure N° 7. COUPE LITHOLOGIQUE DE L'OUVRAGE 06758X0044.

Un aplanissement du substratum à ce niveau a donc été réalisé.

Cependant, pour s'assurer de la géométrie réelle de cette zone de la plaine, SOGREAH recommande la réalisation d'investigations de terrain (par exemple au moyen de sondages géologiques, ainsi que de piézomètres).



Figure N° 8. ESQUISSE CARTOGRAPHIQUE DU SUBSTRATUM IMPERMEABLE INTEGRE DANS LE MODELE HYDRODYNAMIQUE.

L'épaisseur des alluvions est alors comprise entre 3 et 50 m sur l'ensemble de la zone modélisée.

2.3.2. APPORTS PAR LES FLUX LATERAUX

2.3.2.1. PREAMBULE

Initialement, il était prévu d'utiliser les apports latéraux estimés par le BRGM lors de son étude. Ces apports latéraux initialement estimés par BURGEAP ont effectivement été modifiés par le BRGM. Cependant, et bien que l'estimation de ces apports soient difficilement réalisables, plusieurs éléments nous ont incités à revoir cette position :

- Le BRGM n'avait tenu compte d'aucun apport par la côtière des Dombes de Pont d'Ain à Meximieux. Or, l'étude réalisée par Horizons en 1999 tend à montrer un apport non négligeable de la nappe des cailloutis de la Dombes aux formations alluviales de la Plaine de

l'Ain. Cet apport est notamment visible sur la carte piézométrique du secteur réalisée par Horizons (cf. Figure N° 9). Cette alimentation par la nappe des cailloutis de la Dombes est également mentionnée dans les notices des cartes géologiques d'Ambérieu-en-Bugey et de Montluel.

- Les apports latéraux appliqués par le BRGM étaient constants au cours de l'année. Bien qu'étant des systèmes hydrogéologiques relativement peu connus (notamment les massifs karstiques du Jurassiques), il semble logique qu'ils dépendent également de la recharge pluviométrique. Au regard de ces considérations, il nous a semblé plus approprié de répartir ces apports latéraux selon la saison.

Ainsi, des choix ont été faits pour les conditions de flux latéraux en fonction de leur pertinence (variations saisonnières) vis-à-vis des données disponibles (cartes et suivis piézométriques notamment) et sont explicités dans les paragraphes suivants.

Commission locale de l'eau
 Basse Vallée de l'Ain

ESQUISSE PIEZOMETRIQUE (Hautes Eaux)

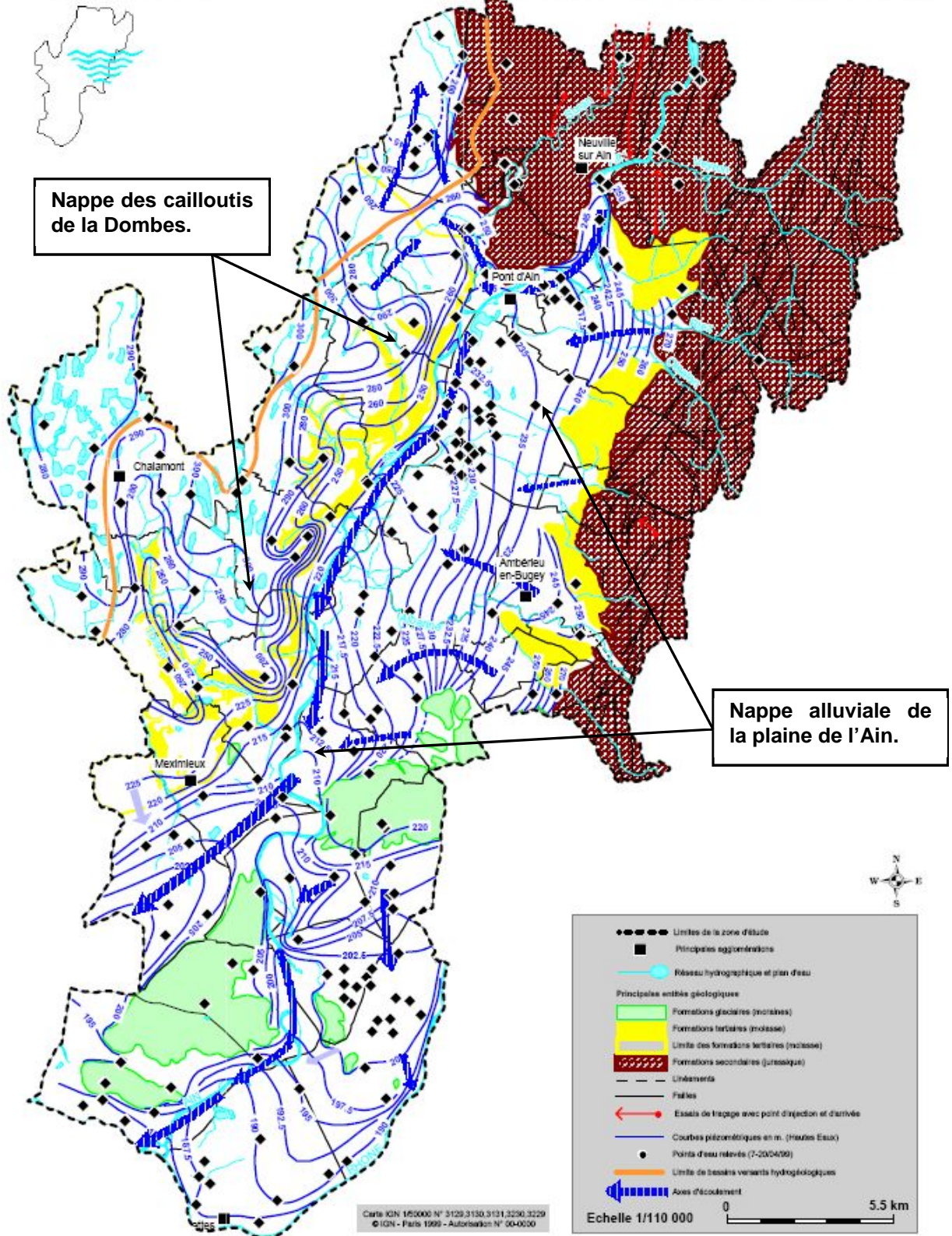


Figure N° 9. CARTE PIEZOMETRIQUE DE HAUTES EAUX DE LA PARTIE NORD DE LA PLAINE DE L'AIN ET D'UNE PARTIE DE LA NAPPE DES CAILLOUTIS DE LA DOMBES (SOURCE : HORIZONS).



Figure N° 10. LOCALISATION DES DIFFERENTES LIMITES HYDROGEOLOGIQUES DU MODELE.

2.3.2.2. LES FORMATIONS CALCAIRES

Le Nord du modèle correspond au débouché de la vallée du Suran et à l'ouverture de la plaine de l'Ain. Ces deux vallées sont creusées dans les formations calcaires du Jurassique. Une limite à flux imposé a été créée pour cette zone.

La limite Est de la nappe alluviale de la plaine de l'Ain suit les formations calcaires et marno-calcaires du Jurassique affleurantes qui forment les reliefs du Revermont et du Bugey. Ces massifs

sont fortement karstifiés et certaines émergences donnent naissances à des rivières prises en compte dans le modèle telles que le Riez, l'Oiselon et l'Albarine.

Les flux provenant de ces massifs sont difficilement quantifiables. Les apports et le niveau piézométrique pouvant varier fortement dans ce secteur, la limite a été modélisée comme une limite à flux imposé. Les apports de ces formations Jurassique ont été estimés par BURGEAP et varient entre 0,2 et 0,4 m³/s selon les périodes de l'année.

2.3.2.3. COTIERE DU PLATEAU DE LA DOMBES

La limite Ouest du modèle hydrodynamique, de Pont d'Ain à Meximieux, suit la cœtière du Plateau de la Dombes. Les cartes piézométriques issues de l'étude réalisée en 1999 par Horizons (IC13) ont permis d'évaluer avec la loi de Darcy les apports de cet aquifère (nappe des cailloutis de la Dombes). Ces apports ont ensuite été répartis sur les franges du modèle par BURGEAP. Selon l'estimation de BURGEAP, ces apports varient de 0,3 à 3,9 m³/s (variations saisonnières).

Dans la partie Sud, entre Meximieux et Miribel, les apports des Dombes pris en compte par BURGEAP semblent surestimés (entre 0,2 et 1,8 m³/s). Ces apports ont été réduits et correspondent à ceux qu'avait utilisés le BRGM. La variation saisonnière de ces apports mise en place par BURGEAP a toutefois été conservée et ces apports varient entre 0,04 et 0,9 m³/s.

2.3.2.4. COLLINES MORAINIQUES

Pour la colline morainique de St-Jean-de-Niost, le BRGM a estimé des apports selon une variation saisonnière qui se répartit entre 0 et 0,2 m³/s.

Concernant l'autre principale colline morainique de la plaine alluviale, à savoir celle de Ste-Julie, les apports estimés par le BRGM ont semblé mal répartis et ont été réétudiés. SOGREAH a distribué ces apports suivant les différents bassins versants topographiques de cette colline. Au final, ces apports varient de 0,07 à 0,25 m³/s selon les périodes de l'année.

Ces apports ont été matérialisés au sein du modèle sous forme de limite à flux imposé.

2.3.2.1. RHONE

La limite avale du modèle correspond au Rhône (Sud et Sud-Est). Elle a été définie par les lignes d'eau du Rhône mesurées lors de la campagne de terrain de mai 2005, ainsi que par les échanges nappe-rivière existants qui sont, selon BURGEAP, limités par le colmatage du fond et des berges.

2.3.3. PIEZOMETRIE INITIALE

Le modèle en régime transitoire créé par BURGEAP permet une simulation des écoulements hydrodynamiques d'octobre 2002 à juin 2005. La piézométrie de départ de ce modèle transitoire ne correspond pas à une piézométrie connue mais à une piézométrie « artificielle » (issue de calculs de modélisation sur des bases non maîtrisées) qui a été jugée satisfaisante par BURGEAP.

Dans les règles de l'Art, une modélisation en régime transitoire se base sur une situation initiale connue (avec suffisamment de mesures), ayant fait l'objet d'une modélisation en régime permanent.

Cette modélisation en régime permanent, si elle n'est pas obligatoire, constitue un garant de la stabilité de la condition initiale de piézométrie.

Dans le cas du modèle de la nappe alluviale de la Plaine de l'Ain, si les ordres de grandeur des débits et de la piézométrie sont respectés, on peut considérer que le calage est acceptable en l'état. Cependant, pour obtenir plus de précision dans le calage, il serait nécessaire d'appliquer la procédure classique, à savoir un calage en permanent dans une situation connue puis un enchaînement avec le transitoire.

Concernant la piézométrie de départ considérée par BURGEAP, elle semble cohérente avec les valeurs piézométriques connues d'octobre 2002 (3 piézomètres sur 7 sur l'ensemble de la plaine), cependant, au Nord-Est de Château-Gaillard, la piézométrie initiale dépasse la côte topographique. Cette situation n'est pas réaliste. Ainsi, dans un souci de cohérence du modèle, des modifications sur la piézométrie initiale de BURGEAP ont ainsi été faites. SOGREAH a donc corrigé cet artefact en attribuant une piézométrie initiale arbitraire mais située entre la topographie et le substratum. Cette modification ne correspond pas à une réalité vu qu'aucun piézomètre n'a été mesuré sur cette zone.

2.3.4. CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DES FORMATIONS ALLUVIALES : PERMEABILITES ET COEFFICIENT D'EMMAGASINEMENT

En marge de ce paragraphe, on précisera pour rappel que la perméabilité est l'aptitude du terrain à se laisser traverser par l'eau sous l'effet d'un gradient hydraulique et s'exprime en m/s. Le coefficient d'emménagement représente quant à lui, le volume d'eau que peut fournir l'aquifère sous l'effet d'un gradient hydraulique (dans le cas d'une nappe libre telle que l'aquifère de la Plaine de l'Ain, ce coefficient d'emménagement peut être considéré comme équivalent à la porosité du sol).

Les calages des modèles BURGEAP et BRGM ont consisté en un ajustement des mêmes paramètres et notamment des perméabilités et des coefficients d'emménagement de l'aquifère.

Les distributions de perméabilités et de coefficients d'emménagement obtenues à l'issue du calage du modèle BURGEAP ont été transposées sous environnement MARTHE (logiciel privé de modélisation hydrogéologique) par le BRGM puis affinées lors du calage de ce second modèle.

Les fourchettes de valeurs de perméabilités et de coefficients d'emménagement obtenues pour chacun des deux modèles sont indiquées dans le tableau ci-après.

	Modèle BURGEAP	Modèle BRGM
Perméabilité (m/s)	$3 \cdot 10^{-5} - 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-5} - 10^{-1}$
Coefficient d'emménagement	1%-17%	1%-30%

Tableau N° 3. PARAMETRES DE CALAGE DES MODELES BURGEAP ET BRGM

Ces gammes de perméabilités restent dans les ordres de grandeurs définies par de précédentes études dont celle d'Horizons (étude IC13 de 1999) évoqués précédemment dans ce rapport.

Pour le modèle utilisé dans le cadre de cette étude de Volumes Prélevables, les répartitions des perméabilités et des coefficients d'emménagement issues du calage BRGM ont été intégrées.

Ces caractéristiques hydrodynamiques représentent des paramètres de calage du modèle, ils seront donc réajustés au moment du calage du modèle.

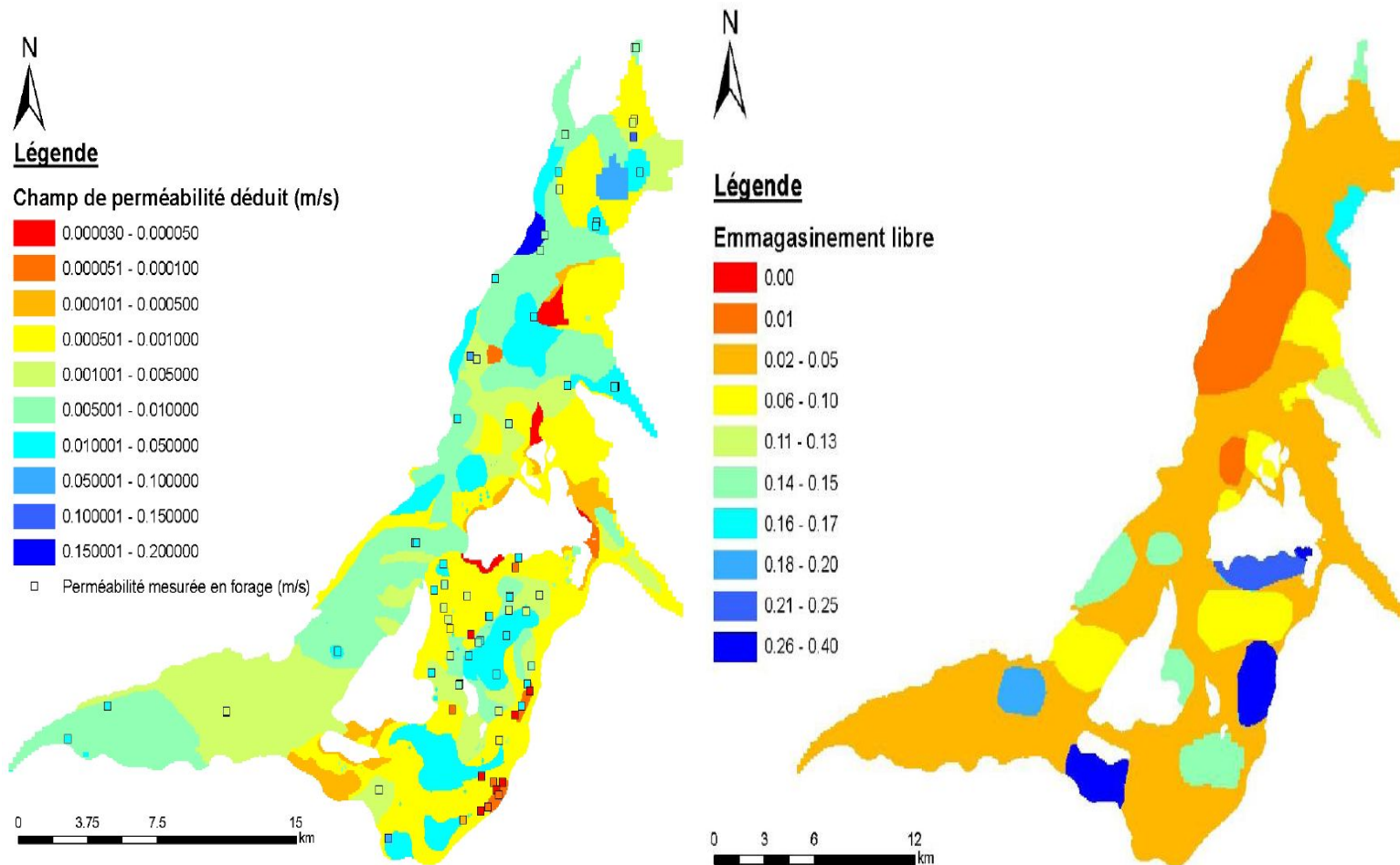


Figure N° 11. REPARTITION DES PERMEABILITES (A GAUCHE) ET DES COEFFICIENTS D'EMMAGASINEMENT (A DROITE) DU MODELE BRGM.

2.3.5. RECHARGE PLUVIOMETRIQUE

La recharge de la nappe alluviale par l'infiltration pluviale est une des principales entrées d'eau dans le système de la Plaine de l'Ain ; les variations pluviométriques annuelles contrôlent en majeure partie le niveau piézométrique de la nappe.

Dans le modèle BURGEAP, les apports par la pluie ont été affectés sous forme de trois grandes zones de recharge homogène. Ces apports ont été calculés par un bilan hydrologique classique (différence entre les précipitations et l'ETP) à l'aide des données mesurées au niveau de trois stations météorologiques :

- Station de l'aérodrome d'Ambérieu : pluie efficace moyenne annuelle de 505 mm/an répartie sur la partie Nord du modèle (jusqu'à Meximieux – Sainte Julie)
- Station de Loyettes – Les Gaboureux : pluie efficace moyenne de 406 mm/an répartie sur la partie centrale du modèle (de Sainte Julie à La Valbonne)
- Station de Montluel – La Catherine : pluie efficace annuelle de 363 mm/an répartie sur la partie Sud-Ouest (de la Valbonne à Miribel).

BURGEAP a également appliqué très localement, des zones de recharges plus faibles matérialisées en gris sur la Figure N° 12. Aucun renseignement n'a été fourni dans les rapports BURGEAP sur ces zones.

Le BRGM a quant à lui utilisé 4 stations météorologiques : Neuville-sur-Ain (pluie), Ambérieu-en-Bugey (pluie et ETP), Loyettes (pluie) et Montluel (pluie) et le passage du modèle à l'outil MARTHE a autorisé la possibilité d'intégrer le calcul hydroclimatique en amont du calcul hydrodynamique.

En effet, afin d'apprécier de manière plus fine cette infiltration, le logiciel GARDENIA¹ a été utilisé par le BRGM pour établir un bilan hydrologique par zone : évapotranspiration réelle, ruissellement, infiltration et recharge). Ce bilan hydrologique contribue à l'évaluation de la recharge naturelle des aquifères.

Les détails sur le fonctionnement précis du logiciel GARDENIA sont disponibles dans le rapport du BRGM (RP-57945-FR de février 2010).

On retiendra seulement que ce logiciel GARDENIA a été utilisé par le BRGM afin d'effectuer un calage préalable entre la pluie et les niveaux piézométriques observés. Le calage sous GARDENIA permet d'estimer pour chaque zone, les paramètres de Réserve utile, de Hauteur de répartition ruissellement / percolation et de temps de demi-percolation. Ces paramètres sont ensuite introduits dans le modèle de nappe.

Ainsi les chroniques des 4 stations météorologiques et de sept piézomètres ont été utilisées. De cette manière, sept zones homogènes d'un point de vue hydrologique ont ainsi été obtenues (contre 3 zones pour BURGEAP).

L'infiltration pluviale obtenue varie ainsi de 96 à 159 Millions de m³/an entre 1999 et 2007.

Cet affinement de la recharge pluviométrique et l'approche générale du BRGM ne peuvent pas être développés directement sous Visual Modflow qui ne présente pas les mêmes fonctionnalités que les logiciels du BRGM. Cependant, des transpositions ont néanmoins été possibles. Ainsi, pour le modèle repris par SOGREAH dans le cadre de cette étude, le découpage en 7 zones homogènes du BRGM a été pris en compte et un ajustement de la quantité des apports pluviométriques a été réalisé.

Enfin, cette recharge est découpée en pas de temps décadaire, permettant un meilleur affinage de la répartition temporelle par rapport au modèle BURGEAP.

¹ Logiciel GARDENIA (modèle Global A Réservoirs pour la simulation de Débits et de Niveaux Aquifères) est tout comme MARTHE, un logiciel privé du BRGM.

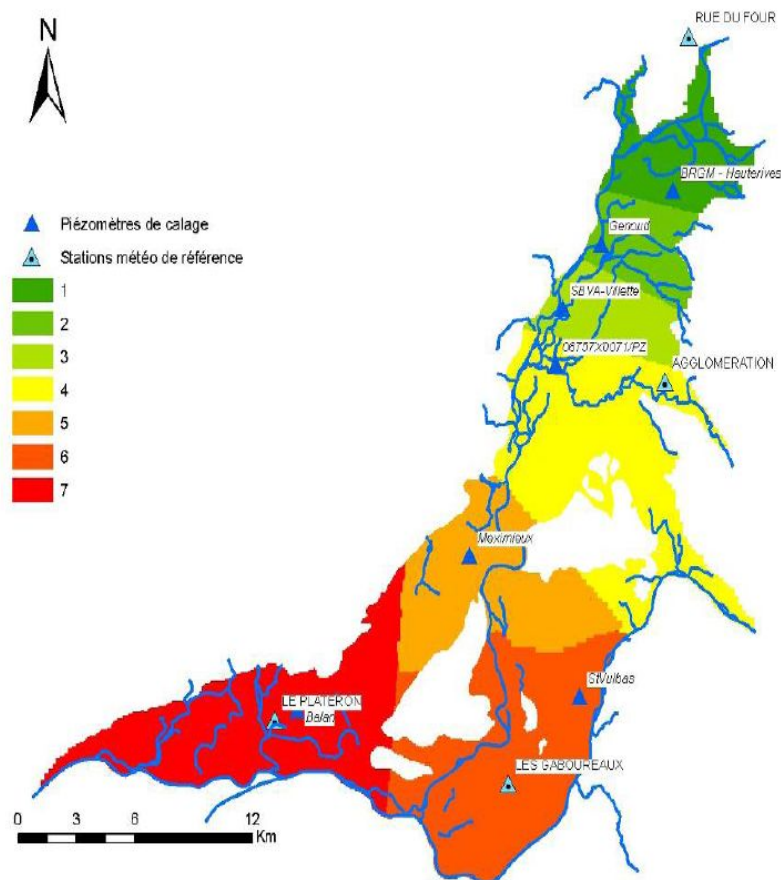


Figure N° 12. IDENTIFICATION DES 7 ZONES HOMOGENES POUR LA RECHARGE PLUVIOMETRIQUE.

2.3.6. CARACTERISATION DES ECHANGES NAPPES-RIVIERES

Du fait de l'importance des relations entre les rivières et la nappe dans cette étude de volumes prélevables, une attention particulière a été apportée à la modélisation de ces rivières.

2.3.6.1. MODULE « RIVER » UTILISE PAR BURGEAP

Dans son modèle, BURGEAP utilisait le module « River » (RIV) du code de calcul MODFLOW. Ce module nécessite de fournir pour chaque rivière une côte de fond, un coefficient d'échange (transmissivité verticale qui traduit l'état de colmatage du fond de la rivière) et une ligne d'eau. Le modèle calcule par la suite, les flux d'échange (alimentation ou drainage) entre la nappe et la rivière pour maintenir cette ligne d'eau.

Ce procédé ne permet pas de prendre en compte les assecs des rivières (ce qui concernent pourtant une partie des rivières de la Plaine de l'Ain) et ne fournit que des débits d'échange entre la nappe et la rivière, mais aucunement des débits de rivières.

Il est à noter que les échanges nappe-rivières dans le modèle BRGM sont matérialisés selon un procédé propre au logiciel MARTHE (cf. rapport BRGM n°RP-57945-FR) qui ne peut être utilisé sous Visual MODFLOW.

2.3.6.2. MODULE « STREAM » UTILISE PAR SOGREAH

Ainsi, pour la modélisation de ces interactions eaux souterraines / eaux superficielles, il a été choisi d'utiliser le module « *Stream* » (STR) dans le code de calcul MODFLOW afin de représenter les variations de débits dans la rivière liées à la recharge et au drainage de la nappe.

Ce module utilise la relation de Manning-Strickler afin d'obtenir une relation entre le débit et la hauteur d'eau dans la rivière :

$$Q = \frac{1}{n} \cdot S \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Où :

- Q est le débit au point de calcul, en m³/s ;
- n est le coefficient de rugosité de Manning ;
- S est la surface de la section mouillée en m² ;
- R_h est le rayon hydraulique (i.e. rapport entre la surface et le périmètre de la section mouillée) en m ;
- i est la pente du cours d'eau.

Le fonctionnement de ce module consiste, pour toutes les cellules concernées et pour chaque pas de temps, à résoudre de manière itérative (d'amont en aval), le débit du cours d'eau en fonction des débits entrants depuis l'aquifère ou sortants vers l'aquifère.

Dans notre cas, les débits des cours d'eau intégrés en tête de bassin sont les suivants :

- Ain : débit à Allement. (EDF)
- Suran : débit à la station de Pont d'Ain (station de mesure hydrométrique V2814030)
- Riez : débit issu d'un calcul hydrologique en fonction de la pluviométrie et de la superficie du bassin versant (corrélation avec l'Albarine et jaugeages + synthèse DIREN-SEMA)
- Oiselon : débit issu d'un calcul hydrologique en fonction de la pluviométrie et de la superficie du bassin versant (corrélation avec l'Albarine et jaugeages + synthèse DIREN-SEMA)
- Albarine : débit à la station de St-Rambert-en-Bugey (station de mesure hydrométrique V2924010 + jaugeages + synthèse DIREN-SEMA)
- Toison : débit issu d'un calcul hydrologique en fonction de la pluviométrie et de la superficie du bassin versant (courbe des débits classés et jaugeages + synthèse DIREN-SEMA)
- Longevent : débit issu d'un calcul hydrologique en fonction de la pluviométrie et de la superficie du bassin versant (corrélation avec Sereine)
- Cotey : débit issu d'un calcul hydrologique en fonction de la pluviométrie et de la superficie du bassin versant (corrélation avec Sereine)
- Sereine : débit à la station de Montluel (station de mesure hydrométrique V3005610)
- Pour l'ensemble des autres cours d'eau de la plaine (Pollon, Neyrieux, Cozance, Seymard et les nombreux petits affluents de l'Ain à l'Est de la colline morainique de Saint Jean de Niost), il s'agit d'émergence de nappe. Ainsi, un débit nul a été assigné en tête de rivière ; le module stream se chargeant, selon les conditions hydrodynamiques et les pas de temps, de calculer le débit de drainage de la nappe (ou d'alimentation sur certains secteurs de ces cours d'eau).

Les rivières intégrées au modèle avec le module « *Stream* » sont représentées sur la Figure N° 13 ci-dessous.

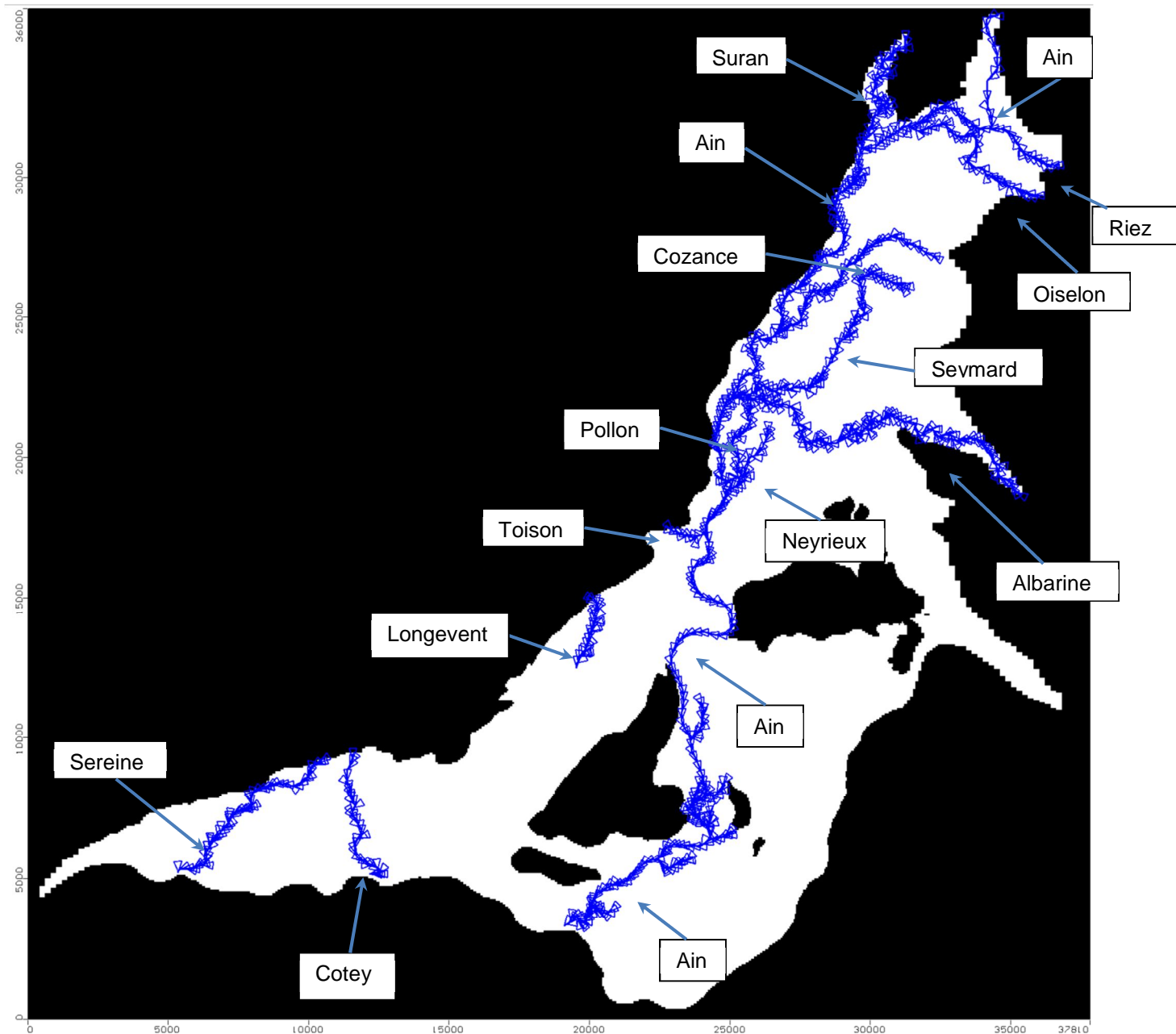


Figure N° 13. COURS D'EAU INTEGRES AU MODELE AVEC LE MODULE « STREAM ».

Concernant l'Aain et l'Albarine, les stations utilisées sont relativement éloignées de l'entrée du modèle, cependant, en raison de la topographie des vallées en amont de la zone modélisée, les nappes d'accompagnement de ces rivières sont peu ou pas développées, limitant les échanges nappe-rivières entre ces stations et l'entrée du cours d'eau dans la zone modélisée. Les débits observés à ces deux stations ont donc été utilisés en première approximation comme les débits de ces deux rivières en entrée de modèle.

Au sein du modèle, trois stations hydrologiques disposant de données sur la période de calage sont recensées et permettent de suivre le niveau des rivières et leurs débits sur la période de calage. Parmi ces trois stations, deux sont localisées sur l'Aain, à Pont d'Aain (V2712010) et à Chazey-sur-Aain (V2942010) et une station sur l'Albarine, à Saint-Denis-en-Bugey (V2934010). Les débits observés sur ces cours d'eau seront comparés aux débits simulés par le module « Stream » au droit de ces stations. Cette opération permettra de vérifier s'il y a une bonne restitution des débits superficiels par le modèle et donc d'apprécier la qualité du calage du modèle.

Note : Deux stations de mesure existent également sur le Suran et le Toison. Cependant, ces cours d'eau n'étant que partiellement représentés, les valeurs des stations ont été utilisées afin d'estimer les débits d'entrée dans les deux rivières. Les valeurs ne peuvent donc être utilisées pour caler le modèle.

Outre l'avantage de modéliser les variations de débits de la rivière en prenant en compte les interactions avec l'aquifère, le module « *Stream* » permet de représenter les assecs du cours d'eau. En effet, si le débit du cours d'eau dans la cellule amont de modèle est inférieur au débit drainé par la nappe, le cours d'eau « s'assèche » numériquement en annulant la condition de « *Stream* » pour la cellule au pas de temps correspondant.

La représentation des rivières dans le modèle hydrogéologique avec le module « *Stream* » repose sur plusieurs paramètres et notamment l'altitude du fond du lit. En effet, dans notre cas, la hauteur d'eau dans la rivière n'est plus imposée (comme c'était le cas dans le modèle BURGEAP avec la condition « *River* »), mais elle est calculée à partir du débit dans la rivière.

En fonction de la position de cette côte de rivière calculée par rapport à la côte de la nappe simulée, il pourra ainsi être déterminé si la rivière est en position de drainage ou d'alimentation vis-à-vis de la nappe.

Pour imposer le fond du lit dans le modèle, les côtes utilisées par BURGEAP ont été reprises. Lors de leur étude, BURGEAP avait valorisé le plus précisément possible les données bathymétriques disponibles concernant la topographie du lit des rivières (cf. rapport BURGEAP RLy.1895 pour le détail des données utilisées).

D'autres paramètres sont à renseigner pour ce module « *Stream* », tels que la largeur du lit (une section rectangulaire du lit est considérée par le modèle) et le coefficient de rugosité qui influent directement sur le niveau d'eau des cours d'eau calculé ou encore un coefficient d'échange qui traduit le colmatage du fond des rivières et qui influe sur les débits d'échanges nappe-rivières. Ces paramètres étant inconnus, ils constituent des paramètres de calages du modèle.

Le Rhône reste un potentiel imposé « *river* » car il est seulement modélisé sur une rive. On ne reproduit donc pas l'hydrodynamisme du fleuve.

2.3.7. PRISE EN COMPTE DES PRELEVEMENTS EN NAPPE

A partir des données de pompage récoltées par SOGREAH lors d'une phase précédente de cette étude, une mise à jour des prélèvements en nappe modélisés a ainsi pu être effectuée. Ont ainsi pu être intégrés l'ensemble des prélèvements recensés sur la nappe alluviale de la Plaine de l'Ain d'octobre 2002 à décembre 2007.

Les besoins des captages à usage AEP et industriels ont été intégrés en reprenant les hypothèses de désagrégation de la phase 2 de l'étude Volumes Prélevables (cf. Rapport de Phase 2 de Mars 2011). Le graphique ci-dessous représente les courbes de répartition des prélèvements pour les usages « Industrie » et « AEP ».

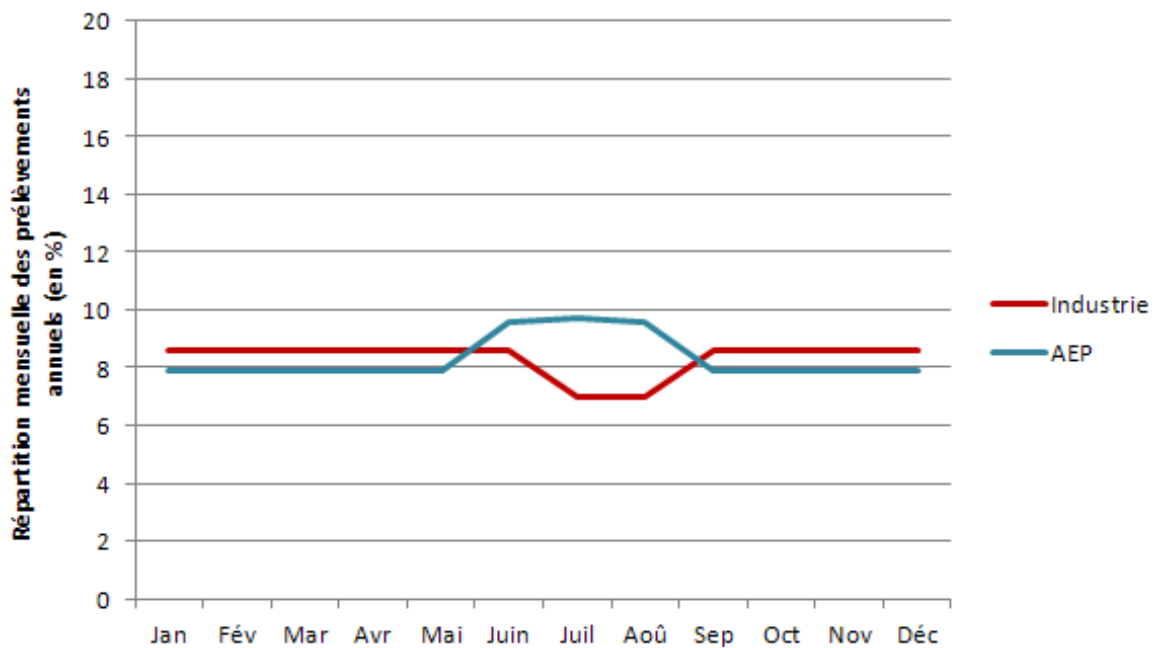


Figure N° 14. REPARTITION DES PRELEVEMENTS AEP ET INDUSTRIELS.

Pour l'usage irrigation, les courbes de répartition des prélèvements varient annuellement. Elles sont déduites des comptages aux stations de l'ASIA (Association Syndicale d'Irrigation de l'Ain) depuis 2004. Avant cette date on a établi une courbe moyenne de répartition mensuelle à partir des mesures post 2004 (cf. Rapport de Phase 2 de Mars 2011).

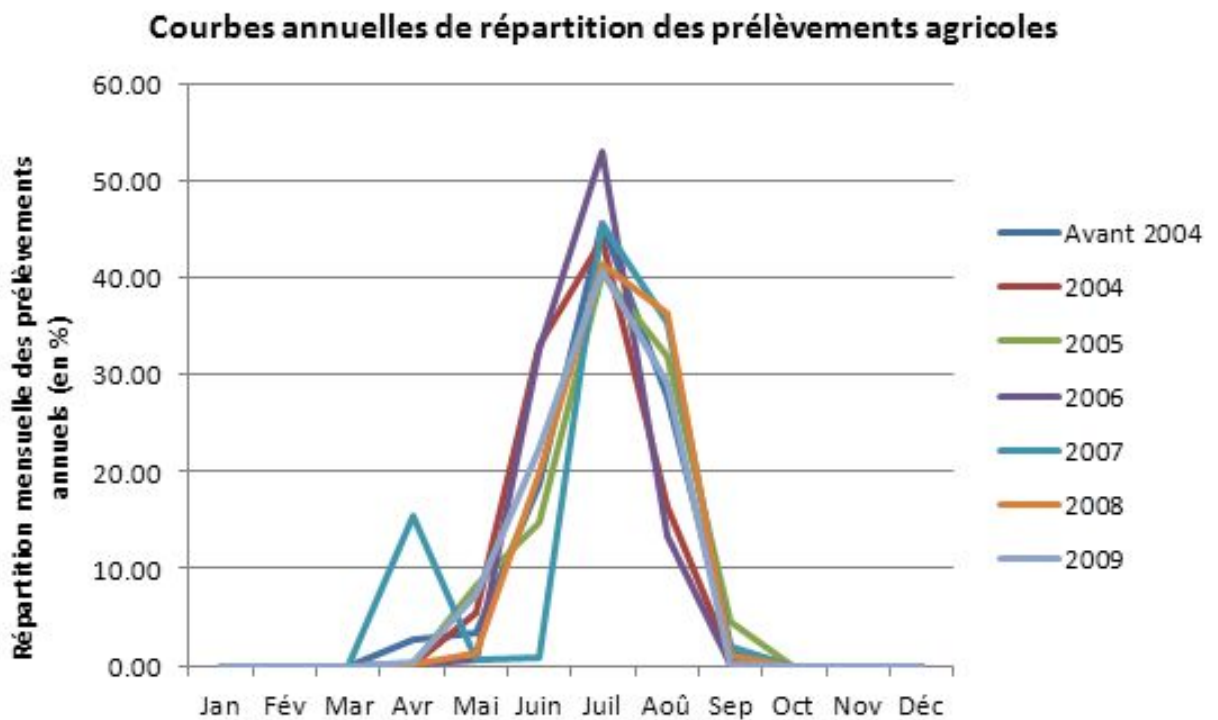


Figure N° 15. COURBES DE REPARTITION MENSUELLE DES PRELEVEMENTS AGRICOLES POUR CHAQUE ANNEE.

Le tableau ci-dessous permet d'appréhender les volumes totaux (AEP, industriels et agricoles) pompés en nappe.

Année	2003	2004	2005	2006	2007
Volume pompé (en Millions de m ³)	58	53	53	43	34

Tableau N° 4. VOLUME TOTAL POMPE EN NAPPE ET INTEGRE AU MODELE (SOURCE : SOGREAH, SUR LA ZONE MODELISEE)

2.4. CALAGE DU MODELE

Une fois le modèle hydrogéologique constitué selon les hypothèses précédemment exposées, le calage de celui-ci a été repris. En effet, le mélange de différentes hypothèses, ainsi que la mise en place du module « *Stream* » afin de gérer l'interaction nappe-rivières a engendré des modifications dans la piézométrie obtenue par rapport à celle des modèles BURGEAP ou BRGM.

2.4.1. PARAMETRES DE CALAGE

Un travail de réajustement (sur les perméabilités, coefficient d'emmagasinement et paramètres relatifs au module « *Stream* » principalement) a été réalisé par SOGREAH pour caler au mieux ce modèle hydrodynamique (c'est-à-dire qu'il représente au mieux la réalité des écoulements souterrains).

Les cartes de perméabilité et d'emmagasinement présentées ci-dessous (cf. Figure N° 16 et Figure N° 17) tiennent compte de ces légères modifications et diffèrent quelques peu de celles du BRGM présentées précédemment (cf. Figure N° 11).

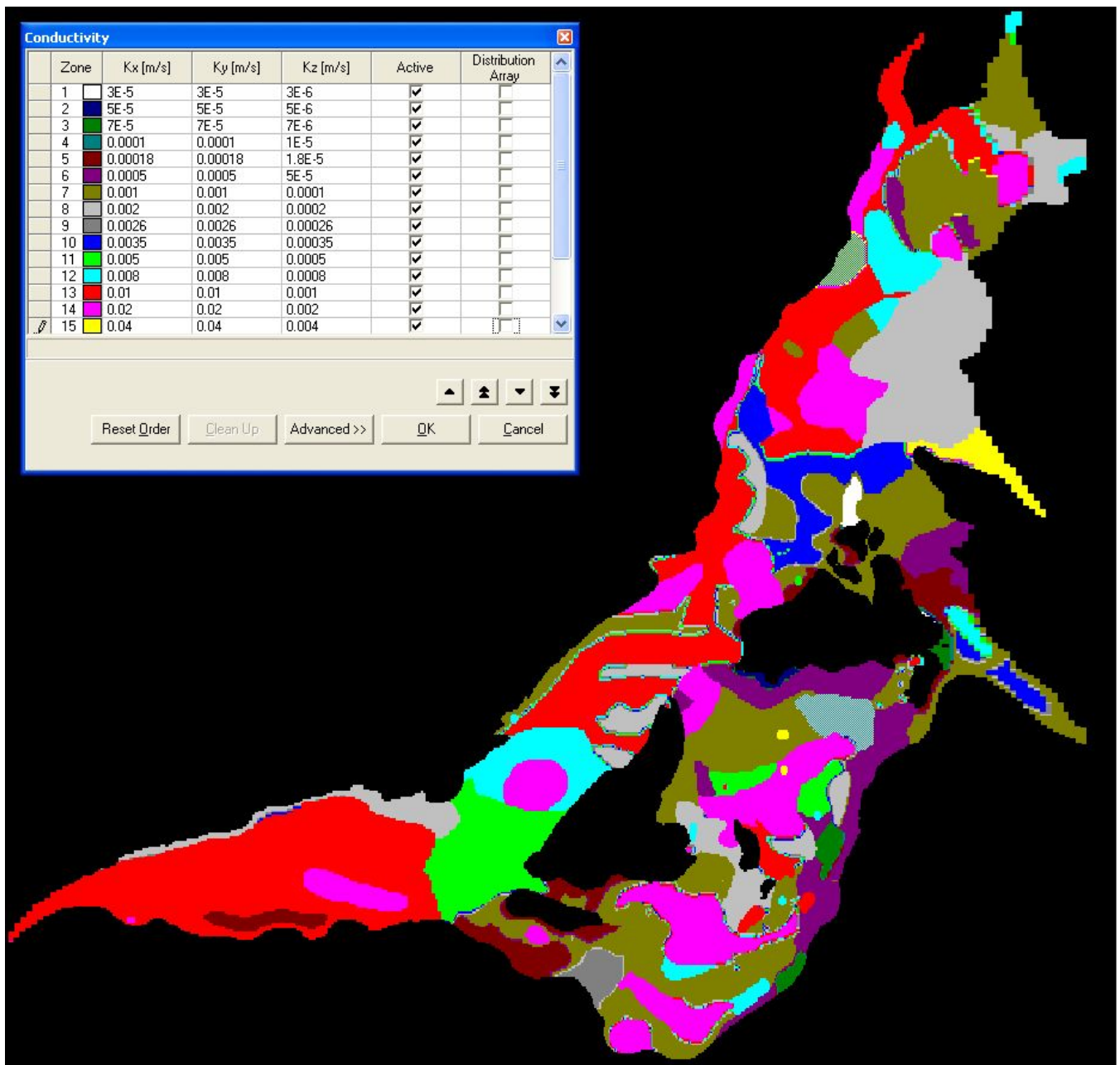


Figure N° 16. REPARTITION DES PERMEABILITES INTEGREES AU MODELE UTILISE POUR CETTE ETUDE.

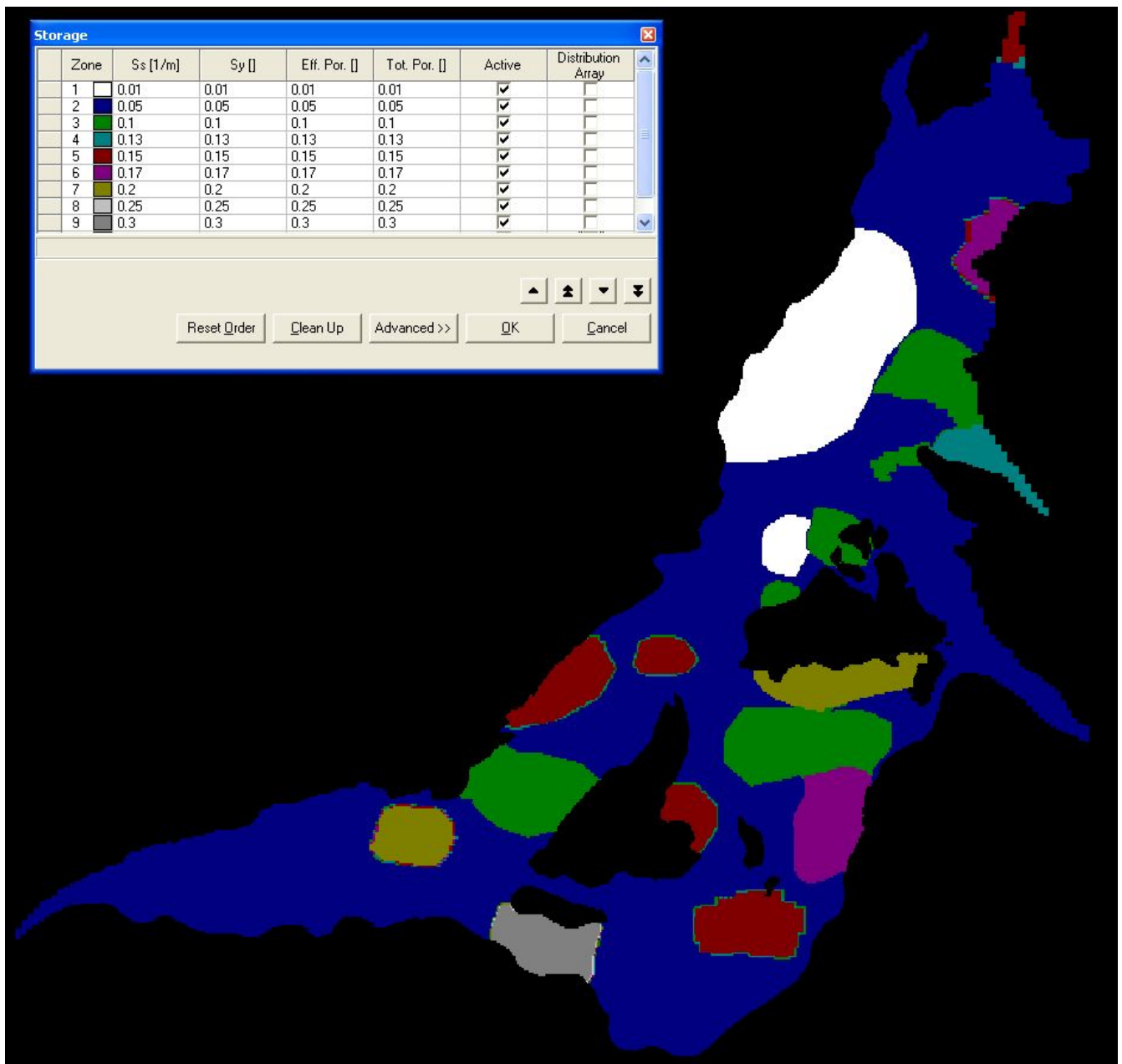


Figure N° 17. REPARTITION DES COEFFICIENTS D'EMMAGASINEMENT INTEGREES AU MODELE UTILISE POUR CETTE ETUDE.

Les résultats de ce calage sont présentés dans les différents paragraphes ci-après.

2.4.2. REPRODUCTION DES PIEZOMETRIES DE REFERENCE

Les cartes piézométriques de références (Hautes Eaux modérées de Mai 2005 et Basses Eaux d'Aout 2005) ont été établies par BURGEAP à partir de respectivement 95 et 80 points d'eau (cf. paragraphe 1.1.6).

Ces deux piézométries étant comprises dans la période de simulation du modèle, il est alors possible de les comparer avec les piézométries simulées. Les piézométries simulées doivent permettre de reproduire au mieux les directions d'écoulement et les gradients de nappe.

2.4.2.1. PIEZOMETRIE DE MAI 2005 (HAUTES EAUX MODEREES)

La carte ci-dessous permet la comparaison entre les courbes piézométriques calculées par le modèle et observées en Mai 2005.

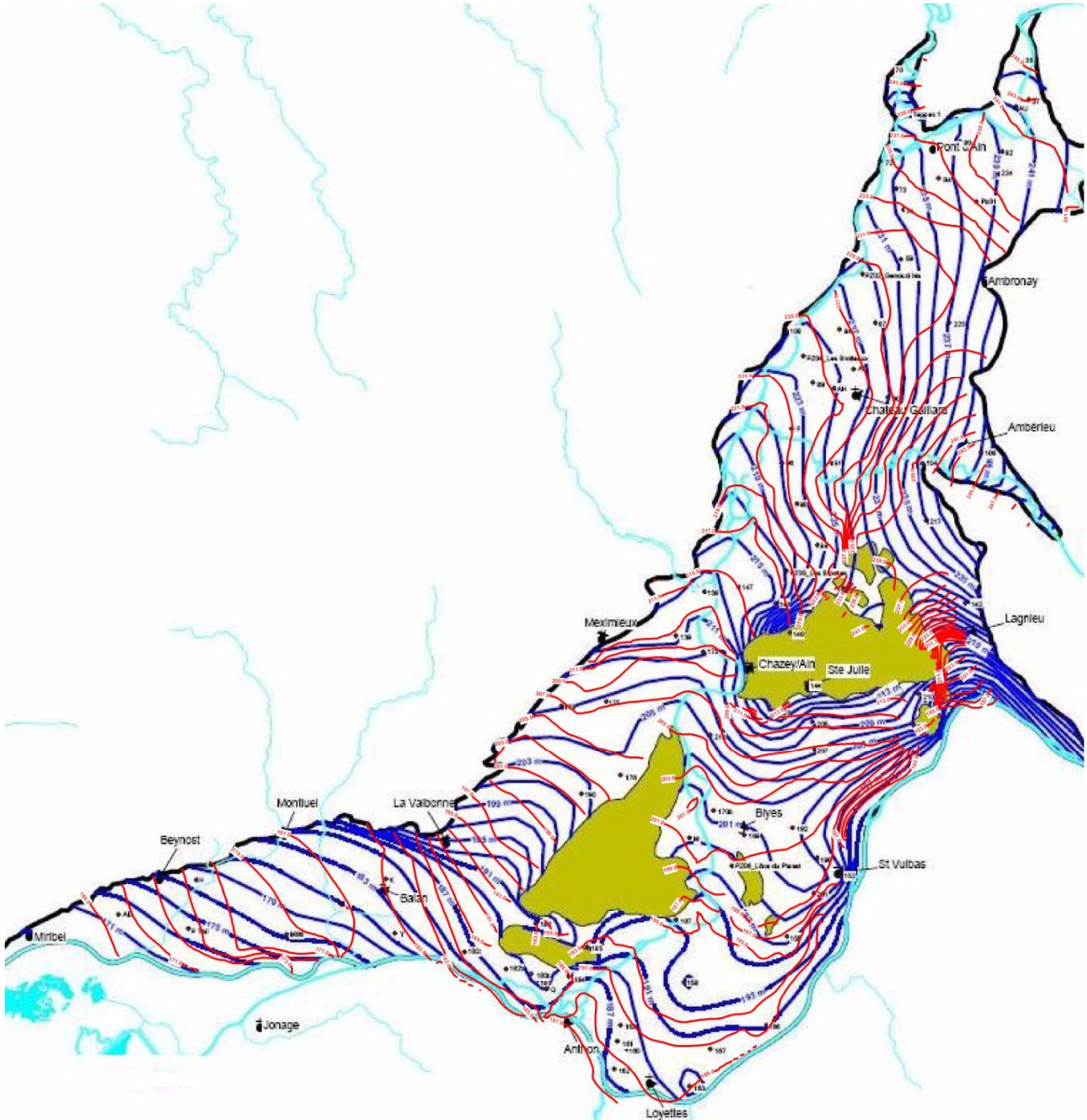


Figure N° 18. COMPARAISON DES COURBES PIEZOMETRIQUES OBSERVEES (EN BLEUES) ET SIMULEES (EN ROUGE) EN PERIODE DE HAUTES EAUX MODEREES (MAI 2005).

Globalement, les directions d'écoulements, les gradients hydrauliques et les formes des isopièzes sont correctement restitués. Au regard de la dimension du modèle, des relations nappe-rivière

complexes, et des objectifs de l'étude de Volumes Prélevables, cette reconstitution de la piézométrie observée est jugée satisfaisante.

2.4.2.2. PIEZOMETRIE DE BASSES EAUX (AOUT 2005)

La carte ci-dessous permet une comparaison entre les courbes piézométriques calculées par le modèle et celles mesurées par BURGEAP en Aout 2005.

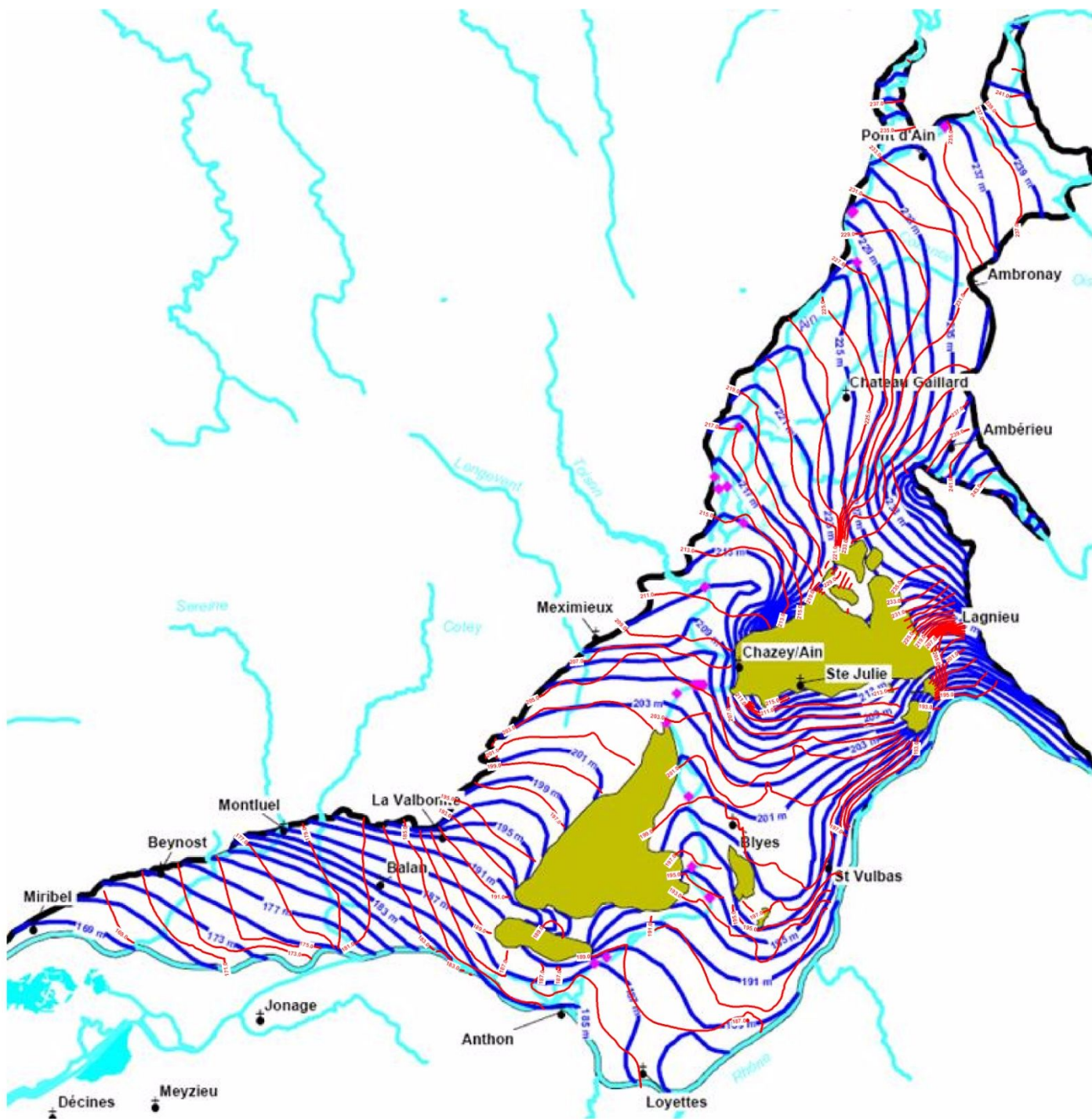


Figure N° 19. COMPARAISON DES PIEZOMETRIES OBSERVEES ET SIMULEES EN PERIODE DE BASSES EAUX (AOUT 2005).

A l'instar de la reproduction de la piézométrie de mai 2005, cette piézométrie d'août 2005 (Basses Eaux) est également correctement reproduite par le modèle hydrodynamique. En effet, les gradients hydrauliques de nappe et les directions d'écoulements sont globalement reproduits.

2.4.3. RECONSTITUTION DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES

L'objectif du calage du modèle en régime transitoire est non seulement de restituer l'état piézométrique de référence global (directions d'écoulement, gradients hydrauliques) observé à un temps donné (cf. paragraphe précédent), mais également d'ajuster la réactivité du modèle dans le temps face aux variations des conditions aux limites.



Figure N° 20. LOCALISATION DES PIEZOMETRES DE REFERENCE.

En plus des 9 piézomètres utilisés par BURGEAP, d'autres points de référence ont été intégrés à ce modèle pour atteindre un total de 18 piézomètres qui sont distribués de façon relativement homogène à l'échelle du territoire étudié (cf. Figure N° 20). Les comparaisons des chroniques piézométriques calculées par le modèle et celles observées sont présentées en Annexe N° 1.

De manière générale, les chroniques simulées reproduisent globalement bien la dynamique de l'aquifère au cours du temps et ont été pour la plupart améliorées par rapport à celle calculées par BURGEAP. Un exemple de restitution de niveau piézométrique est donné sur la Figure N° 21.

Comparaison des niveaux observés et simulés sur le piézomètre de Chazey-sur-Ain

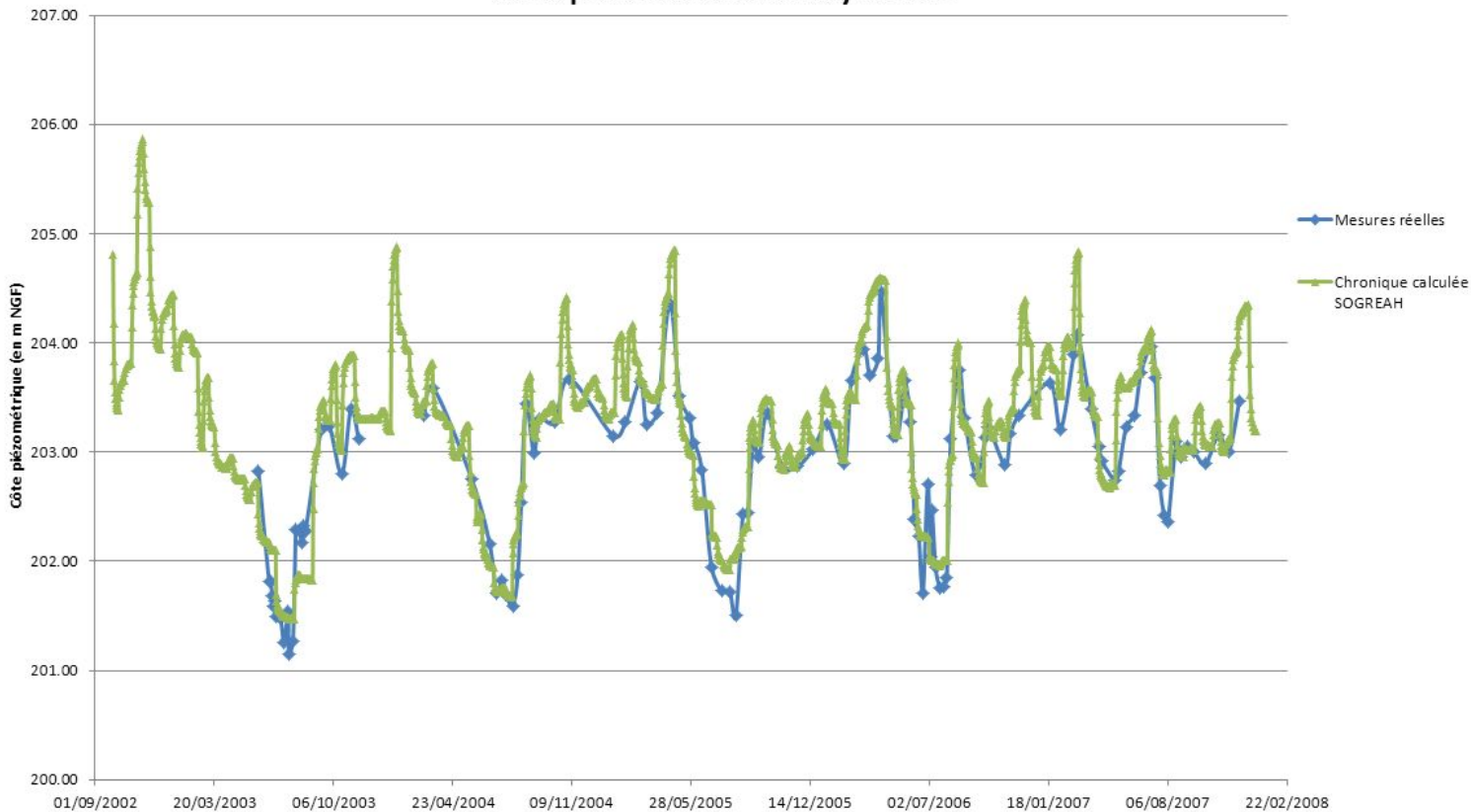


Figure N° 21. COMPARAISON DES NIVEAUX OBSERVES ET SIMULES SUR LE PIEZOMETRE DE CHAZEY.

Bien que situé dans une zone où la nappe est sollicitée par des pompages agricoles, le piézomètre de Chazey est globalement bien reproduit.

Le calage reste encore imparfait localement, par exemple pour le piézomètre de Balan-Mayollet. Cependant, et bien que faisant géographiquement partie de la Basse Plaine de l'Ain, ce piézomètre est situé en marge des zones à forts enjeux pour cette étude.

Sur l'ensemble des graphiques, la dynamique interannuelle calculée restitue assez correctement la dynamique observée sur le terrain. En conclusion, la précision des restitutions interannuelles des chroniques piézométriques calculées est satisfaisante compte tenu de l'échelle du modèle et des objectifs de celui-ci.

2.4.4. RESTITUTION DES DEBITS DES RIVIERES

2.4.4.1. RESTITUTION DES CHRONIQUES DE DEBITS DES RIVIERES

Par l'intermédiaire du module « *Stream* » décrit dans le paragraphe 2.3.6.2, il est possible d'obtenir le débit du cours d'eau sur chaque maille du modèle (contenant une rivière) et pour chaque pas de temps.

Il est ainsi possible de vérifier, pour chacune des trois stations hydrologiques recensés au sein du modèle (l'Ain à Pont-d'Ain, l'Ain à Chazey-sur-Ain et l'Albarine à St-Denis-en-Bugey), si le débit de la rivière simulé par le modèle est en adéquation avec le débit mesuré.

Les stations hydrologiques du Suran et du Toison ont été utilisées pour renseigner les débits d'entrée du *Stream* dans le modèle, elles ne peuvent donc pas servir à la validation du calage.

Les figures suivantes permettent de montrer la bonne restitution des débits de l'Ain et de l'Albarine, garantissant une bonne représentation générale des écoulements superficiels et des relations nappe-rivière.

Sur ces figures, le débit est exprimé en m^3/s sur l'ensemble de la décade considérée (i.e. pour chaque seconde de la décade).

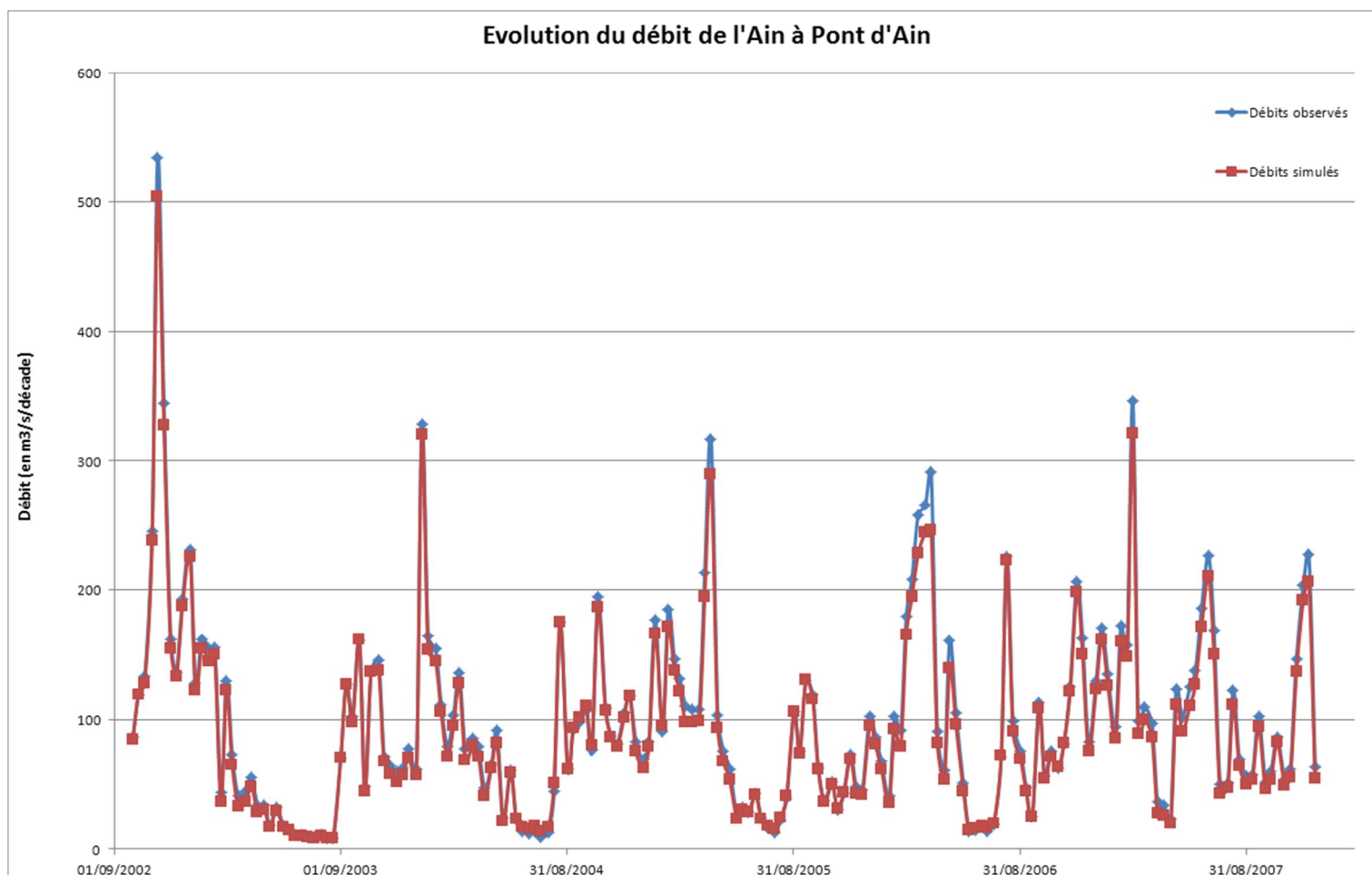


Figure N° 22. EVOLUTION DU DEBIT (OBSERVE ET SIMULE) DE L'AIN A PONT D'AIN.

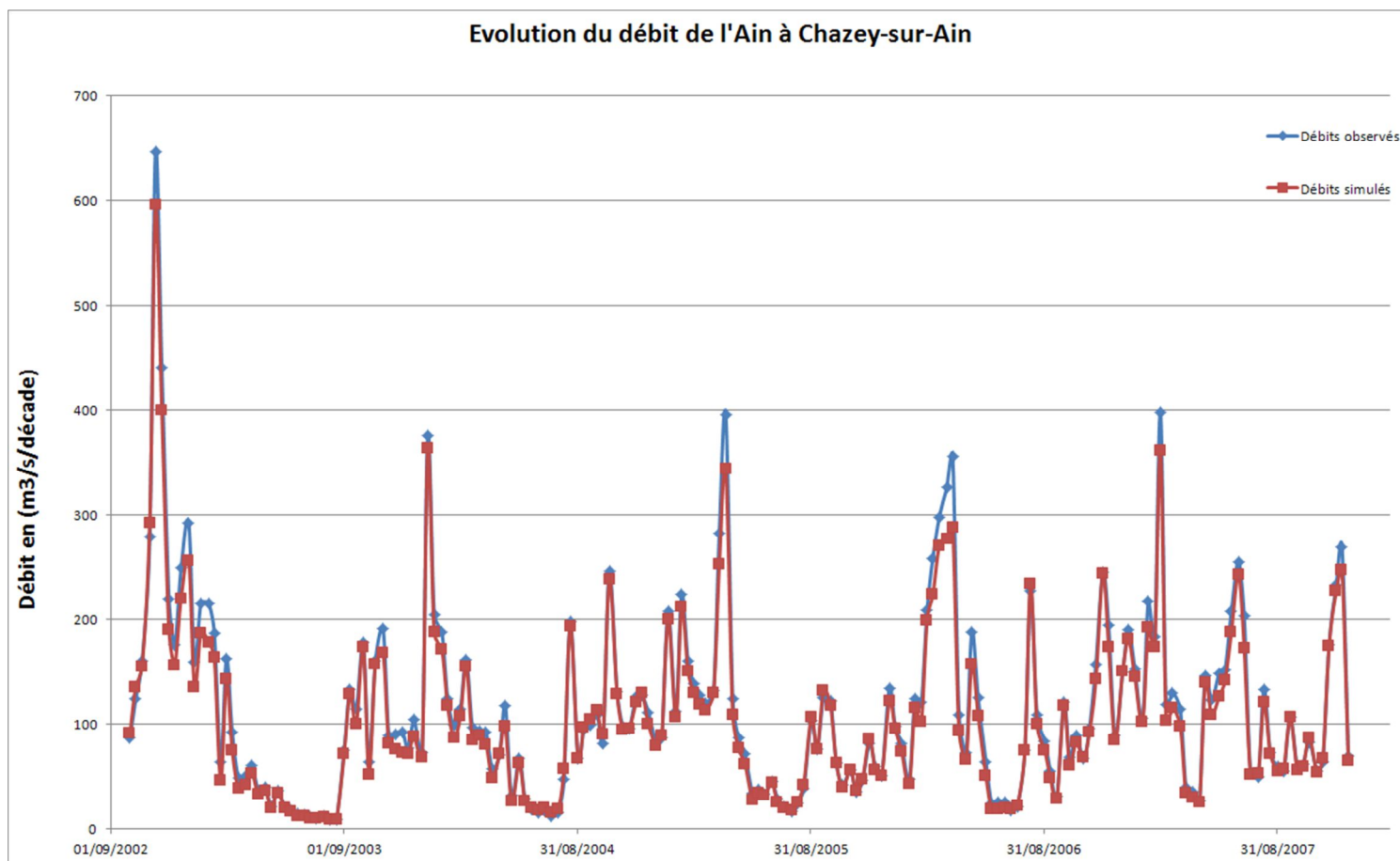


Figure N° 23. EVOLUTION DU DEBIT (OBSERVE ET SIMULE) DE L'AIN A CHAZEY-SUR-AIN.

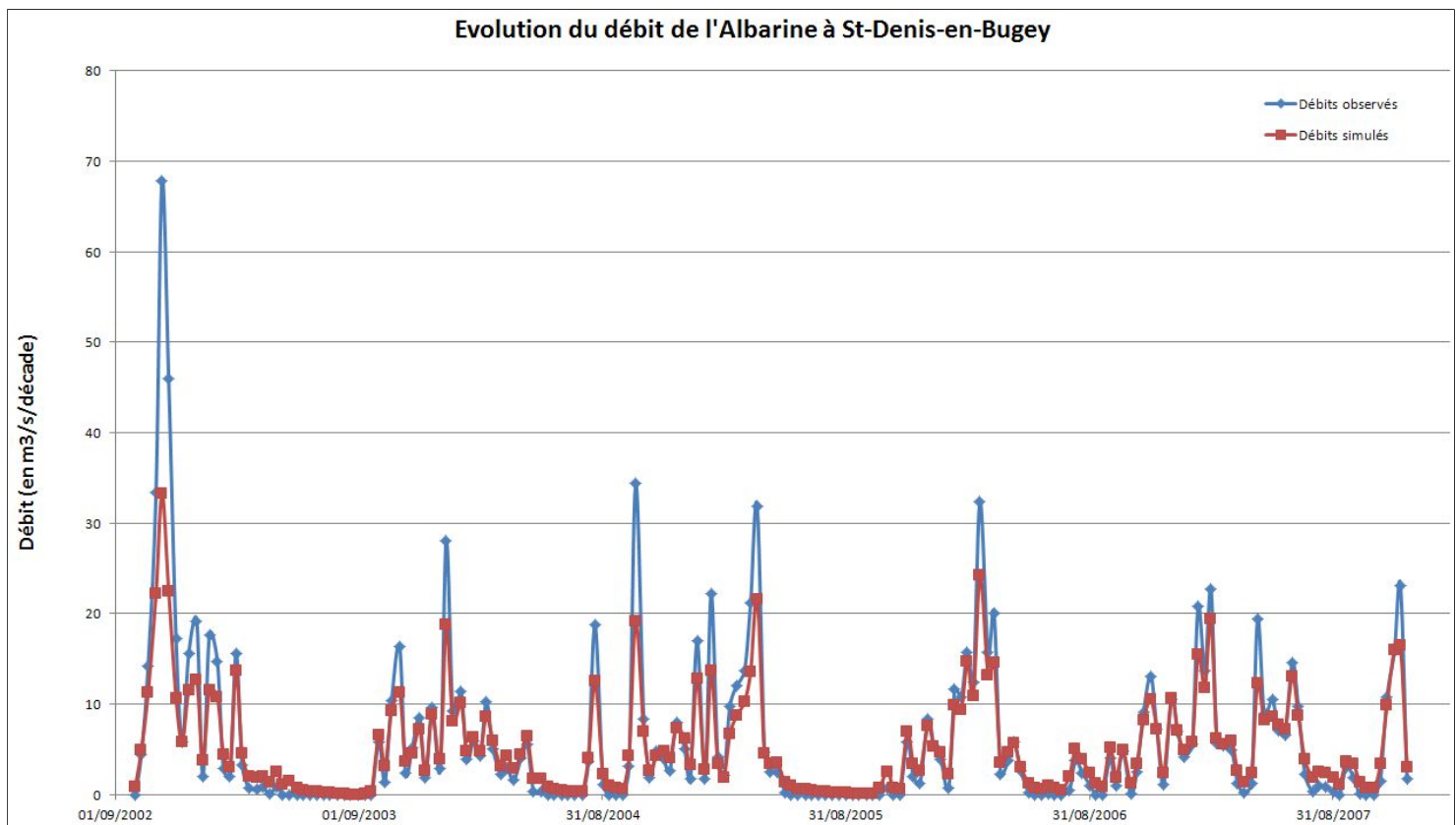


Figure N° 24. EVOLUTION DU DEBIT (OBSERVE ET SIMULE) DE L'ALBARINE A ST-DENIS-EN-BUGEY.

Pour l'Ain, aussi bien à la station de Pont-d'Ain qu'à celle de Chazey, la restitution des débits est très satisfaisante. On observe seulement un léger décalage entre les valeurs observées et simulées au niveau des débits de pointe. Ce décalage peut s'expliquer par la géométrie des cours d'eau simulés sous Visual Modflow (section rectangulaire purement théorique), ainsi que par le pas de temps décadaire du modèle. Cependant, il reste tout à fait acceptable, d'autant qu'au vu des objectifs de cette étude, l'enjeu est principalement porté sur les périodes d'étiages.

Concernant l'Albarine, la restitution des débits en rivière est également satisfaisante même si légèrement moins bien reproduite que pour l'Ain. Plusieurs hypothèses peuvent être formulées pour expliquer ce phénomène tel que l'éloignement de la station de St-Rambert-en-Bugey (station utilisée pour fournir les débits d'entrée du modèle. Cf. paragraphe 2.3.6.2) par rapport à l'entrée du modèle, la géométrie des cours d'eau sous Visual Modflow (section rectangulaire), le pas de temps décadaire du modèle ou encore les plus faibles débits mis en jeu par rapport à l'Ain.

Il faut également rappeler que le module *Stream* est un module utilisé dans un modèle hydrogéologique, il ne calcule donc que les débits des cours d'eau en fonction des interactions nappe/rievière et des débits d'entrées. D'autres composantes hydrologiques (tels que le ruissellement par exemple) jouant un rôle dans le débit d'une rivière (notamment en période de Hautes Eaux) ne sont pas prises en compte dans un modèle hydrogéologique.

Ce phénomène pourrait expliquer les différences entre débits observés et simulés au niveau de l'Albarine pour les périodes de Hautes Eaux.

Cependant, lors des étiages, les débits de l'Albarine sont principalement réguler par les échanges nappe/rievière, les autres composantes hydrologiques n'interviennent que très peu. Ainsi, le modèle simule fidèlement les étiages, objectif majeur de cette étude de volumes prélevables.

2.4.4.2. REPRODUCTION DES DONNEES DE JAUGEAGES

Afin de compléter la validation du calage du modèle, une comparaison entre les débits simulés et ceux mesurés lors de campagnes de jaugeages a été réalisée. Elle permet de mieux se rendre compte de la qualité générale du calage pour les cours d'eau ne disposant pas de stations de mesures.

Deux campagnes de jaugeages ont eu lieu sur la période de simulation du modèle (01/10/2002 à 31/12/2007) ; à savoir une campagne réalisée par BURGEAP en juillet 2005 et une autre effectuée par la DIREN¹ en Aout 2003. Ces campagnes ont été réalisées en période d'étiage. De plus amples détails (localisation précise des points de mesures,...) sur ces campagnes sont disponibles dans le rapport N°1741869-TC2V0 de Décembre 2010 de SOGREAH.

Le tableau suivant met en avant les débits des rivières mesurés par jaugeages et les débits simulés.

Cours d'eau	Débit mesuré par jaugeage (BURGEAP : 07/2005)	Débit simulé par le modèle (07/2005)
Suran aval	94 L/s	84 L/s
Riez	16 L/s	22 L/s
Cozance amont	9 L/s	0 L/s
Cozance avale	0 L/s	0 L/s
Seynard amont	162 L/s	26 L/s
Albarine	0 L/s	0 L/s
Pollon amont	0 L/s	0 L/s
Neyrieux	167 L/s	70 L/s
Toison	33 L/s	35 L/s

Cours d'eau	Débit mesuré par jaugeage (DIREN : 08/2003)	Débit simulé par le modèle (08/2003)
Suran à la confluence avec l'Ain	60 L/s	66 L/s
Confluence Pollon/Neyrieux avec l'Ain	200 L/s	205 L/s

Tableau N° 5. DEBITS MESURES ET SIMULES DES DIFFERENTS AFFLUENTS DE L'AIN

En plus de ces mesures, un jaugeage sur le Suran en amont de sa confluence avec l'Ain a été effectué par BURGEAP. La valeur de 940 L/s qui en résulte paraît erronée au regard des données journalières disponibles au niveau de la station hydrométrique V2814030 (le Suran à Pont d'Ain). Pour le mois d'Aout 2003, ces données journalières ont varié entre 30 et 110 L/s. Par conséquent, cette valeur n'est pas retenue.

¹ La DIREN (Direction Régionale de l'Environnement) fait maintenant partie de la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) depuis juillet 2009.

Le débit calculé par le modèle pour le Seynard diffère de celui mesuré par jaugeage par BURGEAP. Ce cours d'eau est situé au Nord-Est de Château-Gaillard dans une zone complexe d'un point de vue hydrogéologique. L'amélioration des connaissances dans ce secteur permettrait de mieux appréhender les phénomènes en jeu et d'obtenir un calage plus précis.

Concernant le Longevent, il n'existe pas de données de jaugeages. Il a cependant été observé que ce cours d'eau qui draine dans son secteur amont une partie du Plateau de la Dombes, alimente la nappe dès son entrée dans la Plaine de l'Ain et se perd dans les alluvions au niveau d'un étang. Pour ce cours d'eau, le modèle simule bien les observations puisqu'il est alimentant jusqu'à s'assécher à son extrémité.

Compte tenu des marges d'incertitudes liées aux mesures par jaugeages et de celles liées au modèle, les résultats obtenus sont considérés comme satisfaisants. Bien que ces jaugeages ne représentent qu'un état à un temps donné (contrairement aux chroniques piézométriques qui permettent de mieux apprécier le calage du modèle), les valeurs obtenues par simulation permettent de valider, le calage du modèle concernant le rôle joué par ces cours d'eau.

2.4.1. BILAN HYDRAULIQUE CALCULE PAR LE MODELE

Pour chaque année, il a été dressé un bilan hydraulique des entrées et des sorties de l'aquifère modélisé. La figure suivante montre l'évolution des volumes stockés et déstockés par année.

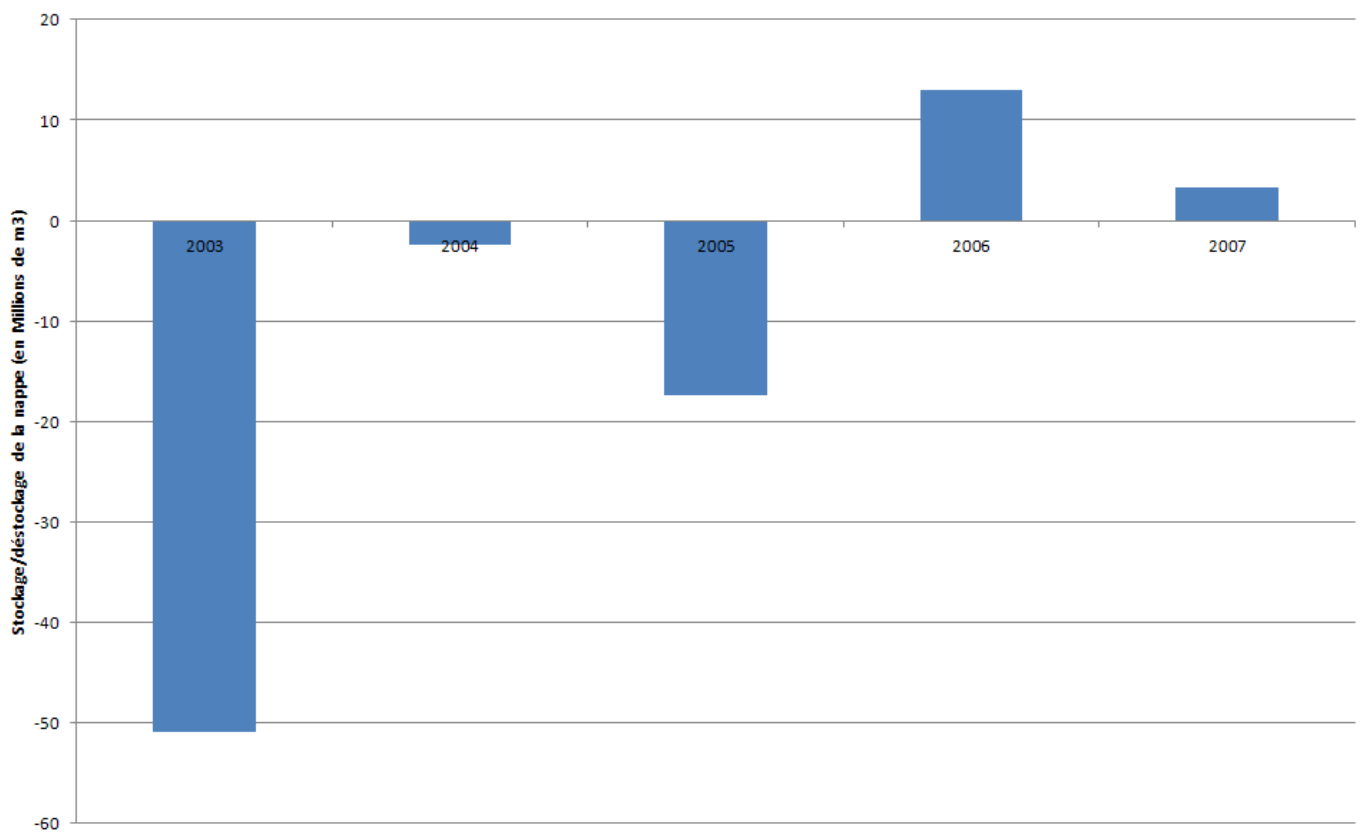


Figure N° 25. BILAN HYDRAULIQUE ANNUEL DE LA BASSE PLAINE DE L'AIN.

Bien que la période de simulation soit relativement courte, il est possible d'observer l'enchaînement de 3 années déficitaires suivies de 2 années excédentaires.

La figure suivante présente différents termes du bilan hydraulique montrant leurs importances relatives.

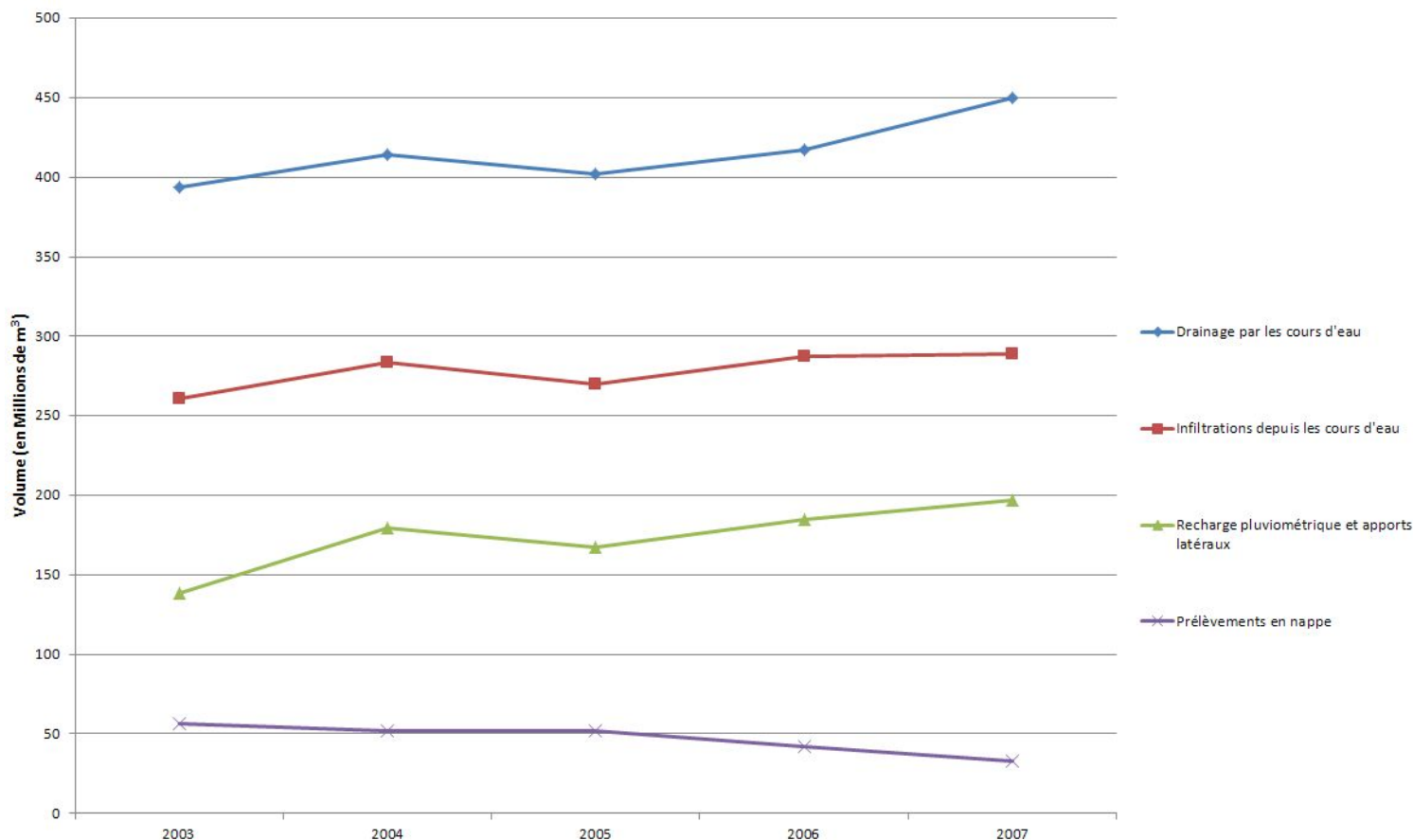


Figure N° 26. EVOLUTION ANNUELLE DES TERMES DU BILAN HYDRAULIQUE SOUTERRAIN.

On s'aperçoit notamment que le terme « prélèvements » souterrains est faible devant les autres termes et qu'il suit une tendance à la baisse (cette observation est à mettre en relation avec les années 2006 et 2007 relativement humides). Il apparaît également que le terme « drainage » reste supérieur à l'alimentation de la nappe par les rivières traduisant le caractère général drainant des cours d'eau répertoriés dans le modèle.

2.4.2. CONCLUSIONS SUR LE MODELE

Les objectifs de cette étude sont, entre autres, de déterminer les échanges nappes/rivières au moyen du modèle hydrogéologique. Dans cette optique, il est important que le modèle respecte plusieurs points essentiels, à savoir les directions d'écoulement et les gradients hydrauliques de la nappe mais également la restitution des débits d'échange nappes/rivières.

Il est à noter que le modèle élaboré reprend globalement la base du modèle BURGEAP¹ en prenant en compte les échanges nappe/rivière avec un calcul des écoulements dans la rivière sous forme de débits (alors que les rivières étaient représentées sous forme de ligne d'eau dans le modèle BURGEAP). Ceci présente un intérêt significatif pour aborder la problématique relative aux volumes prélevables.

Du point de vue de la reproduction des principaux paramètres (gradient de nappe, direction d'écoulement mais aussi débits des cours d'eau) permettant d'évaluer l'aptitude du modèle à

¹ Conformément au CCTP

répondre à la problématique, le modèle présente un calage satisfaisant (au regard des objectifs de l'étude) sur les zones à enjeux, notamment le couloir Leyment-Meximieux-Pérouges, les zones de Chazey, Villette, Hauterives,...

Ainsi, le calage obtenu est globalement similaire à celui obtenu par BURGEAP, voire sensiblement amélioré dans certains secteurs (Leyment, St-Maurice-de-Remens, Meximieux,...).

Le calage étant satisfaisant, les scénarios peuvent être réalisés.

Remarque :

La géométrie et la piézométrie au niveau de la zone de Château-Gaillard sont issues d'hypothèses faites par SOGREAH dans le cadre de cette étude, dans un souci de rendre cohérent le modèle réalisé.

Il semble néanmoins important de valider ces hypothèses par des investigations (sondages pour reconnaître la géologie, mesures piézométriques sur l'ensemble de la zone, essais de pompages pour déterminer les paramètres hydrodynamiques de la nappe).

3. RECONSTITUTION DE LA PIEZOMETRIE NON INFLUENCEE DANS LA PLAINE ALLUVIALE

3.1. PRINCIPE

Une fois le modèle hydrogéologique construit et correctement calé, il devient un outil permettant de tester l'incidence sur la nappe et les rivières de différents scénarios d'exploitation (prélèvements,...). Le calage devient alors une situation influencée par les pompages et les barrages au regard des scénarii à réaliser.

Au total, 2 scénarii ont été établis en plus du calage qui représente une situation influencée par les pompages et les barrages.

- Scénario 1 : représentant une situation non influencée par les pompages et influencée par les retenues hydrographiques. Il s'agit donc de simuler une situation sans aucun pompage et conservant les débits influencés par les retenues amont.
- Scénario 2 : représentant une situation « naturelle » sans l'influence des pompages et des barrages. Ce scénario a pour but de simuler une situation totalement désinfluencée comme c'était le cas avant 1967.

3.2. RESULTATS DU 1^{ER} SCENARIO : ABSENCE DE POMPAGES EN NAPPE

3.2.1. ETAT PIEZOMETRIQUE D'ETIAGE 2003

Pour caractériser l'influence des pompages sur la piézométrie, il a été choisi de se focaliser sur un étiage sévère (étiage 2003) afin de se placer dans le cas le plus défavorable (i.e. lorsque l'impact des pompages est maximal).

La carte ci-dessous montre une comparaison entre la piézométrie simulée à l'étiage 2003 (Août 2003) lors du calage (état influencé) et celle simulée lors de ce scénario (état désinfluencé vis-à-vis des pompages).

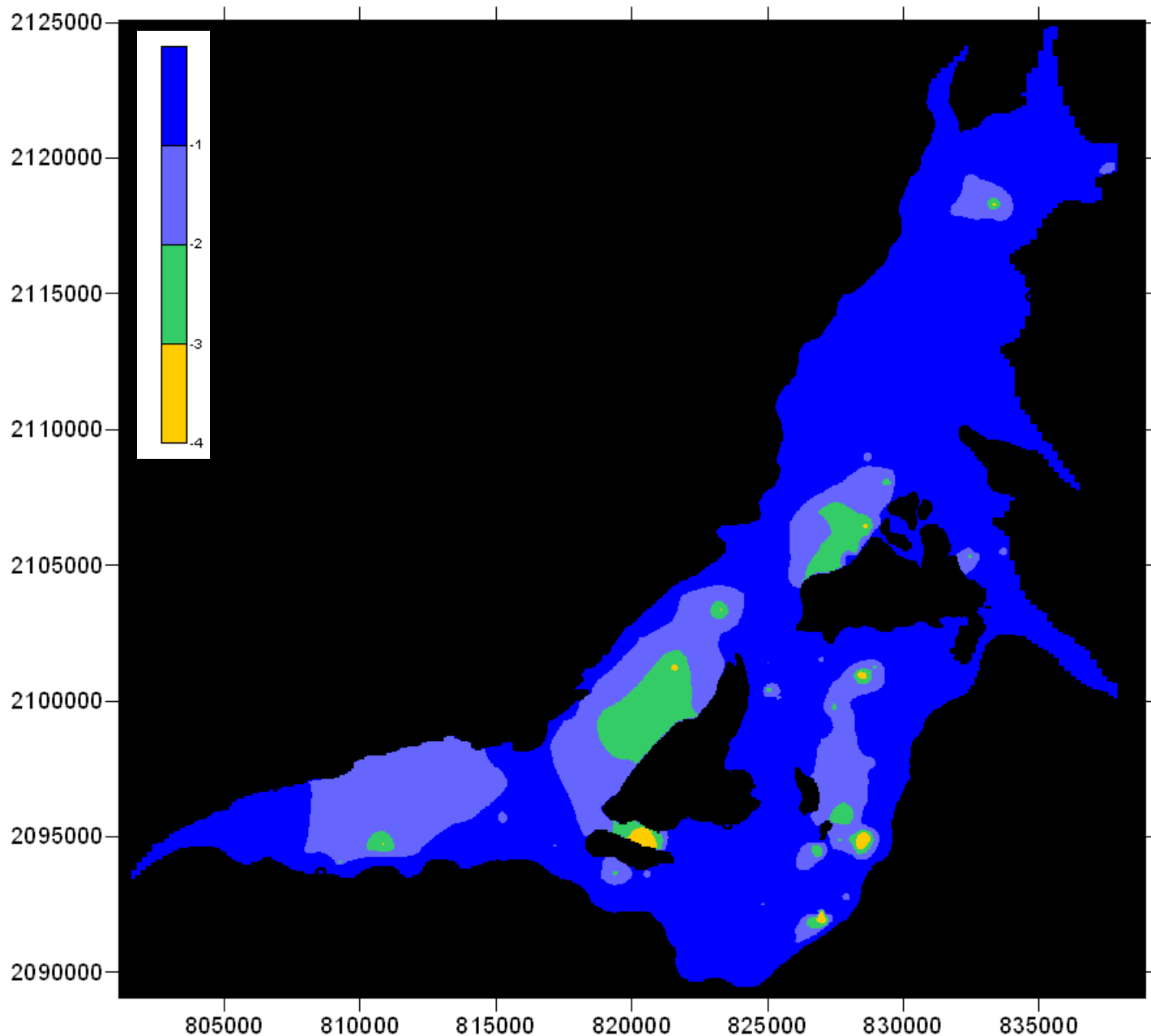


Figure N° 27. RABATTEMENT PIEZOMETRIQUE SIMULE (ECHELLE METRIQUE) ENTRE LA SITUATION DE CALAGE (ETAT INFLUENCE) ET LA SITUATION SANS POMPAGE EN NAPPE (SCENARIO 1).

Cette carte permet de montrer que, lors de l'été 2003, la piézométrie est fortement influencée par les pompages en nappe notamment dans le couloir Ouest Leyment-Pérourges mais également au Sud et à l'Est respectivement des buttes morainiques de Ste-Julie et Saint-Jean-de-Niost,

3.2.2. CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES

L'ensemble des chroniques piézométriques sont disponibles en Annexe N° 2 de ce présent rapport.

La majorité des chroniques piézométriques réagissent à cette absence de pompage. Il est en effet observé une hausse de l'ensemble des niveaux d'eau par rapport à la situation influencée simulée

lors du calage (comparaison relative). Cette hausse est maximale lors des étiages, ce qui permet de mieux visualiser l'impact des pompages agricoles (essentiellement actifs à cette époque de l'année).

Les piézomètres subissent des variations plus ou moins importantes selon leur position vis-à-vis des pompages. En effet, étant situé dans la nappe d'accompagnement de l'Ain et étant assez éloigné de gros pompages, le piézomètre de Villette par exemple varie que de 10 cm environ au maximum entre ces deux situations (influencée et non influencée par les pompages).

Au contraire, le piézomètre de Meximieux, très proche d'un pompage agricole conséquent, voit son niveau piézométrique fortement augmenter dans le cas d'une situation non influencée. Comme le montre la Figure N° 28, cette hausse atteint 2 m lors de l'étiage 2003.

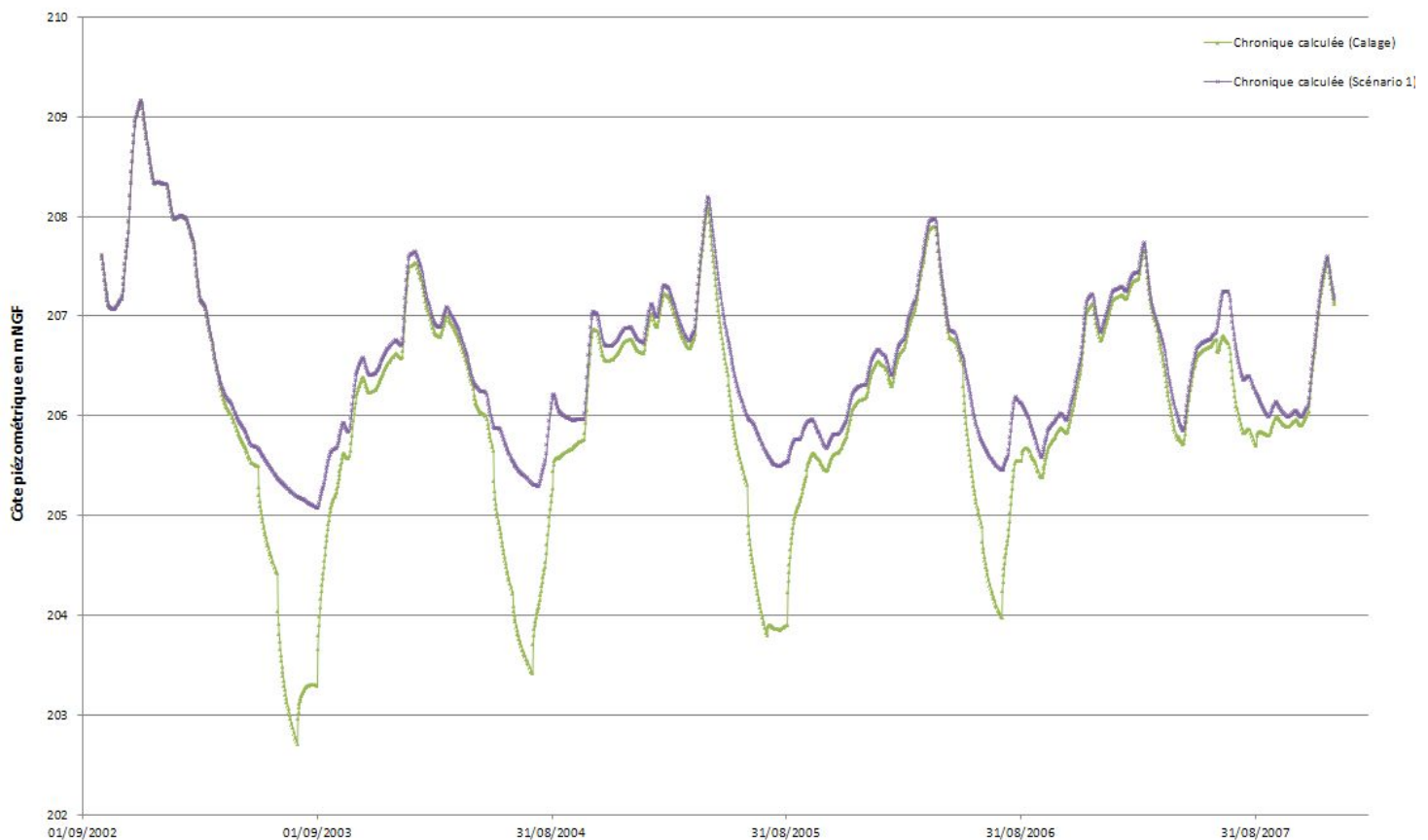


Figure N° 28. COMPARAISON DES NIVEAUX PIEZOMETRIQUES SIMULES SUR LE PIEZOMETRE DE MEXIMIEUX.

3.3. RESULTATS DU 2ND SCENARIO : ETAT TOTALEMENT DESINFLUENCE

3.3.1. ETAT PIEZOMETRIQUE D'ETIAGE 2005

La carte ci-dessous montre une comparaison entre la piézométrie simulée à l'étiage 2005 (le débit de l'Ain non influencé par les barrages est minimal en Aout 2005) lors du scénario 1 (état influencé par les barrages) et celle simulée lors de ce scénario (état non influencé par les barrages).

Le choix de cette représentation permet de visualiser uniquement le rabattement lié aux retenues amont et de s'affranchir de l'impact des prélèvements en nappe ; ces derniers étant inexistant dans les deux scénarii comparés.

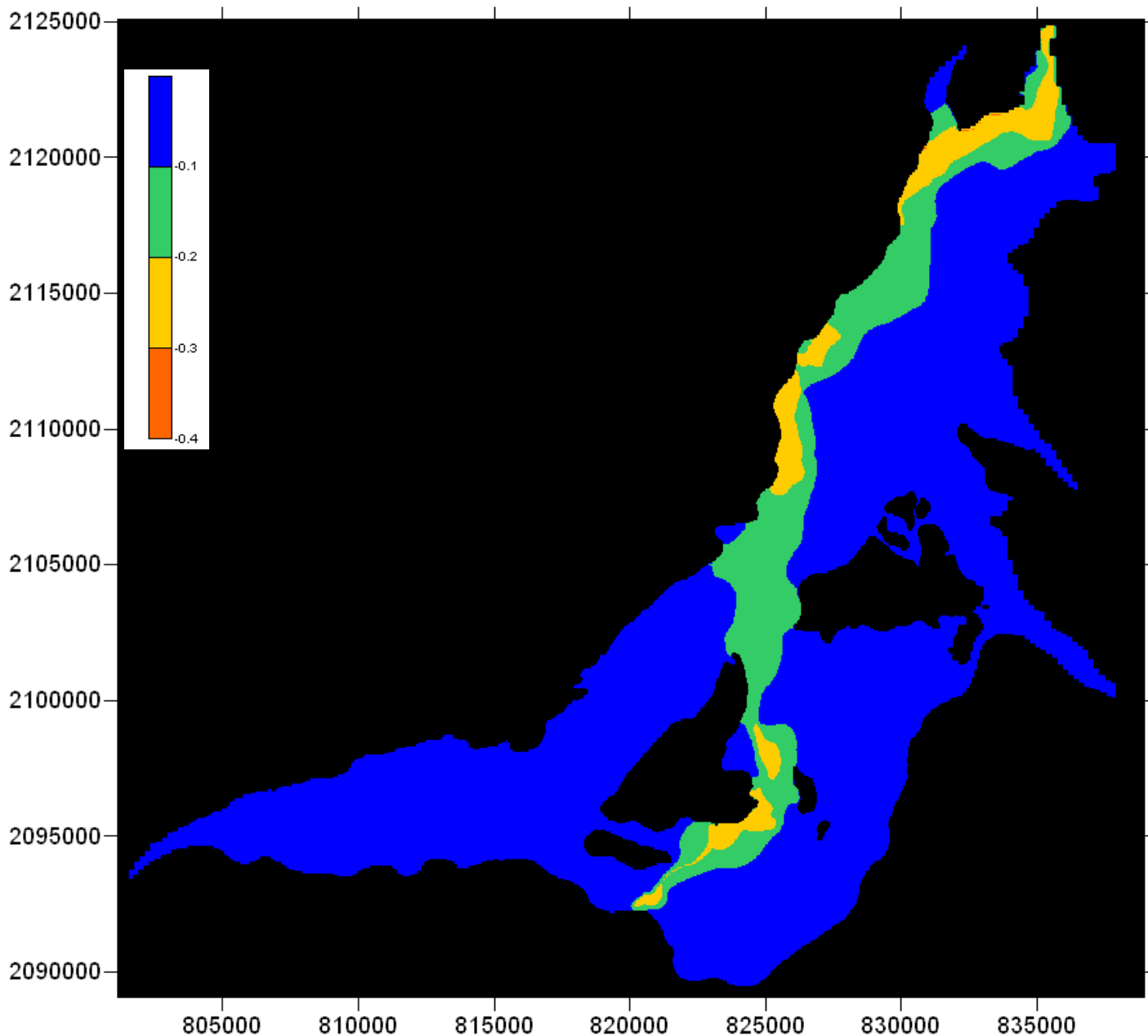


Figure N° 29. RABATTEMENT PIEZOMETRIQUE SIMULES (ECHELLE METRIQUE) ENTRE LA SITUATION TOTALEMENT DESINFLUENCEE (ABSENCE DE POMPAGES ET DE BARRAGES : SCENARIO 2) ET LA SITUATION INFLUENCEE PAR LES BARRAGES (SCENARIO 1).

Les modifications apportées par le débit « naturel » (i.e. non influencé par les barrages) de l'Ain se matérialisent surtout par une baisse locale des niveaux piézométriques à proximité de l'Ain. Ces baisses sont globalement comprises entre 0 et 40 cm. Le rôle de soutien des niveaux de nappe tenu par les retenues amont est donc bien mis en évidence.

3.3.2. CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES

Les chroniques piézométriques sont disponibles en Annexe N° 2 de ce présent rapport.

Sur l'ensemble de ces chroniques, les niveaux piézométriques simulés lors des deux scénarii sont sensiblement équivalentes.

Un impact est néanmoins observé sur les piézomètres les plus proches de l'Ain, tels que celui de Blyes ou sur celui de Villette par exemple (cf. Figure N° 30). En effet, on peut noter que le niveau est plus élevé en Hautes Eaux et plus bas en Basses Eaux (de l'ordre de la dizaine de centimètres) accentuant ainsi l'amplitude piézométrique.

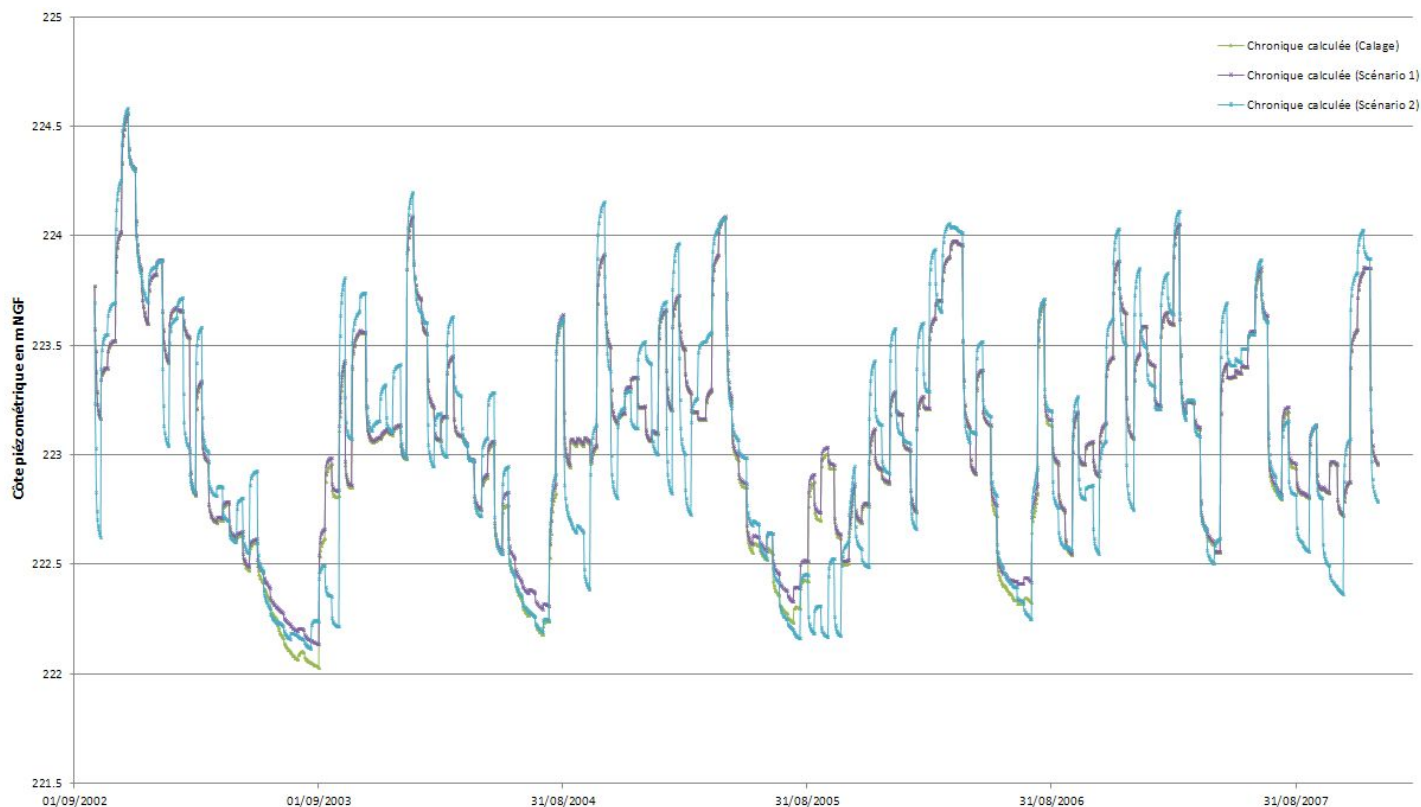


Figure N° 30. COMPARAISON DES NIVEAUX PIEZOMETRIQUES SIMULES SUR LE PIEZOMETRE DE VILLETTE.

3.4. ECHANGES NAPPE-RIVIERES

Pour les 3 situations modélisées (le calage et les deux scénarii), il a été dressé un bilan hydraulique des échanges entre la nappe et l'Ain, cours d'eau majeur de la zone étudiée lors de différents étiages. Ces échanges sont calculés par le modèle numérique et permettent d'indiquer le caractère drainant ou infiltrant de la rivière.

Trois tronçons ont été établis sur l'ensemble du linéaire de l'Ain :

- Tronçon 1 : de l'amont du modèle jusqu'à la confluence avec la Cozance.
- Tronçon 2 : de la confluence avec la Cozance jusqu'à la boucle de Chazey-sur-Ain
- Tronçon 3 : de la boucle de Chazey-sur-Ain jusqu'à la confluence avec le Rhône

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus lors de chaque situation.

Etiage 2003	Calage (état influencé)	Scénario 1 (absence de pompage)	Scénario 2 (état totalement non influencé)
Tronçon 1	+ 40 L/s	+ 370 L/s	+ 400 L/s
Tronçon 2	+ 490 L/s	+ 1260 L/s	+ 1300 L/s
Tronçon 3	+ 150 L/s	+ 610 L/s	+ 660 L/s

Etiage 2004	Calage (état influencé)	Scénario 1 (absence de pompage)	Scénario 2 (état totalement non influencé)
Tronçon 1	+ 70 L/s	+ 420 L/s	+ 490 L/s
Tronçon 2	+ 620 L/s	+ 1370 L/s	+ 1450 L/s
Tronçon 3	+ 105 L/s	+ 600 L/s	+ 700 L/s

Etiage 2005	Calage (état influencé)	Scénario 1 (absence de pompage)	Scénario 2 (état totalement non influencé)
Tronçon 1	+ 130 L/s	+ 379 L/s	+ 384 L/s
Tronçon 2	+ 670 L/s	+ 1277 L/s	+ 1282 L/s
Tronçon 3	+ 120 L/s	+ 548 L/s	+ 564 L/s

**Tableau N° 6. ECHANGES NAPPE-AIN POUR LES DIFFERENTS SCENARII ET SELON LES ETIAGES
 (LES VALEURS POSITIVES TRADUISENT UNE ALIMENTATION DE L'AIN PAR LA NAPPE)**

A l'échelle de ces trois tronçons, la rivière Ain reste globalement en position de drainage de la nappe lors des 3 situations modélisées. Localement, des zones d'alimentation peuvent également être observées.

Ce tableau permet notamment de montrer l'influence des prélèvements (comparaison relative entre les résultats du calage et ceux du Scénario 1) sur l'Ain. En effet, lors de la situation non influencée vis-à-vis des pompages, le niveau piézométrique est plus élevé et le drainage de la nappe par la rivière (sur l'ensemble de son linéaire modélisé) connaît alors une hausse totale de l'ordre de 1,5 m³/s environ.

En revanche, l'impact des barrages (scénario 2) sur la dynamique des échanges nappe-Ain restent bien moindre par rapport à celui des prélèvements en nappe.

4. INFLUENCE DES PRELEVEMENTS ET RESTITUTIONS SUR LE DEBIT DES RIVIERES

Les grands principes du modèle, la discrétisation et la période de simulation ont été présentés dans les paragraphes ci-dessus. Nous présentons ci-dessous les résultats obtenus concernant les débits des cours d'eau.

Les deux scénarii retenus permettent de caractériser un état désinfluencé des pompages en nappe pour le premier et un état 100% naturel pour le second (en fait relativement similaire à la période d'avant 1968)

4.1. RIVIERE D'AIN

Une fois le modèle hydrogéologique calé, les débits d'étiage sur les cours d'eau modélisés (cf. méthodologie ci-dessus) peuvent être calculés, sur la période de modélisation, en prenant en compte les prélèvements/rejets ou au contraire en ne gardant que les écoulements naturels. Le paragraphe ci-après présente ces résultats.

4.1.1. RESULTATS – COMPARAISON HYDROLOGIE INFLUENCEE-NON INFLUENCEE PAR LES PRELEVEMENTS EN NAPPE

Le scénario N°1 simulé avec apport amont influencé et absence de pompage en nappe permet de mettre en évidence :

- A Pont d'Ain une réduction du débit de la rivière par l'effet des pompages comprise entre 0 et 1,3% suivant l'intensité de l'étiage (maximum de $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$).
- A Chazey une réduction du débit de la rivière par l'effet des pompages comprise entre 0,5 et 11% suivant l'intensité de l'étiage (maximum de $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$).
- A la confluence du Rhône une réduction du débit de la rivière par l'effet des pompages comprise entre 1 et 20 % suivant l'intensité de l'étiage (maximum de $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$).

L'incidence des pompages la plus marquée est obtenue pour l'année 2003 (décennale sèche) alors que la plus faible correspond à 2007(année humide) les années 2004 et 2005 sont représentatives d'étiages quinquennaux.

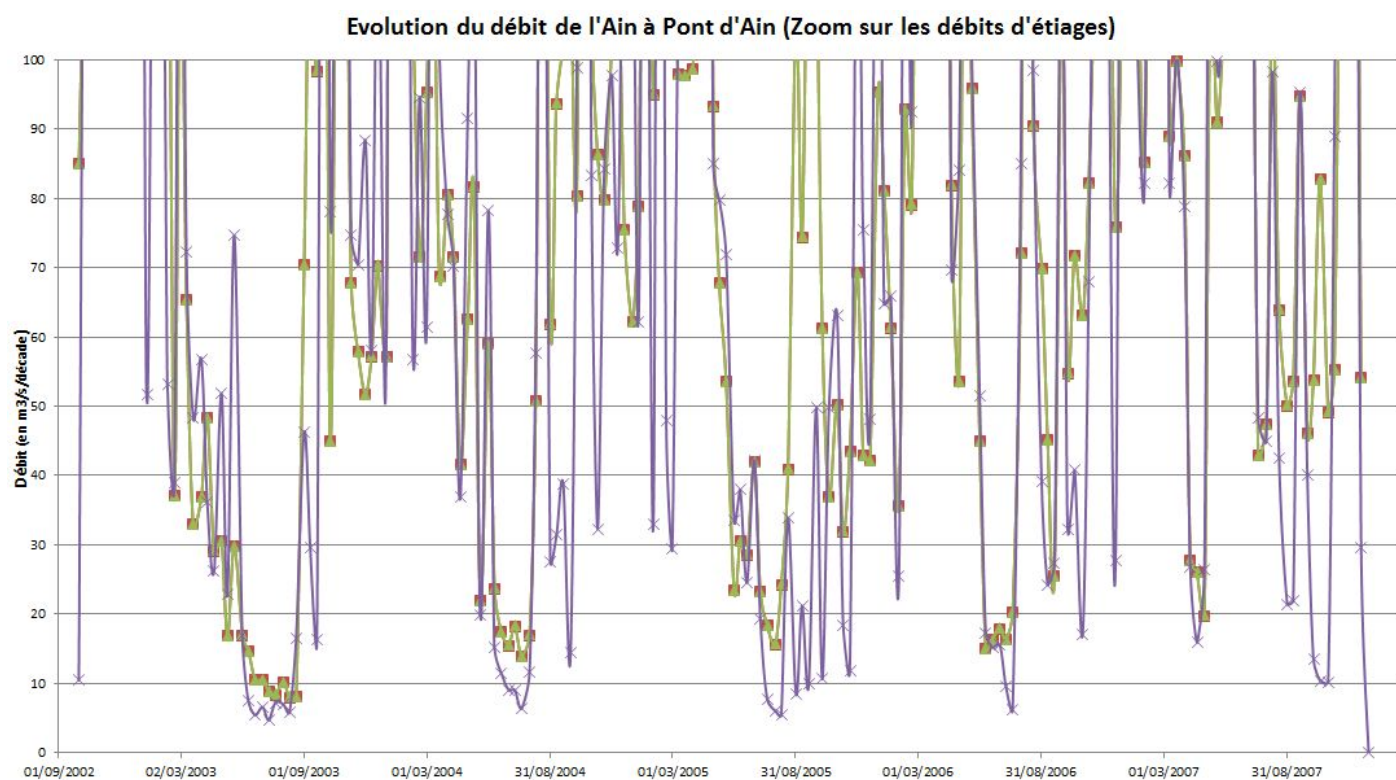
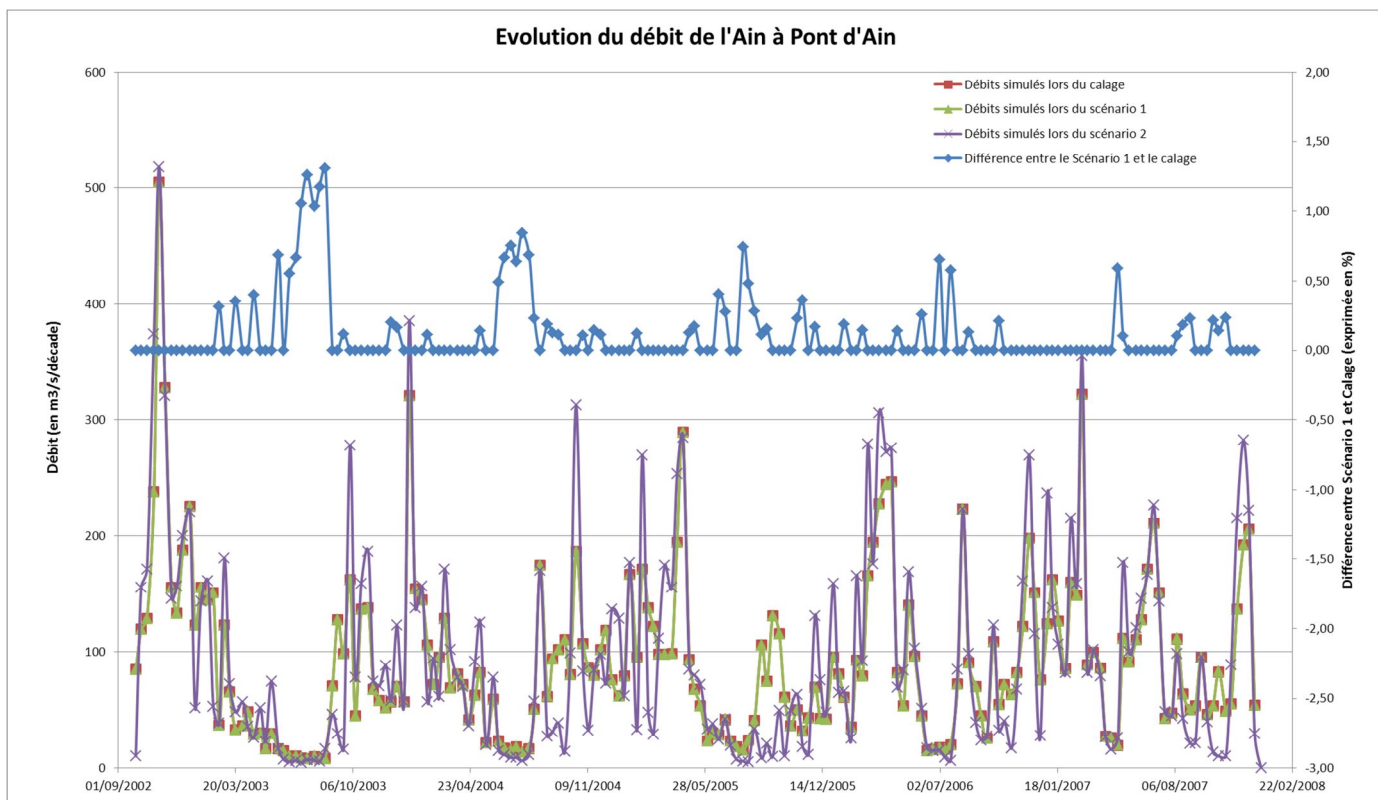
Ce scénario permet de déduire l'incidence spécifique des pompages en nappe sur les débits des cours d'eau pour un échantillon représentatif de cinq étiages intégrés à des cycles hydrologiques complets.

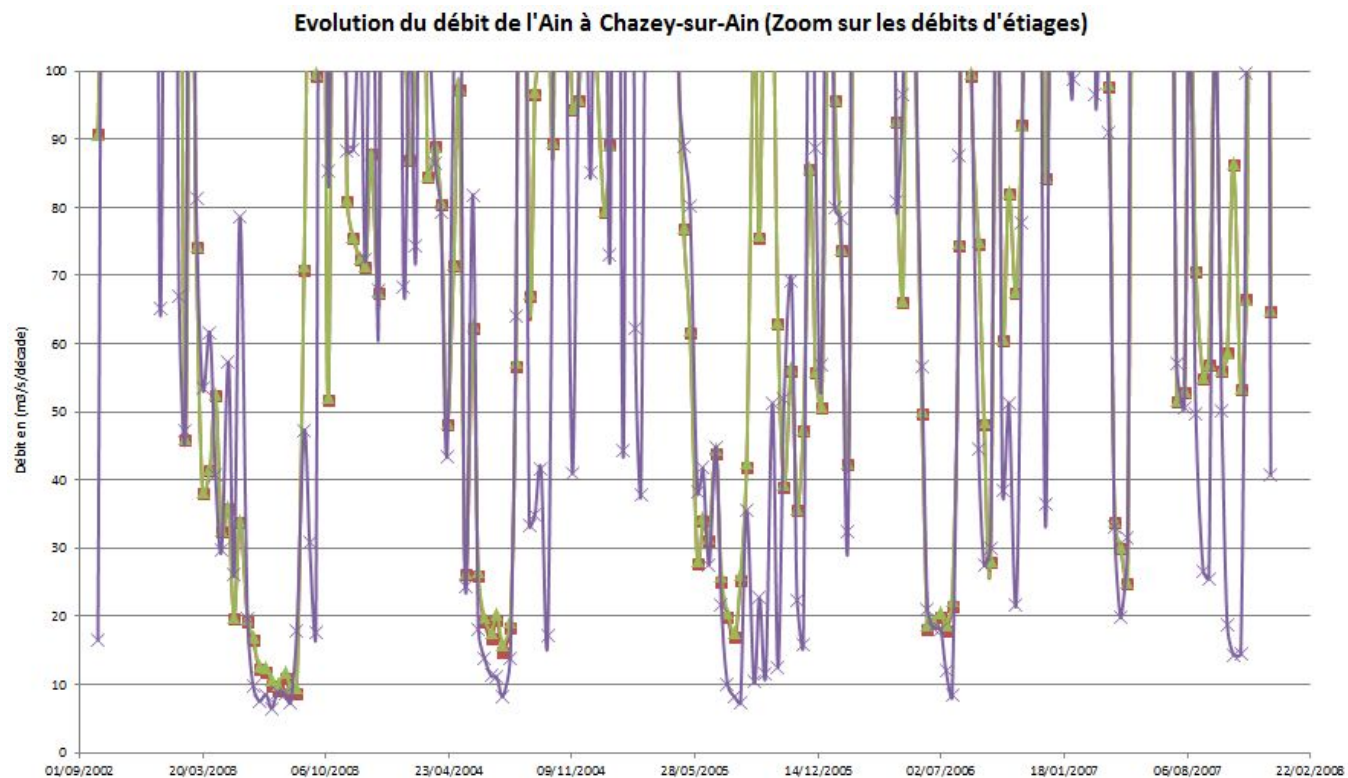
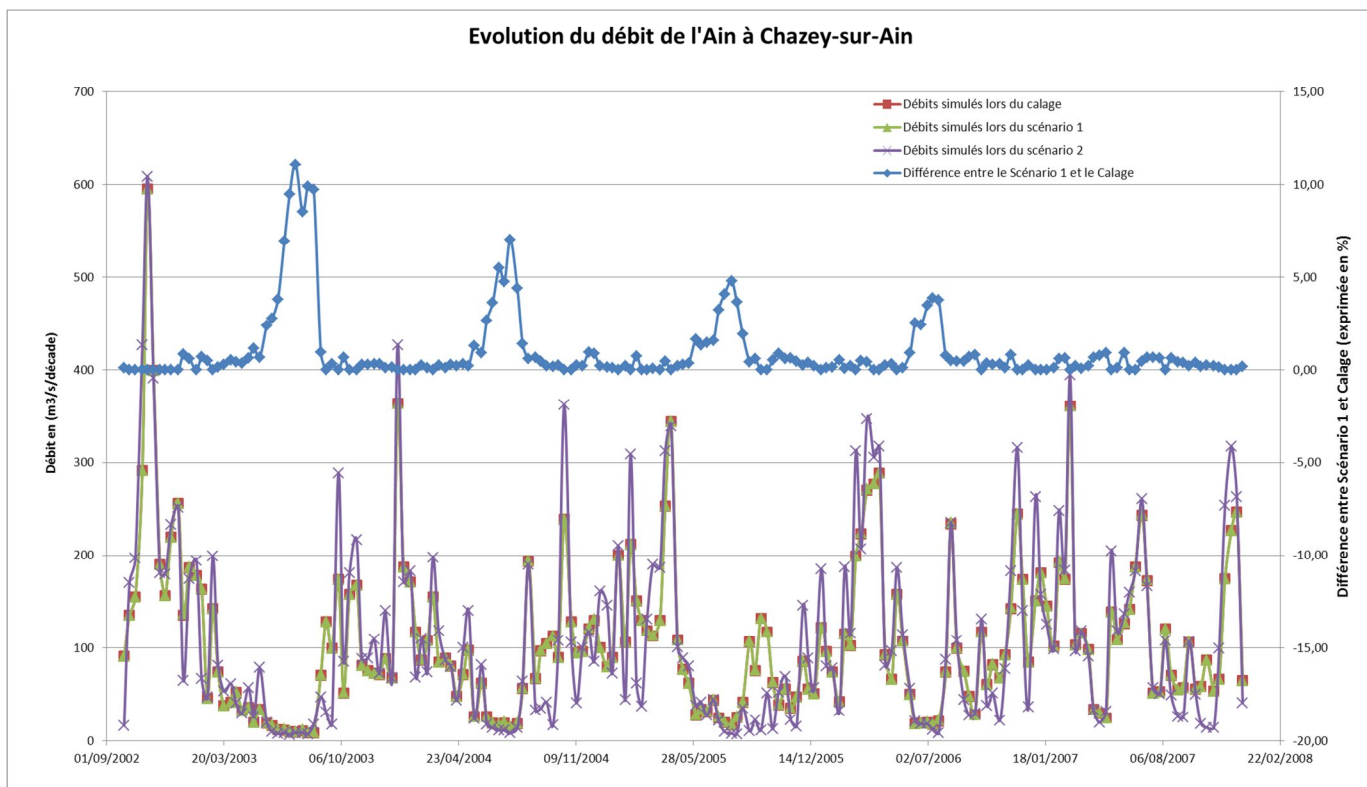
4.1.2. RESULTATS – COMPARAISON HYDROLOGIE INFLUENCEE-NON INFLUENCEE PAR LES PRELEVEMENTS EN NAPPE ET LES AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES (SCENARIO 2)

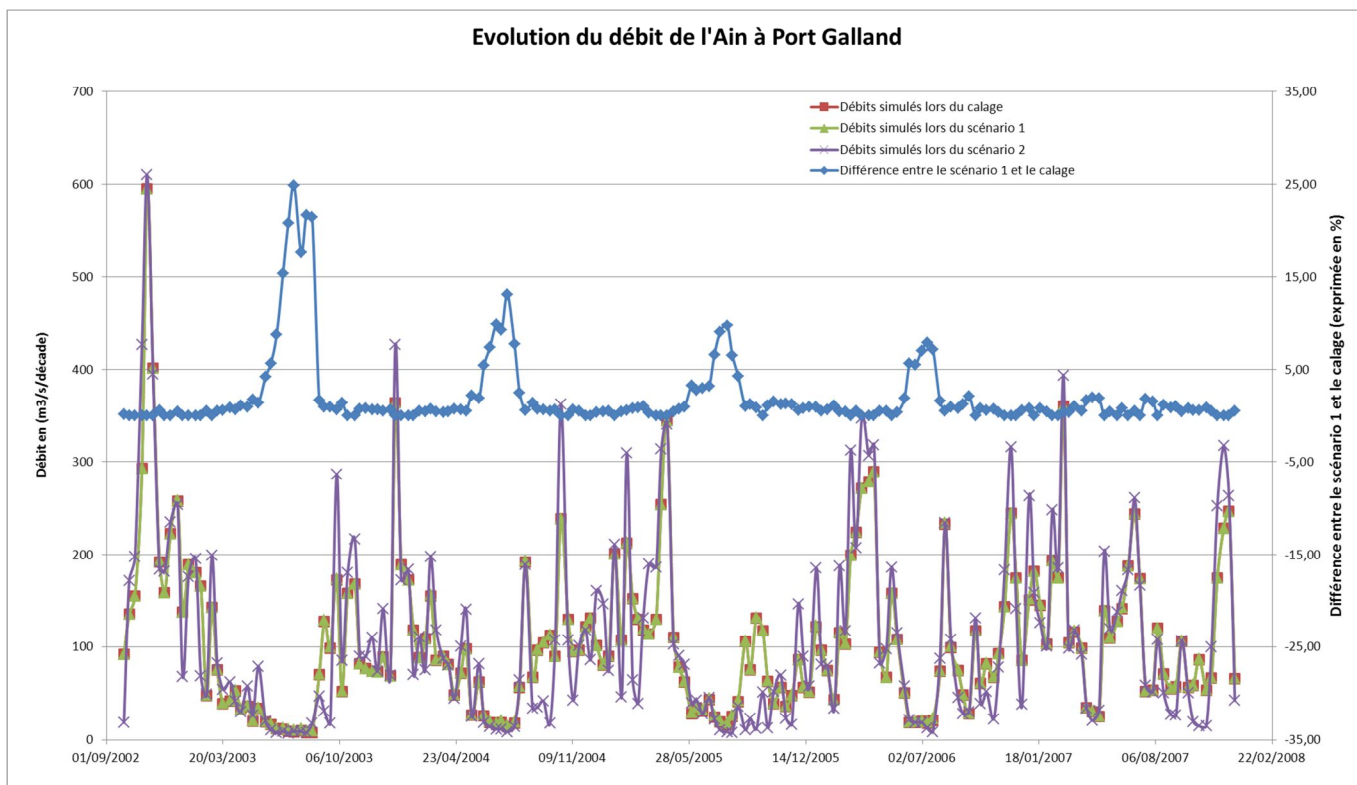
Les hydrogrammes résultants du deuxième cas de calcul simulé avec des apports amont naturels et en l'absence de pompage sont, bien entendu, principalement conditionnés par le débit entrant en amont de la Basse vallée de l'Ain qui diffère fortement de celui pris en compte dans le cas de l'état de référence (calage).

La principale conséquence de cette modification de condition aux limites est le passage à des débits minimum de l'Ain plus faibles en période estivale qui abaissent quelque peu la ligne d'eau de la rivière et augmentent légèrement le gradient global de drainage naturel de la nappe. Finalement le potentiel d'apport de la nappe aux cours d'eau de surface est légèrement supérieur à celui du scénario 1 alors que l'ensemble des niveaux de la nappe d'accompagnement de l'Ain sont plus bas que dans le scénario 1.

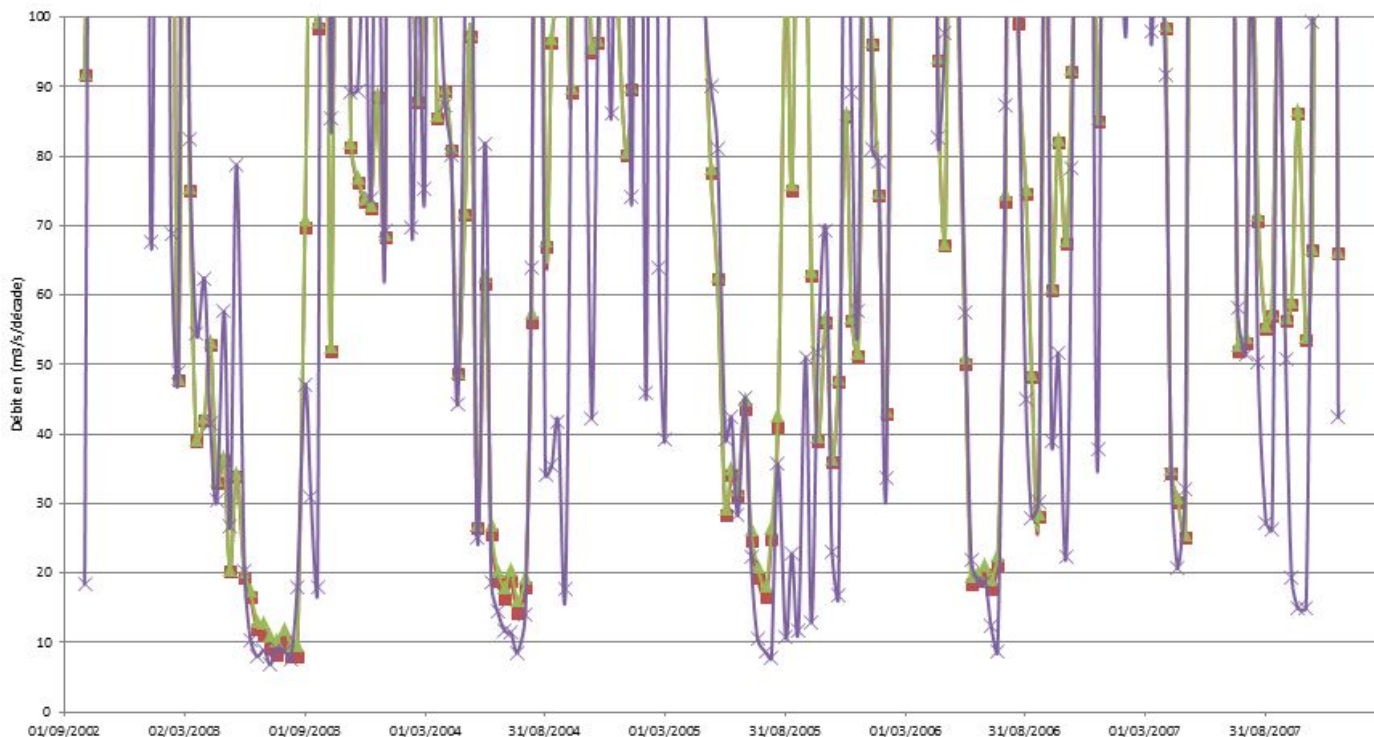
SYNDICAT MIXTE DU BASSIN VERSANT DE LA BASSE VALLEE DE L'AIN
ETUDE DE DETERMINATION DES VOLUMES MAXIMUM PRELEVABLES
RAPPORT DE PHASE 3 : QUANTIFICATION DES RESSOURCES EXISTANTES







Evolution du débit de l'Ain à Port Galland (Zoom sur les débits d'étiages)



4.1.3. CALCUL COMPLEMENTAIRE (SCENARIO 3)

Un troisième scénario portant sur l'hypothèse de pompage en nappe sans soutien d'étiage a fait l'objet d'une tentative de simulation qui n'a pas convergé. En effet ce scénario conduit à dépasser la potentialité hydraulique réelle de la nappe. Le blocage numérique du calcul (certaines cellules s'assèchent pendant la phase étiage) traduit en réalité une impossibilité physique de prélever un tel volume dans ce type de conditions. Ce « non résultat » met en lumière le lien fort entre capacité de pompage et soutien d'étiage à l'intérieur d'une bande de 1km de large le long de la rivière d'Ain

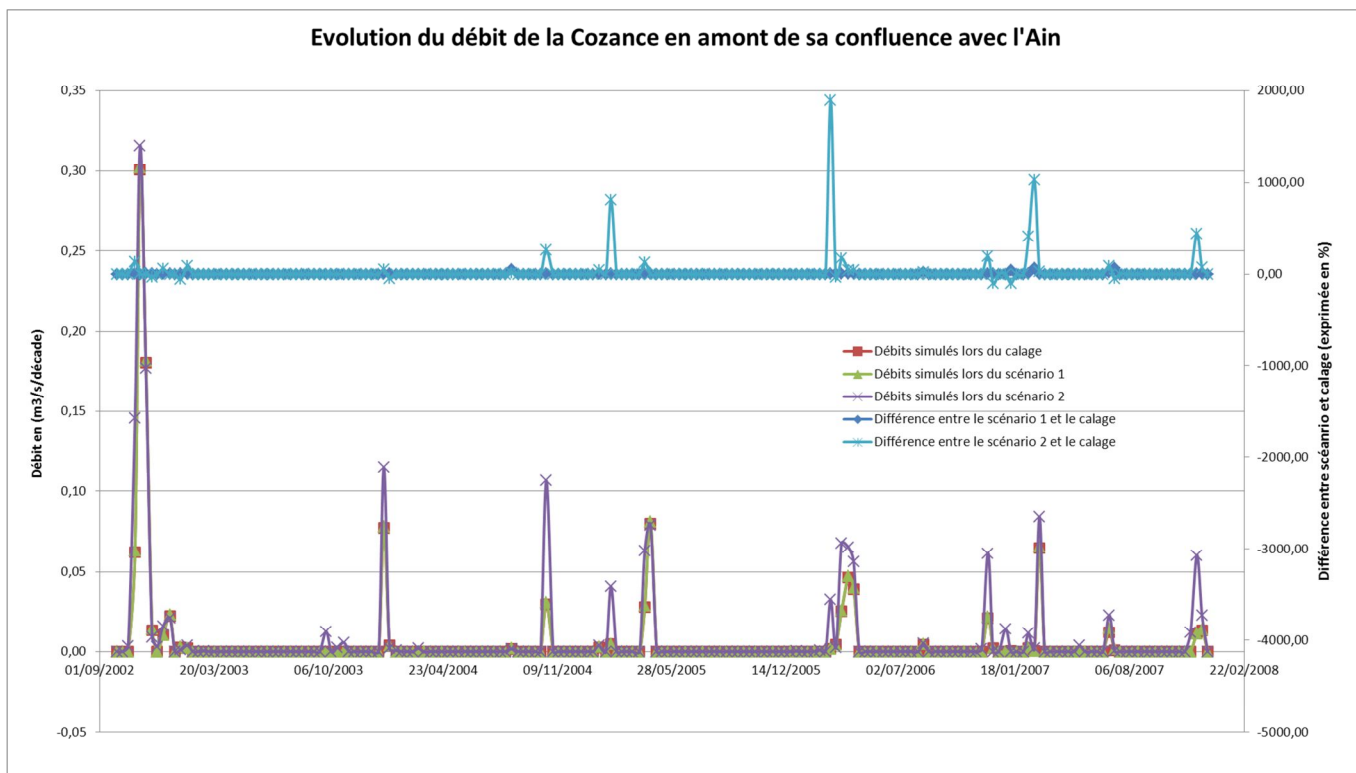
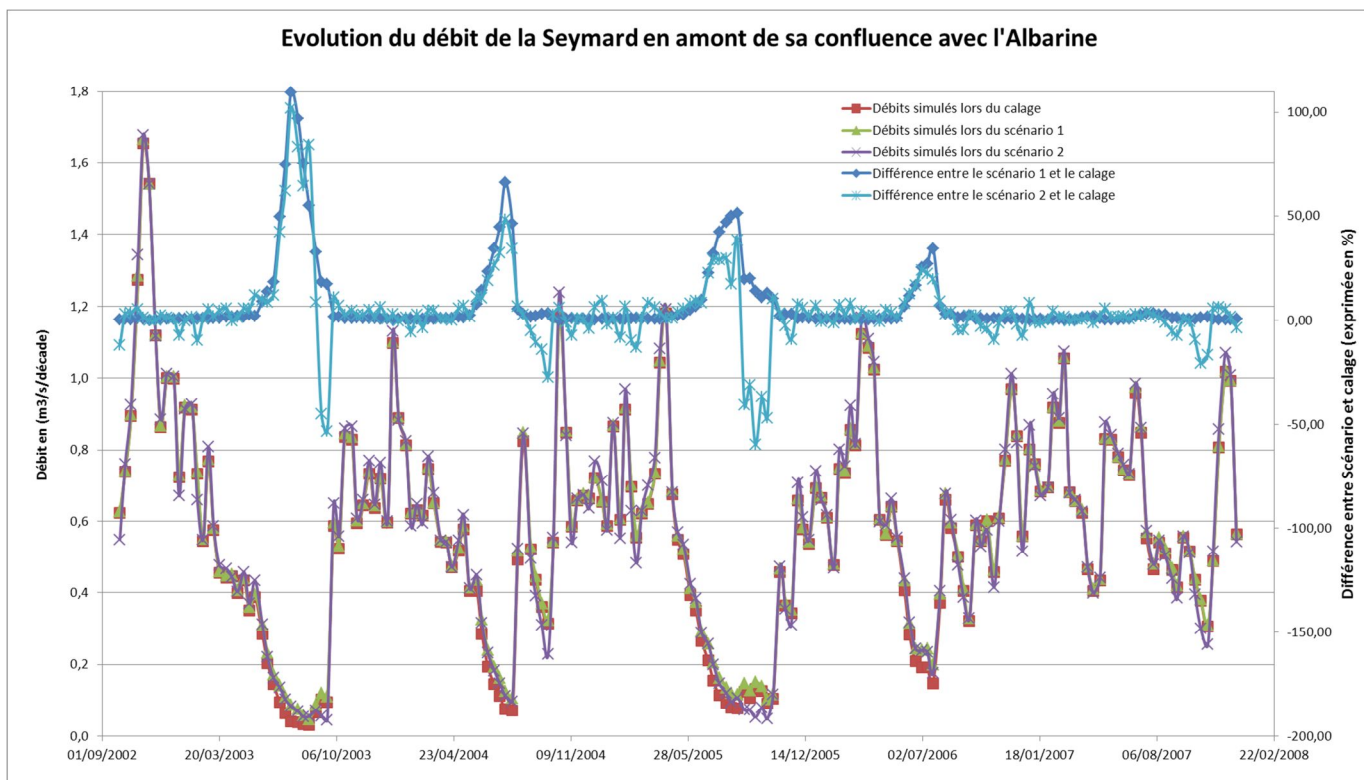
4.2. AFFLUENTS

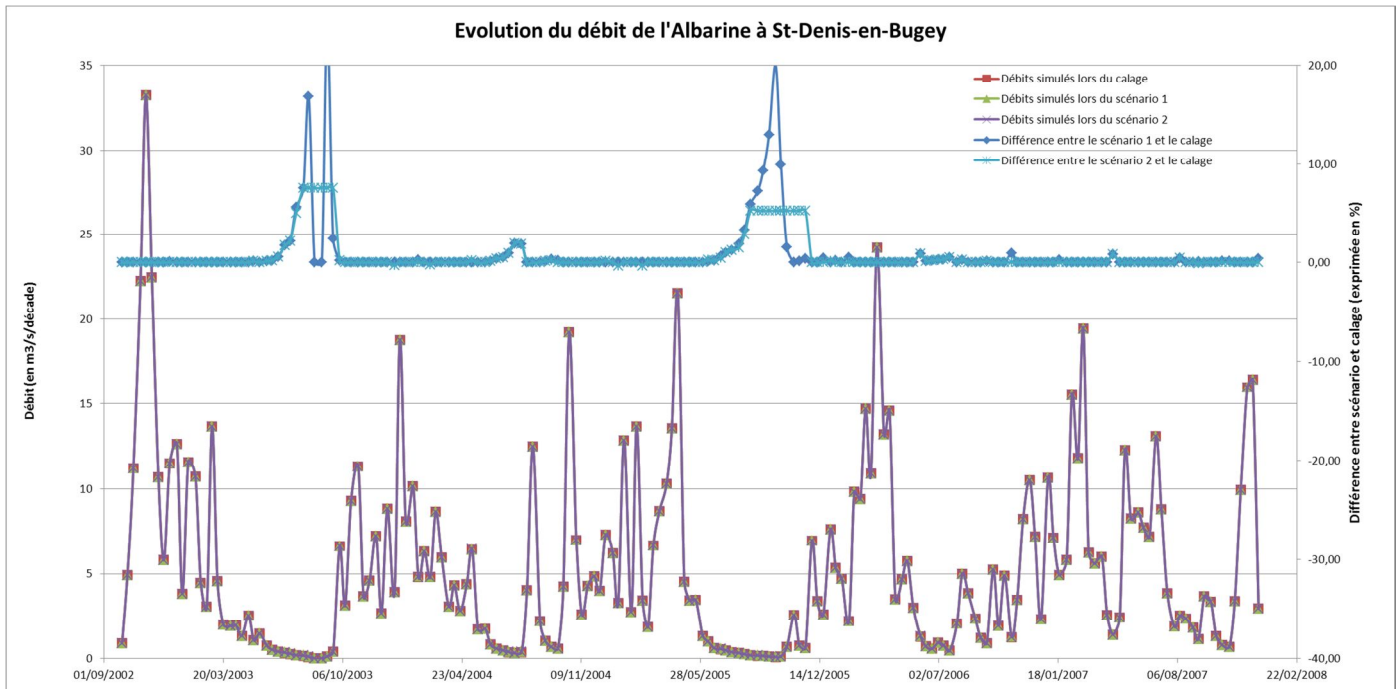
4.2.1. RESULTATS – COMPARAISON HYDROLOGIE INFLUENCEE-NON INFLUENCEE PAR LES PRELEVEMENTS EN NAPPE

Le deuxième cas de calcul simulé (Scénario N°1) avec apport amont naturels et absence de pompage en nappe permet de mettre en évidence :

- Sur le Seynard une réduction du débit de la rivière par l'effet des pompages comprise entre 2 et 75 % suivant l'intensité de l'étiage soit un débit relativement constant d'environ 50 l/s sur les années 2003, 2004 ou 2005.
- Sur la Cozance aval une réduction du débit de la rivière par l'effet des pompages de quelques l/s.
- Sur l'Albarine à Saint Denis en Bugey une réduction du débit de la rivière par l'effet des pompages (surtout pour les besoins en AEP) comprise entre 15 et 25 l/s en période d'étiage relativement peu important en pourcentage (7%) du débit d'étiage actuel.

L'incidence des pompages la plus marquée est obtenue pour l'année 2003 alors que la plus faible correspond à 2007. Le calage satisfaisant obtenu, ainsi que le caractère comparatif de ces simulations permet de garantir une marge d'incertitude inférieure à 10% en termes d'impact des pompages sur la nappe.





4.2.2. RESULTATS – COMPARAISON HYDROLOGIE INFLUENCEE-NON INFLUENCEE PAR LES PRELEVEMENTS EN NAPPE ET LES AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES

Le troisième cas de calcul (scénario N°2) simulé avec apport amont naturels et absence de pompage en nappe permet de mettre en évidence :

- Sur le Seynard la réduction du débit de ce cours d'eau par rapport à l'état non influencé qui est du même ordre de grandeur que dans le cas du scénario N°1 avec une différence de 50 l/s.
- Sur la Cozance la simulation traduit un à sec quasi permanent en période d'étiage sans différence avec l'état de référence.
- Sur l'Albarine à Saint Denis l'impact de ce scénario sur le débit du cours d'eau est similaire au scénario N°1 (15 à 25l/s en moins lié au pompage soit 7% d'incidence sur le débit d'étiage actuel) ce qui s'explique par l'absence d'influence de la rivière d'Ain.

4.3. SYNTHESE DES RESULTATS DU MODELE EN TERMES DE DEBIT DE SURFACE

Les résultats présentés plus haut constituent une première quantification de la ressource en eau naturelle globale du système alluvial de la basse vallée de l'Ain et de l'incidence des prélèvements souterrains pour deux hypothèses de gestion du bassin amont de l'Ain.

Le modèle a montré une très bonne sensibilité à la fois spatiale et temporelle qui a permis d'obtenir des résultats significatifs en valeur relative tant sur la rivière d'Ain que sur ces affluents dans le cas du scénario 1.

On peut également noter la forte influence du régime hydraulique saisonnier sur l'impact des prélèvements. Ainsi par exemple, le prélèvement souterrain (tous usages confondus) de 2007 (34 millions de m³) ne réduit le débit à Chazey que de seulement 0,2 m³/s alors que l'impact de prélèvements est de 1,1 m³/s en juillet 2003 (pour 58 millions de m³ prélevés).

De la même manière le fait de passer d'un apport amont influencé à un apport naturel en période d'étiage (arrêt du soutien à Allement) augmente la sensibilité aux pompages dans la nappe et accroît l'incidence de ces derniers en particulier dans la nappe d'accompagnement de la rivière d'Ain.

4.4. REPRESENTATIVITE DES DEBITS SIMULES.

La période 2002-2007 (on entend que les cinq étiages de 2003 à 2007 inclus sont représentés) est une période homogène en termes de prélèvements et les volumes y sont bien connus. Pour autant, la période est réduite pour le calcul de valeurs statistiques (5 années) par rapport à l'ensemble de la période disponible (53 années).

La comparaison des hydrogrammes permet néanmoins de déterminer par différence et en pourcentage du débit de la rivière d'Ain l'incidence spécifique des pompages en nappe sur une période déficitaire marquée par plusieurs épisodes de crise d'étiage.

La décomposition des apports en eau souterraine vers la rivière d'Ain suivant trois tronçons caractéristiques apporte un éclairage sur la capacité de la nappe à rafraîchir la masse d'eau de quelques degrés en particulier en rive gauche de la Rivière d'Ain.

On constate que c'est surtout entre la confluence avec la Cozance et Chazey que la réduction des apports de nappe est la plus marquée (de l'ordre de 1 m³/s en année sèche)

4.5. ESTIMATION DE L'HYDROLOGIE NON INFLUENCEE

Dans le cas de la Basse vallée de l'Ain, l'hydrologie non influencée correspond à un état du système sans pompage en nappe de toute nature et sans déplacement de volume par la retenue de Vouglans.

En cumulant les résultats de l'analyse hydrologique et de la modélisation (scénario 1) on aboutit au tableau suivant :

SYNTHESE DES DEBITS « NATURELS » (M³/S) ESTIMES SUR LE TERRITOIRE

Désignation	VCN10_5 nat m ³ /s	QMNA_5 nat m ³ /s
Pont d'Ain	6,8 (6%)	10,5 (4%)
Chazey/Ain	8,7 (15%)	12,7 (10%)

Les pourcentages en rouge traduisent la part fournie par les apports souterrains

Compte tenu des diverses remarques concernant la précision des données de base et l'analyse des différents résultats de calcul, les valeurs absolues des débits sont à considérer avec une marge d'erreur de +/- 10%.

5. POINTS DE REFERENCE

5.1. EAU DE SURFACE

Les points stratégiques de référence sont des points sur lesquels les débits (ou les niveaux de nappes) sont suivis, de manière continue (station hydrométrique, piézomètre) ou occasionnelle, afin d'apprécier l'état de la ressource et des prélèvements. Des niveaux seuils seront proposés à ces points afin d'anticiper la crise puis d'éventuellement prendre des mesures (arrêtés) en cas de dépassement de ces seuils à la baisse.

Sur le bassin, deux points de suivi des eaux superficielles sont d'ores et déjà en fonctionnement à Pont d'Ain et Chazey/Ain (point nodal du SDAGE à la confluence Ain-Rhône).

Il nous semblerait judicieux de conserver ces deux stations comme points stratégiques de référence pour les raisons suivantes :

- Elles disposent chacune d'un historique de 53 années extrêmement précieux à conserver en vue de suivre les tendances climatiques à long terme.
- Elles se situent aux points clés du bassin aval de la rivière d'Ain la première étant très voisine de celle d'Allement donc bien placée pour suivre les apports amont, la seconde étant située en aval des principaux affluents et zones d'apport de nappe de la Basse Plaine.

5.2. PIEZOMETRES

Au niveau de la nappe alluviale, le choix des piézomètres de référence doit s'appuyer sur différents critères dont ceux de la sollicitation de la nappe, de la période de suivi disponible et des impacts relevés dans les scénarios réalisés.

A partir du croisement de ces différents critères, ARTELIA fait une proposition concernant les piézomètres qui lui semblent les plus pertinents pour servir de piézomètres de référence.

Les piézomètres de Chazey, Leyment, St-Jean-le-Vieux et Pérouges sont situés sur des zones où les impacts des prélèvements sont notables d'après les résultats du scénario 1. Mais Leyment n'est plus suivi actuellement et Pérouge est trop directement influencé par un pompage

Le piézomètre de Saint-Vulbas, situé loin des zones d'impacts des prélèvements et de l'Ain, permet d'avoir un élément comparatif vis-à-vis de ces impacts.

L'ouvrage de Saint-Maurice-de-Remens permet de voir l'influence de l'Albarine et du Seynard.

Après avis du secrétariat technique nous proposons de retenir comme piézomètre de référence d'alerte :

- **Meximieu2 (DREAL)**
- **Chazey**

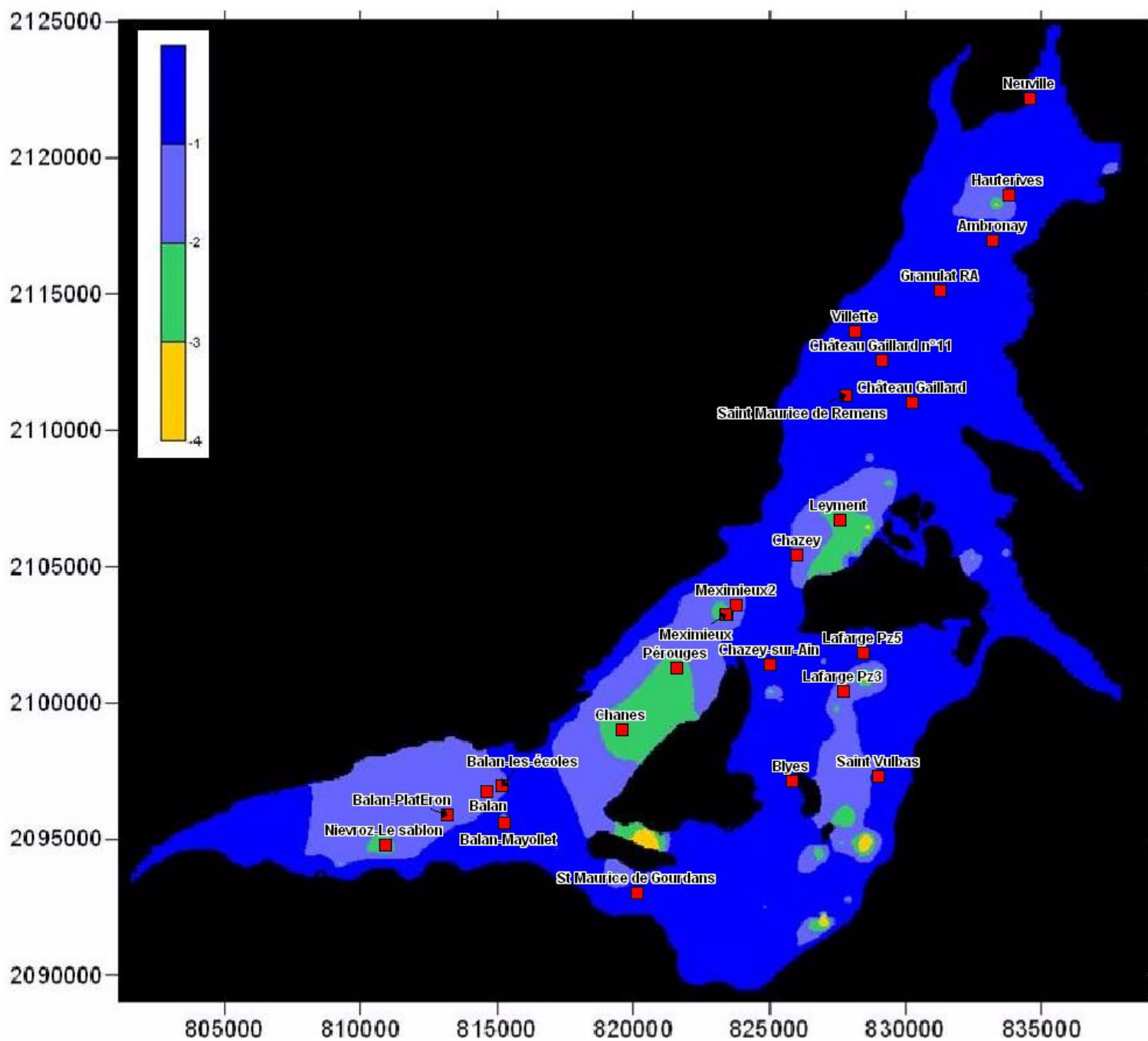


Figure N° 31. LOCALISATION DES OUVRAGES LISTES VIS-A-VIS DES ZONES D'IMPACT DES PRELEVEMENTS (D'APRES LE SCENARIO N°1)

SYNDICAT MIXTE DU BASSIN VERSANT DE LA BASSE VALLEE DE L'AIN
 ÉTUDE DE DETERMINATION DES VOLUMES MAXIMUM PRELEVABLES
 RAPPORT DE PHASE 3 : QUANTIFICATION DES RESSOURCES EXISTANTES

Commune	Gestionnaire	Correspondance Modèle	Date premiere mesure	Période de suivi	Période de Suivi	Zone d'impact des prélèvements (Scen 1)	Proposition de piézomètre de référence	Remarques
Blyes	SBVA	Blyes	2006	28/02/06 au 21/08/06 - Ponctuels été 2007 - depuis le 29/01/08	+			
Villette	SBVA	Villette	2004	17/09/04 au 15/11/05 + depuis 01/02/07	+			Proximité Ain
Ambronay	SBVA	Granulat RA	2005	28/06/05 au 15/11/05 - depuis le 29/01/08	+			Proximité carrière
Chazey	SBVA		2009	Ponctuels 2009 - depuis le 07/06/10		+		
Château Gaillard	SBVA		2009	Ponctuels 2009 - depuis le 08/06/10				
Château Gaillard	SBVA		2009	Ponctuels été 2009 - depuis le 08/06/10				
St Maurice de Gourdans	SBVA		2009	Ponctuels été 2009 - depuis le 29/07/10				
Neuville	SBVA		2009	depuis le 08/06/10				
Leyment	SBVA	Leyment	2004	de 09/04 à 11/05 - détruit depuis		++	X	Suivi arrêté
Saint Jean le Vieux	BRGM	Hauterives	2007	11/04 à 06/05 et depuis 03/2007	+	+	X	A proximité d'un plan
Saint Maurice de Remens	CG01	Saint Maurice de Remens	2002	depuis 10/02	++		X	Proximité Albarine
Saint Vulbas	BRGM	Saint Vulbas	1978	depuis 1979	+++		X	proximité Rhône
Meximieux	DREAL	Meximieux	1983	de 08/83 à 07/07	++	+		Pompage
Meximieux2	?		2009	depuis 01/09		+		
Balan	CG01	Balan	2002	depuis 10/02	++	+		
Balan-les-écoles	ASIA	Balan les Ecoles	2003	ponctuels depuis 2002-2003	++	+		
Balan-Mayollet	ASIA	Balan Mayollet	2003	ponctuels depuis 2002-2003	++	+		
Balan-PlatEron	ASIA	Balan PlatEron	2003	ponctuels depuis 2002-2003	++	+		
Meximieux	ASIA		2003	ponctuels 2002-2009	++	+		Pompage
Nievroz-Le sablon	ASIA	Nievroz le sablon	2003	ponctuels depuis 2002-2003	++	++		
Pérouges	ASIA	Pérouges	2003	ponctuels depuis 2002-2003	++	++	X	
Chazey-sur-Ain	ASIA	Chazey-sur-Ain	2003	ponctuels depuis 2002-2003	++			
Chanes	ASIA	Chanes	2003	ponctuels depuis 2002-2003	++	++		
Ambronay	SIERA		2007	depuis 2007 ?	+			
Sainte-Julie	LAFARGE	Lafarge Pz3	2002	de 2002 à 2009	++	+		Proximité carrière
Sainte-Julie	LAFARGE	Lafarge Pz5	2002	de 2002 à 2009	++			Proximité carrière

Tableau N° 6. PROPOSITION DE PIEZOMETRES DE REFERENCE SELON DIFFERENTS CRITERE

CONCLUSION DE LA PHASE 3 ET POURSUITE DE L'ETUDE

Au cours de cette phase, nous avons pu mettre en évidence le fonctionnement de la rivière d'Ain, et l'influence des activités anthropiques sur son débit. Nous avons également caractérisé les échanges entre les cours d'eau et les eaux souterraines de la nappe alluviale de la plaine de l'Ain, et évalué l'impact des prélèvements effectués dans ces alluvions sur la piézométrie et les échanges nappes/rivière.

Il ressort ainsi que les échanges avec les eaux souterraines sont déterminants pour définir un débit caractéristique non influencé aux deux points de référence du bassin.

Le comportement hydrodynamique de la nappe alluviale de la plaine de l'Ain a pu être appréhendé par le biais d'une modélisation hydrogéologique qui a permis de vérifier l'influence des prélèvements en nappe et des barrages amont sur la piézométrie à travers l'utilisation d'un outil spécifique (module « *Stream* »), ce modèle permet de mieux appréhender les échanges nappe-rivière.

Ainsi, avec une hypothèse de débit amont influencé par les barrages, l'influence des prélèvements, tous usages confondus, dans la plaine alluviale se traduit par une diminution du soutien de la nappe au débit des rivières comprise entre 0.2 et 1,1 m³/s à Chazey et entre 0.4 et 1.6 m³/s à la confluence avec le Rhône selon l'intensité de l'étiage

Cette diminution se cumule d'amont en aval ; très peu sensible au droit de Pont d'Ain, elle tend vers un maximum au niveau de Port Galland.

En termes de ressource naturelle, on peut définir par calcul des débits caractéristiques cohérents avec les valeurs de la période antérieure à 1968.

La comparaison avec les valeurs de débit caractéristique en régime influencé montre que la régulation d'étiage due aux aménagements hydroélectriques atténue l'impact des prélèvements en période estivale.

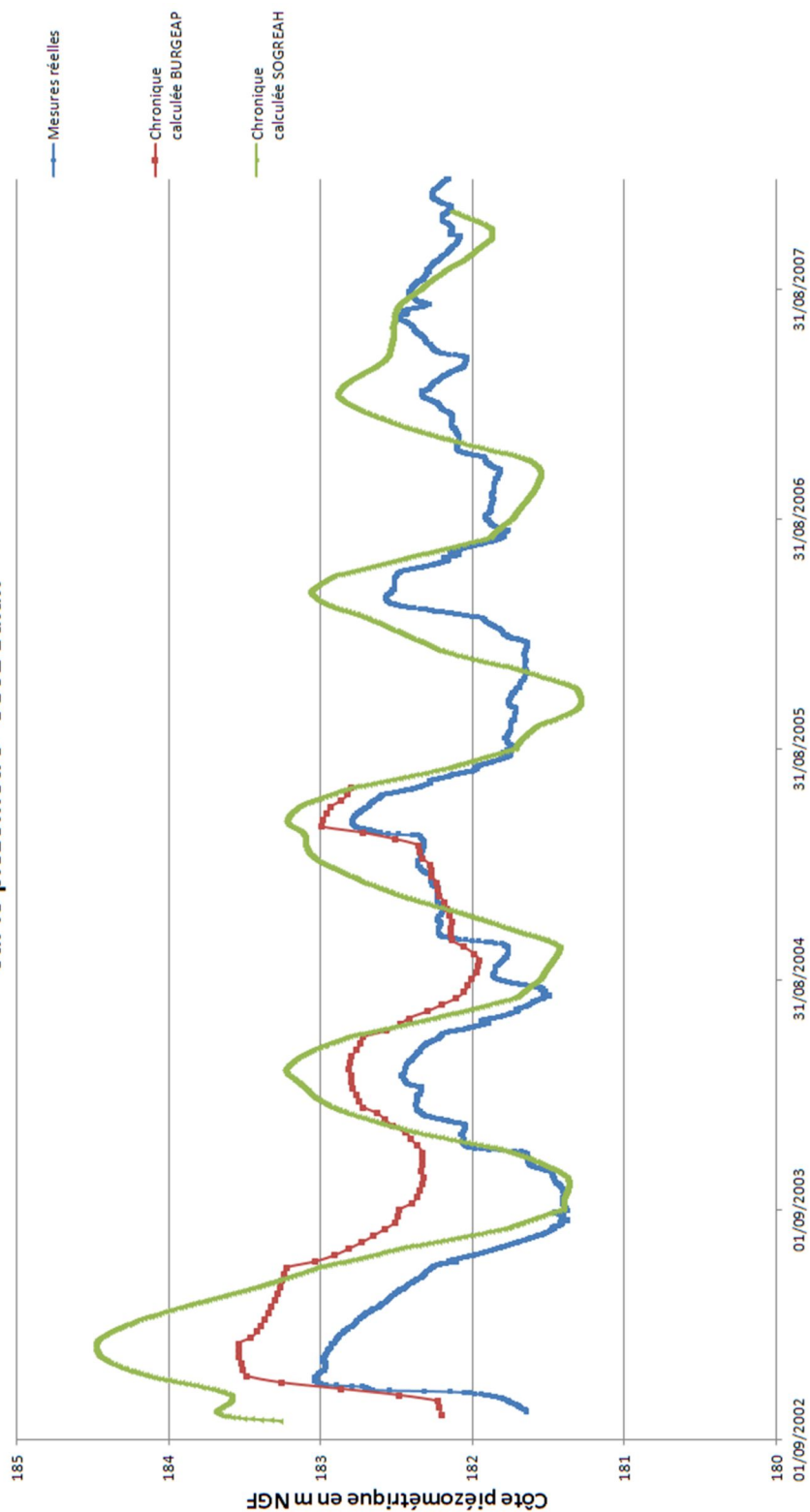
Ce travail de Phase 3 nous a permis de mettre en évidence l'impact anthropique sur le débit des cours d'eau et les niveaux de nappe. Il nous a également permis de proposer des estimations chiffrées de débits caractéristiques d'étiage non influencés sur le bassin versant, qui serviront de base à la discussion au cours de la Phase 4.

La Phase 4 de la présente étude va consister en la détermination d'un Débit Biologique (DB) aux stations préalablement définies. Cette estimation va s'appuyer sur la caractérisation des éclusées, mais également sur l'expertise du cabinet EPTEAU, en charge plus particulièrement de la réalisation de cette phase.

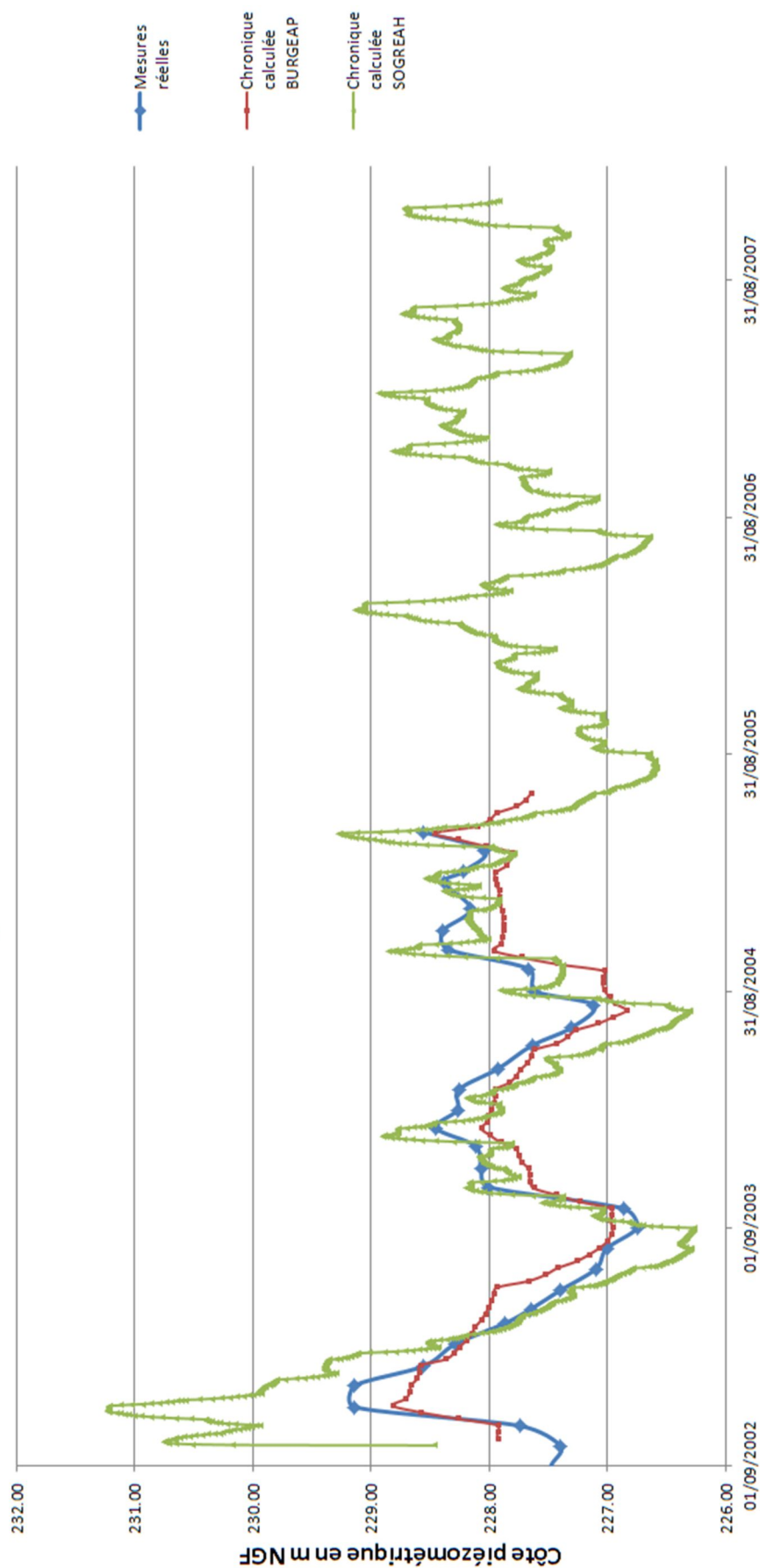
L'estimation de ces débits biologiques servira de base à la détermination des volumes prélevables en Phase 5.

**Annexe N° 1..... CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES (CALAGE
DU MODELE)**

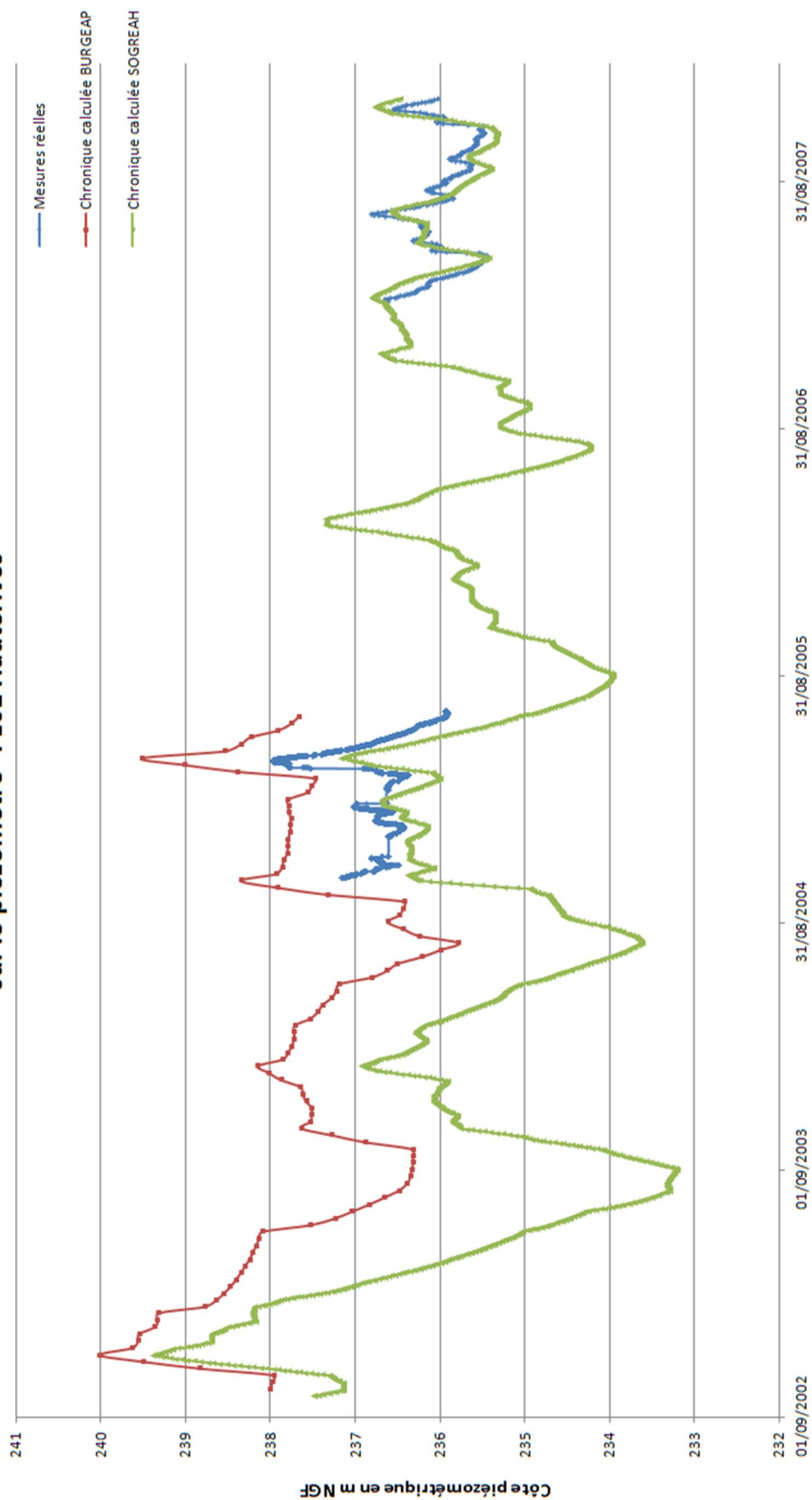
Comparaison des niveaux observés et simulés
sur le piézomètre "CG01 Balan"



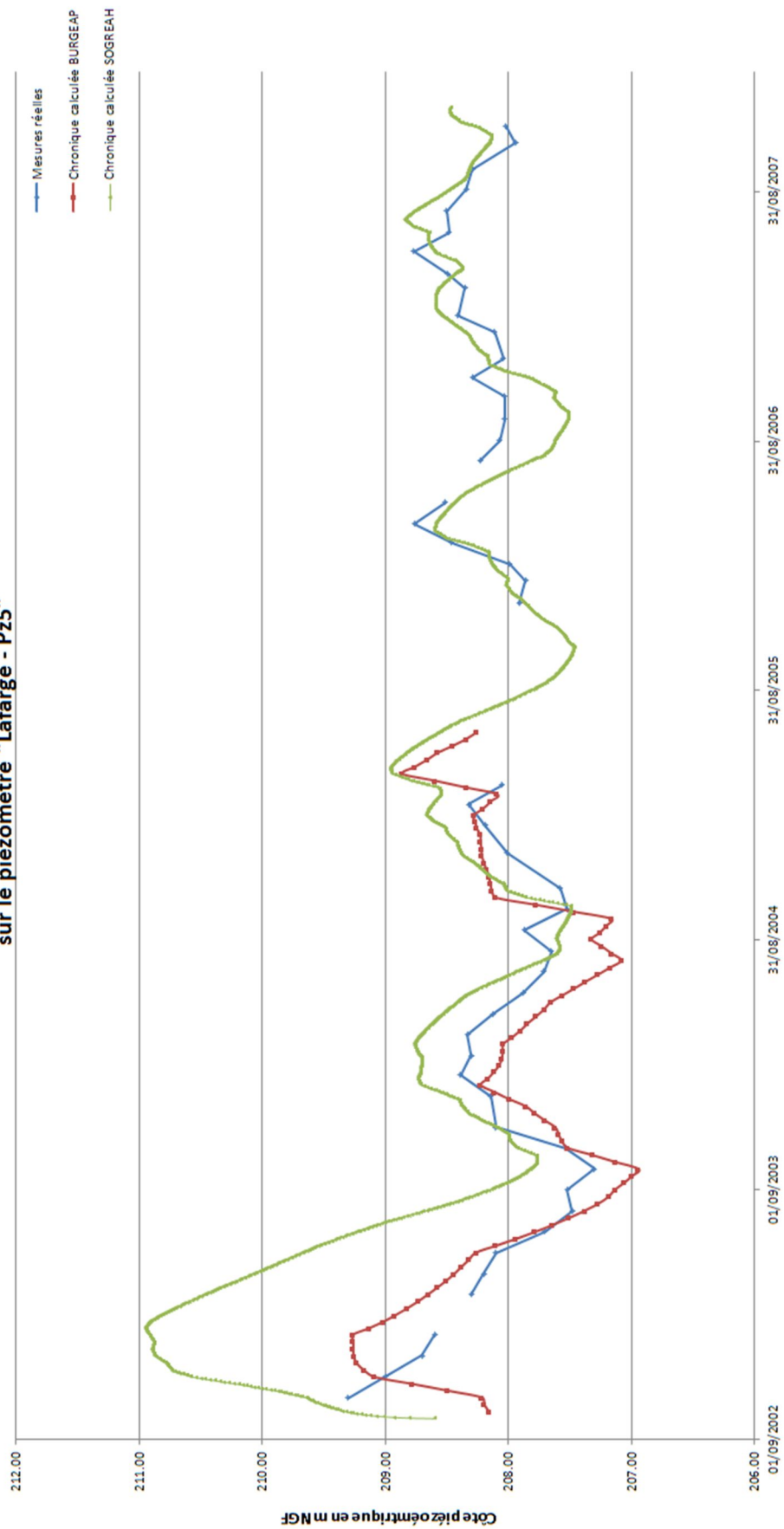
Comparaison des niveaux observés et simulés
sur le piézomètre "Granulat RA"



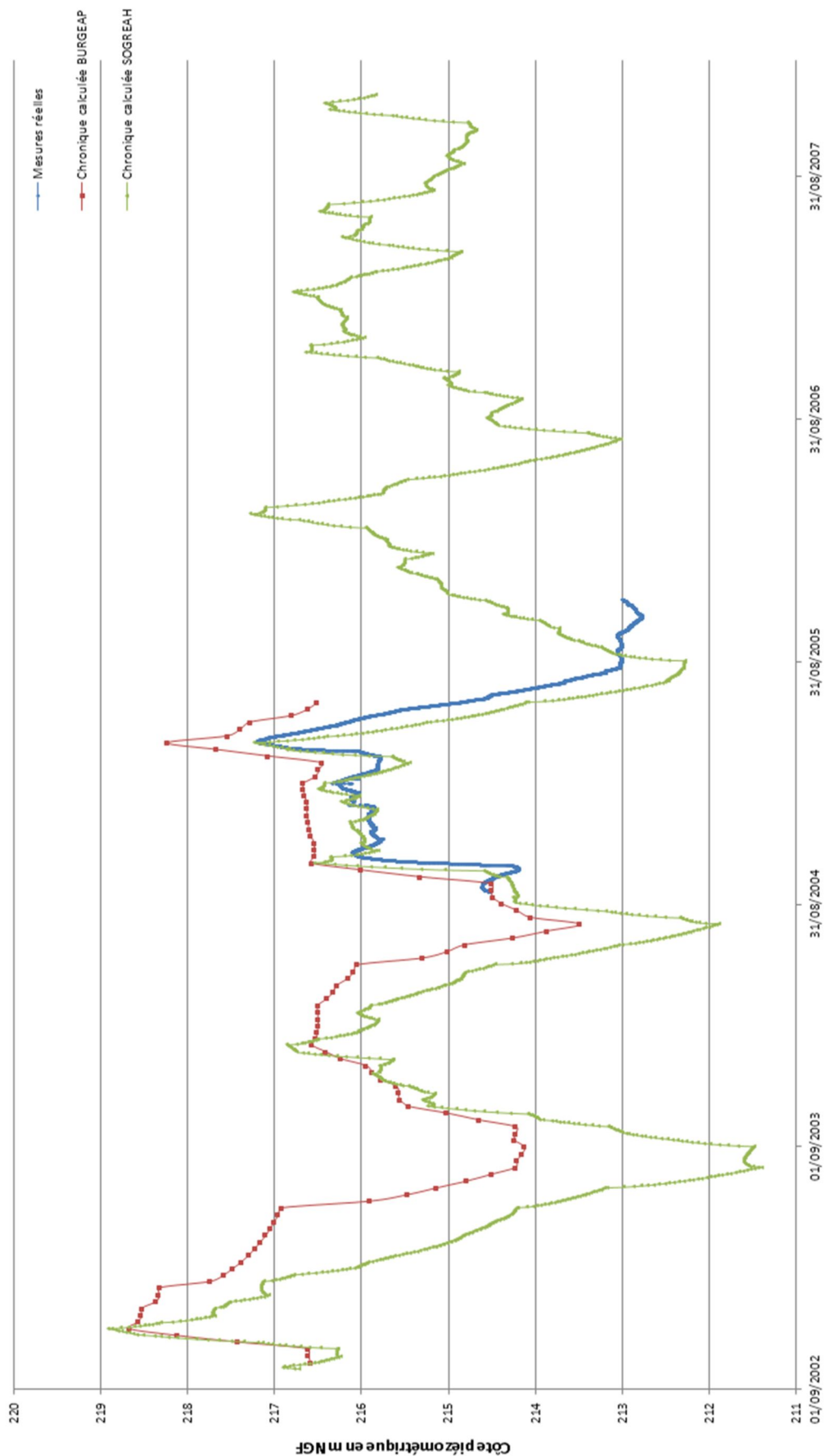
Comparaison des niveaux observés et simulés
sur le piézomètre "Pz01 Hauterives"



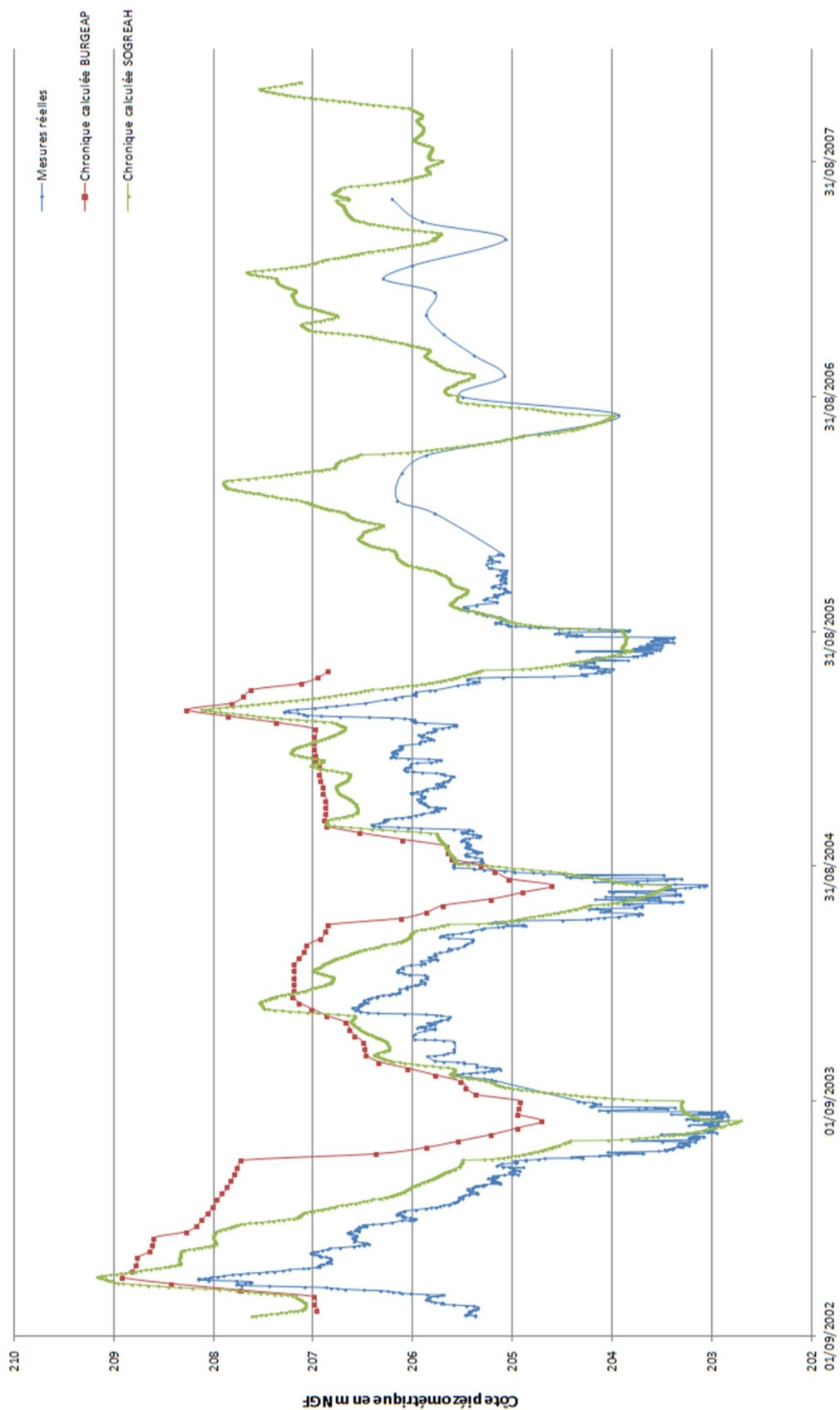
Comparaison des niveaux observés et simulés
sur le piézomètre "Lafarge - Pz5"



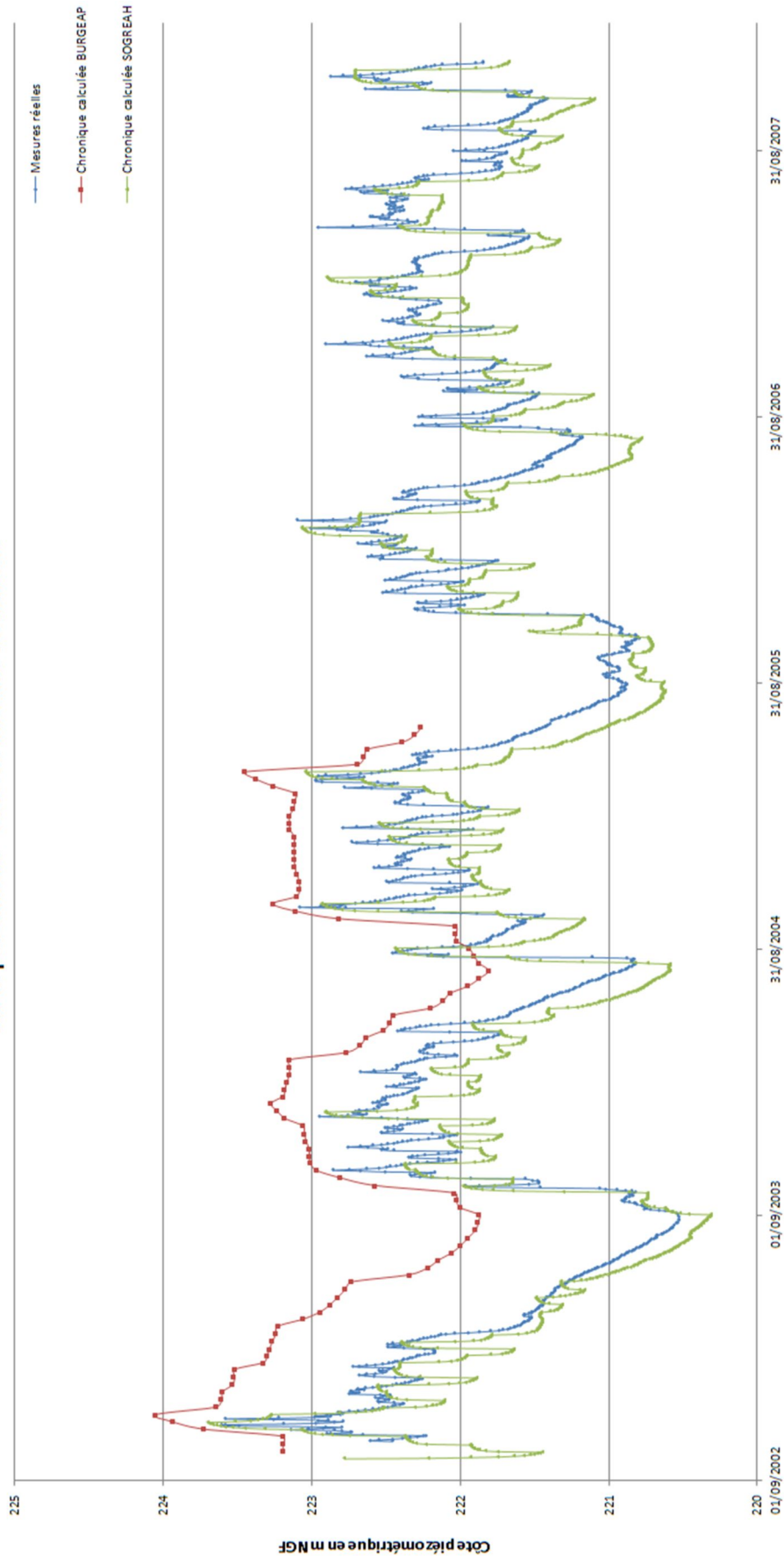
Comparaison des niveaux observés et simulés
sur le piézomètre "Pz05 Leyment"



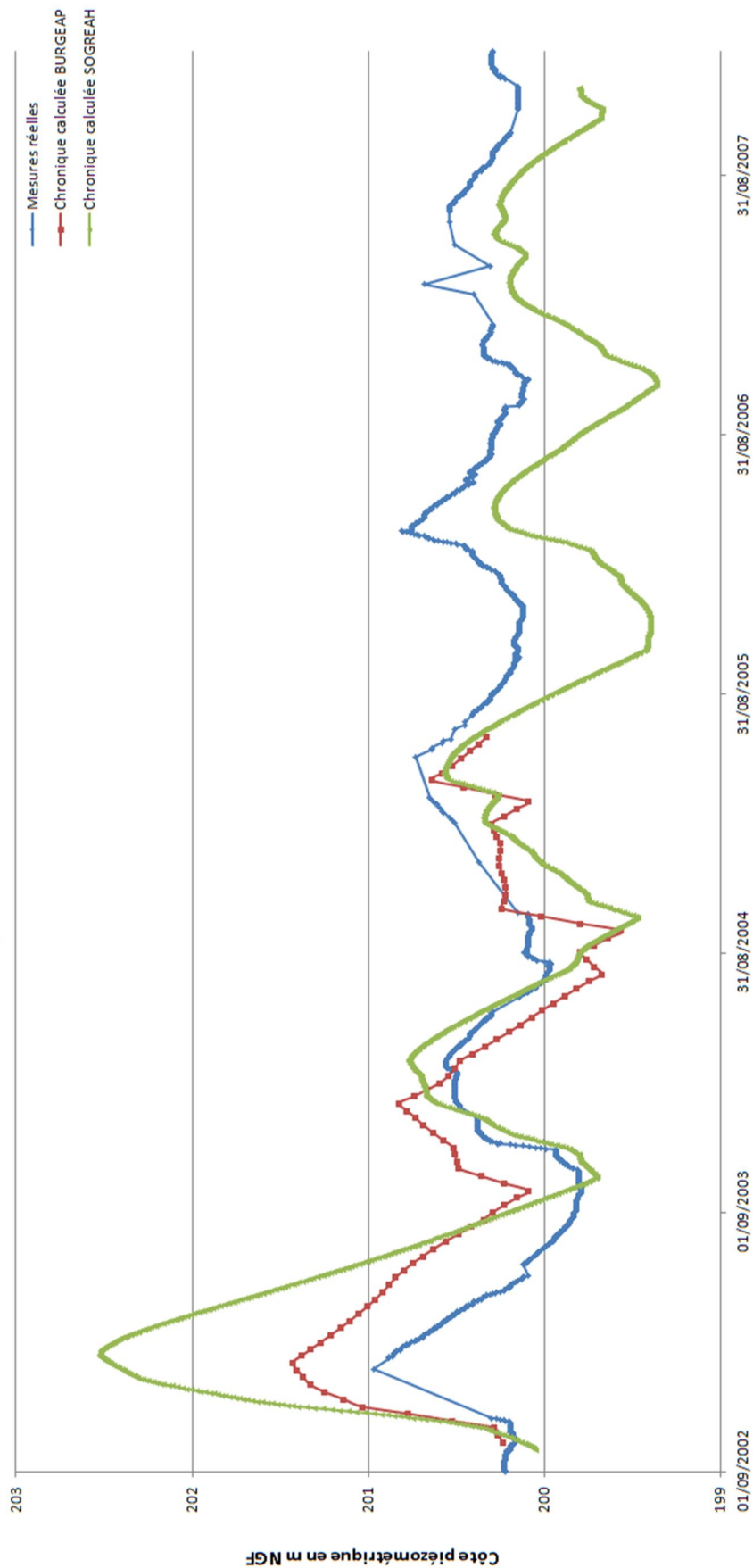
Comparaison des niveaux observés et simulés
sur le piézomètre "DIREN Meximieux"



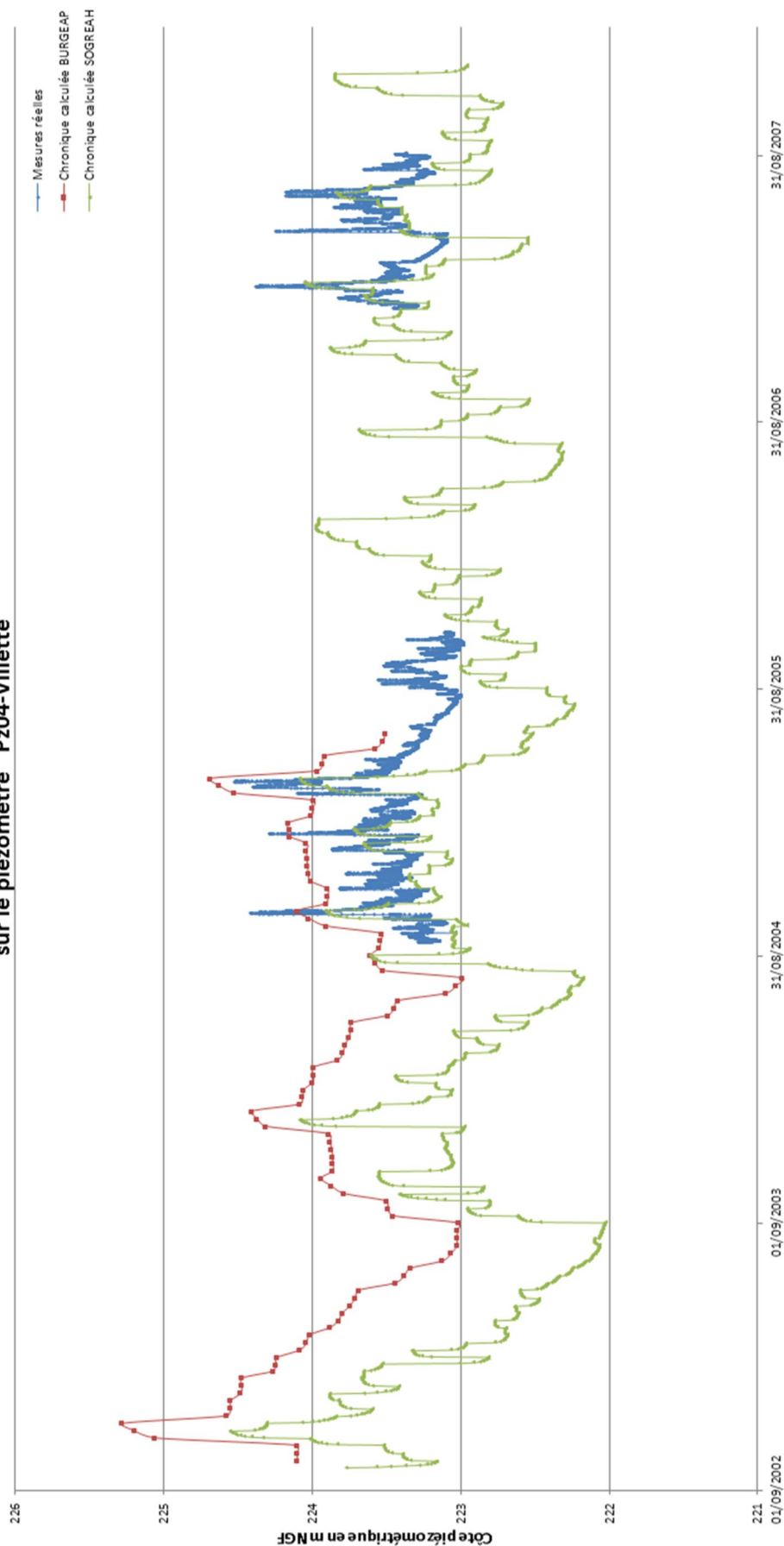
Comparaison des niveaux observés et simulés
sur le piézomètre "CG01 St Maurice de Remens"



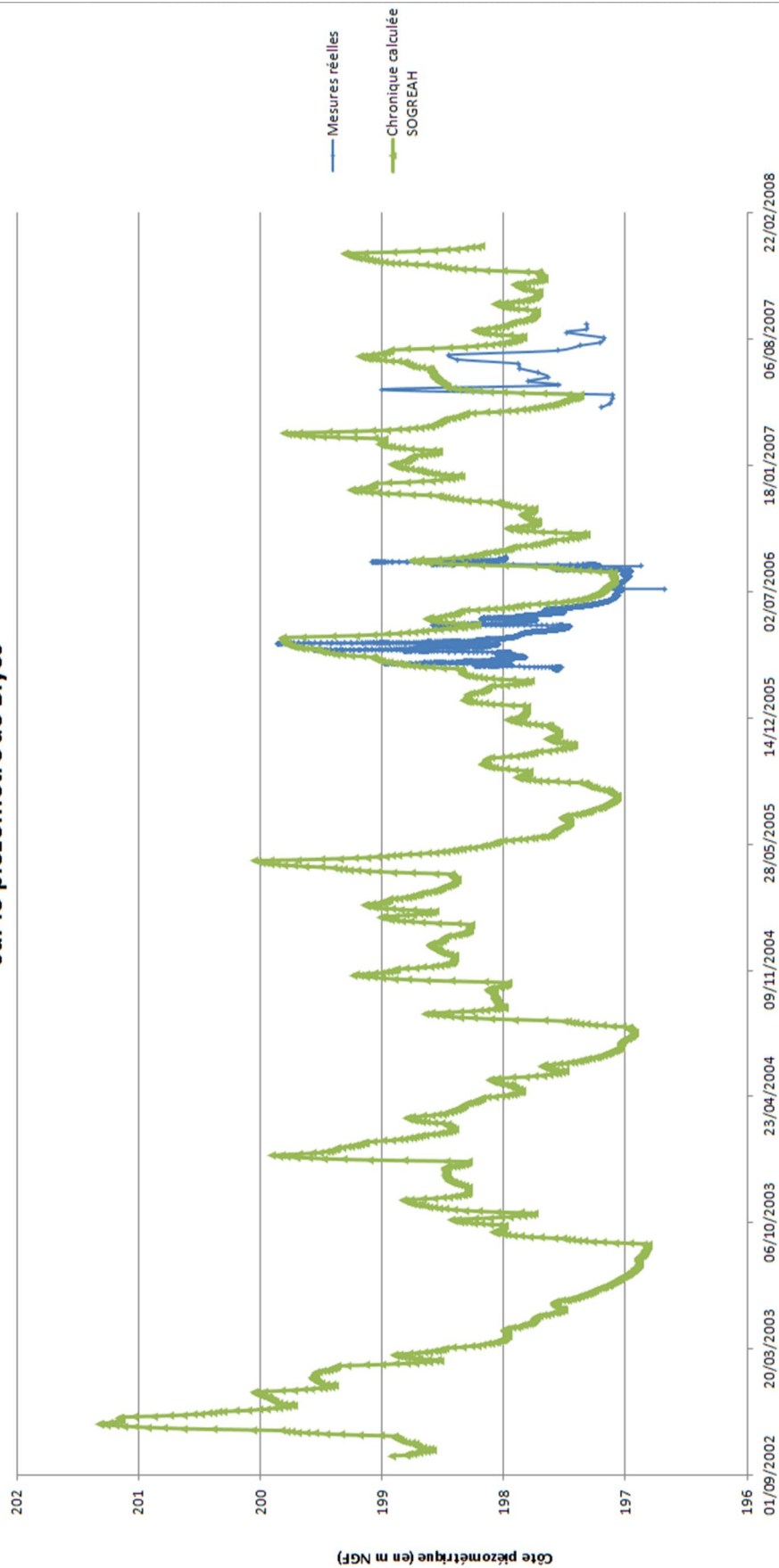
Comparaison des niveaux observés et simulés
sur le piézomètre "DIREN Saint Vulbas"

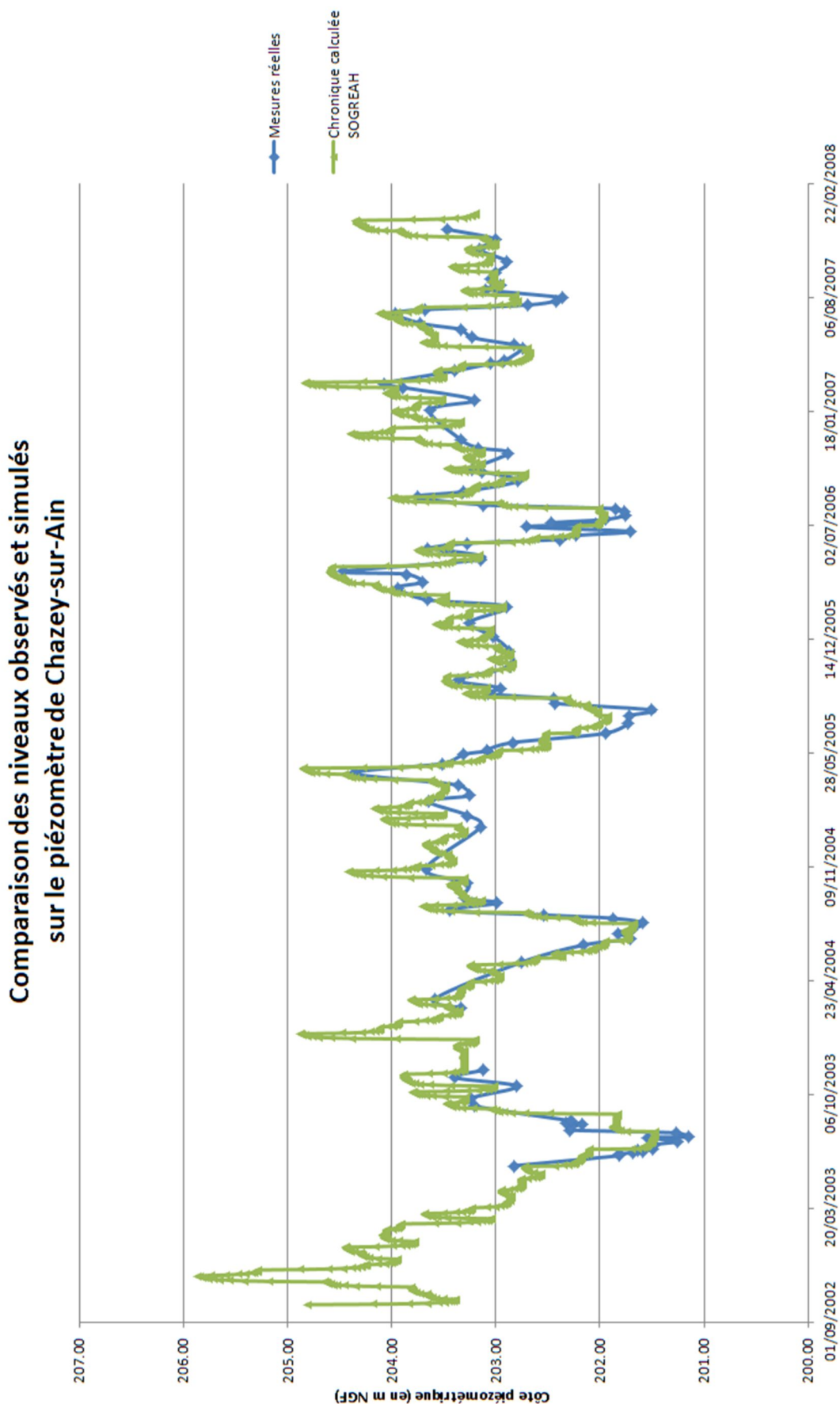


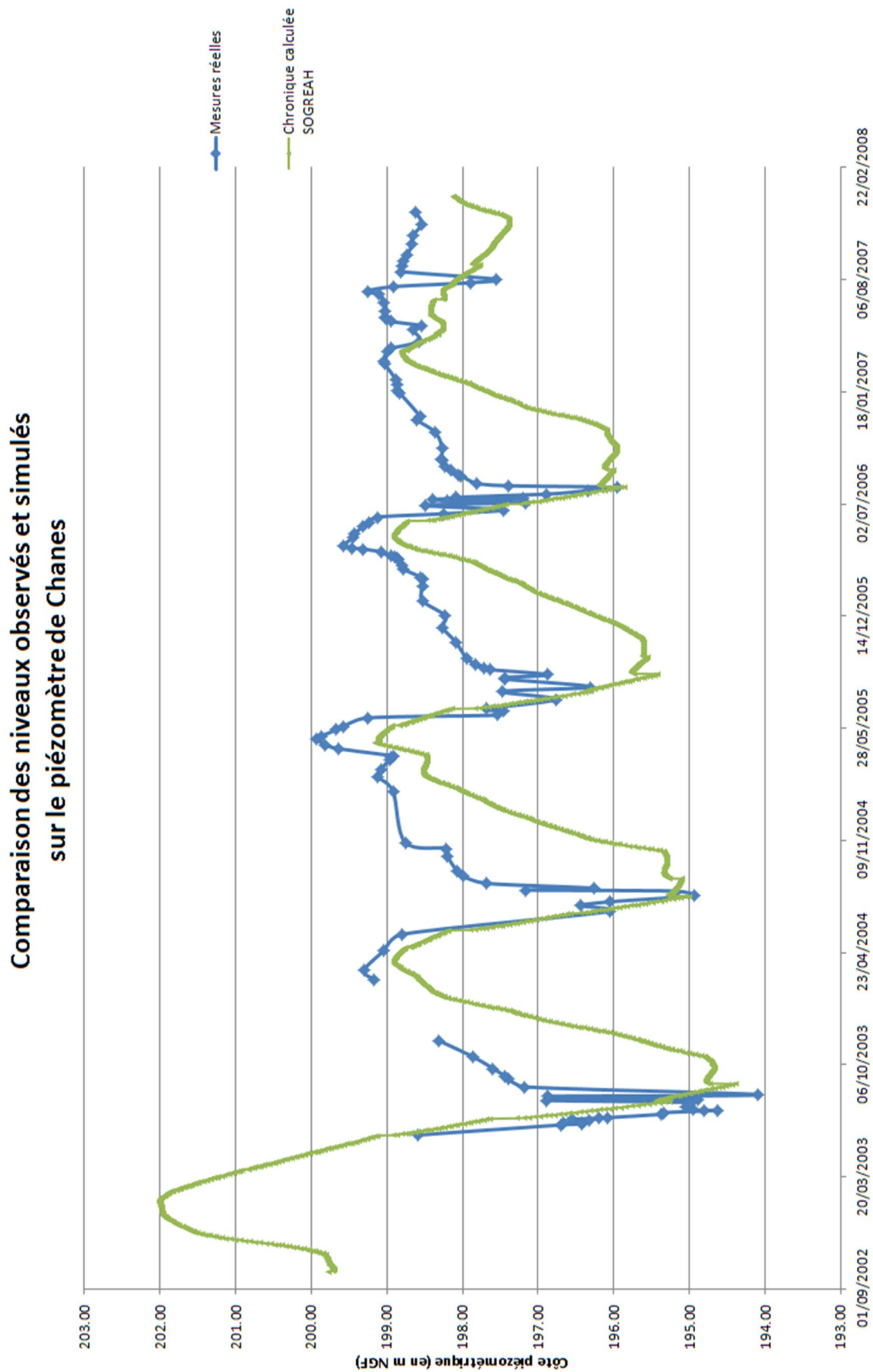
Comparaison des niveaux observés et simulés
sur le piézomètre "Pz04-Villette"

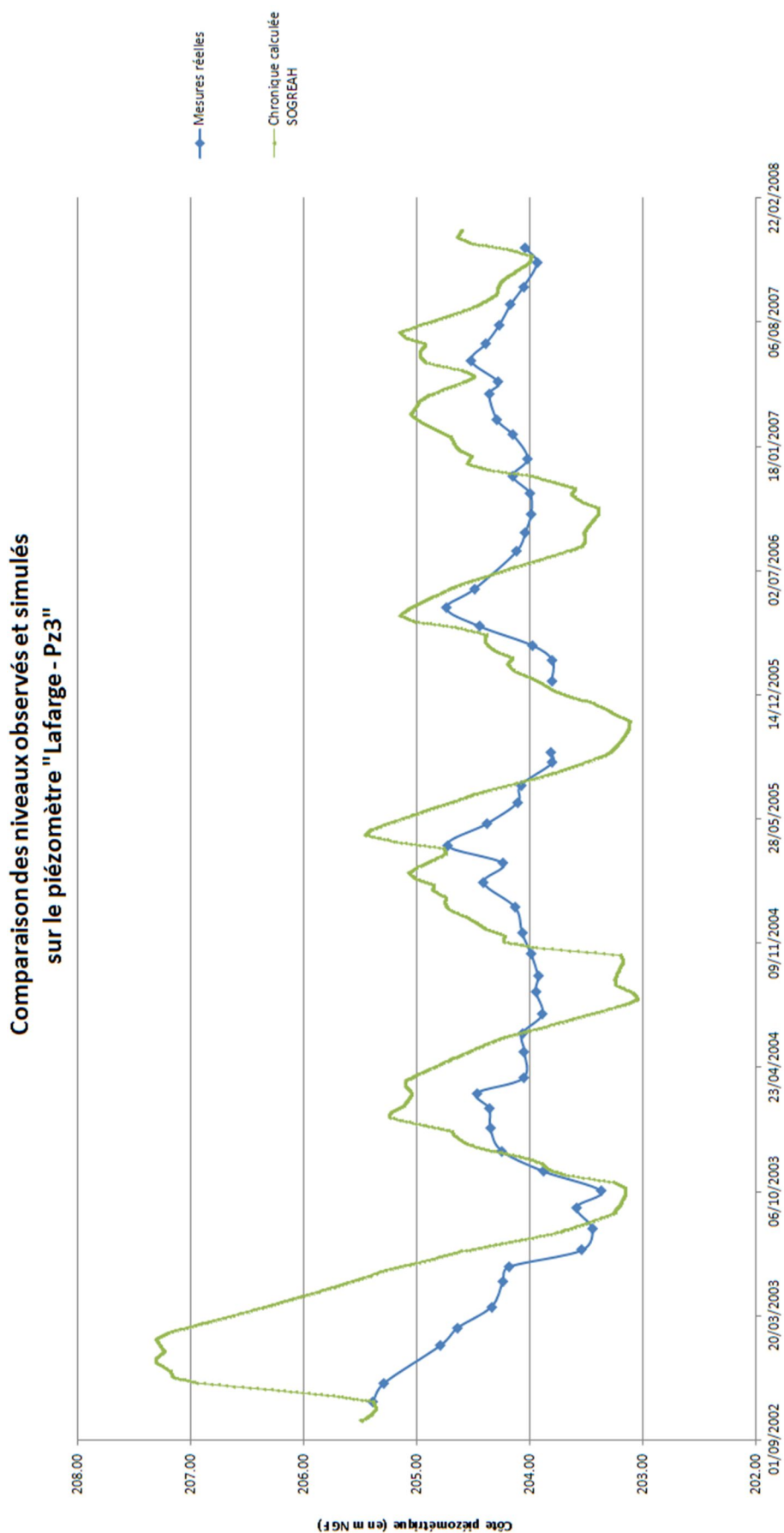


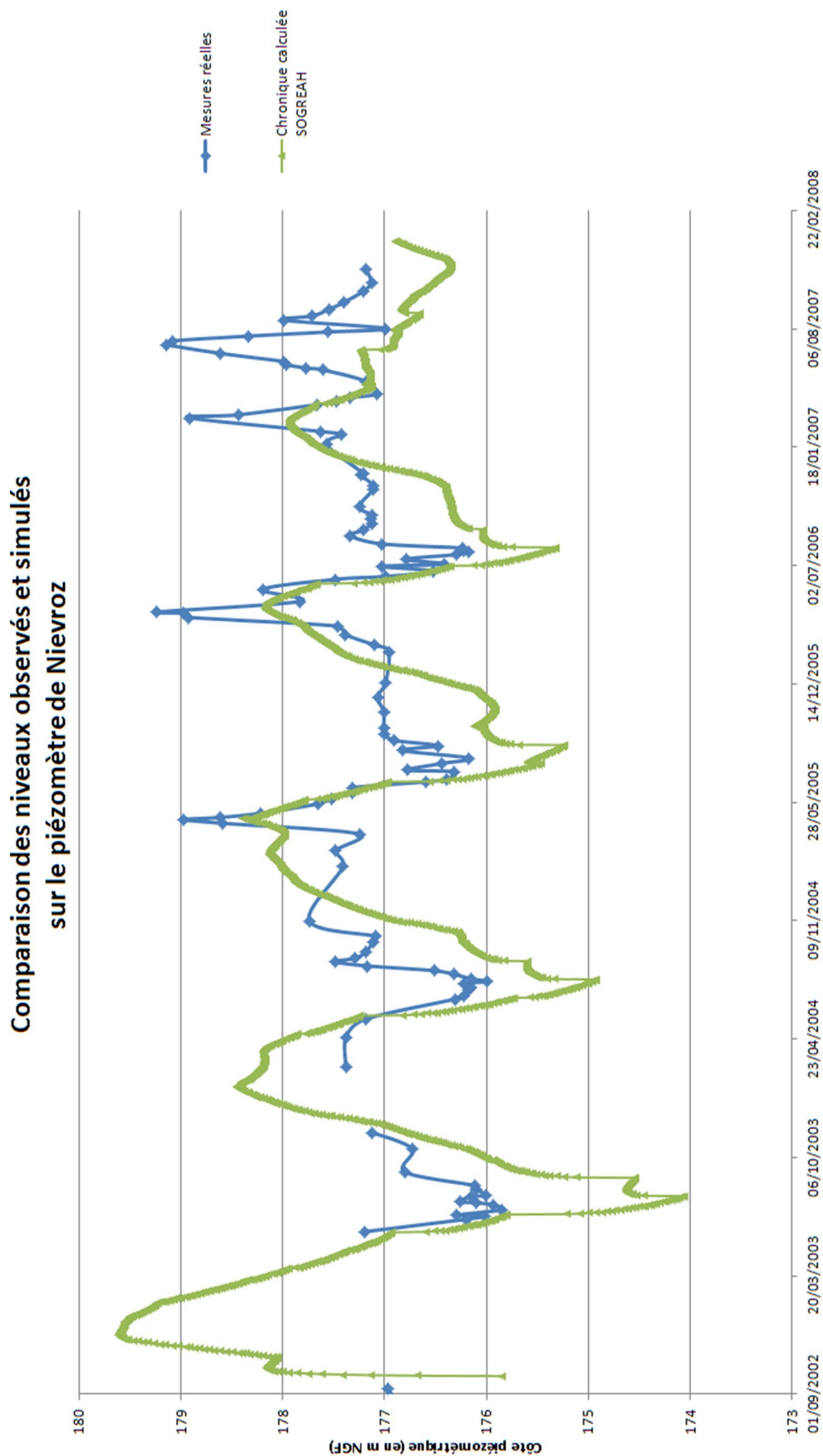
Comparaison des niveaux observés et simulés
sur le piézomètre de Blyes



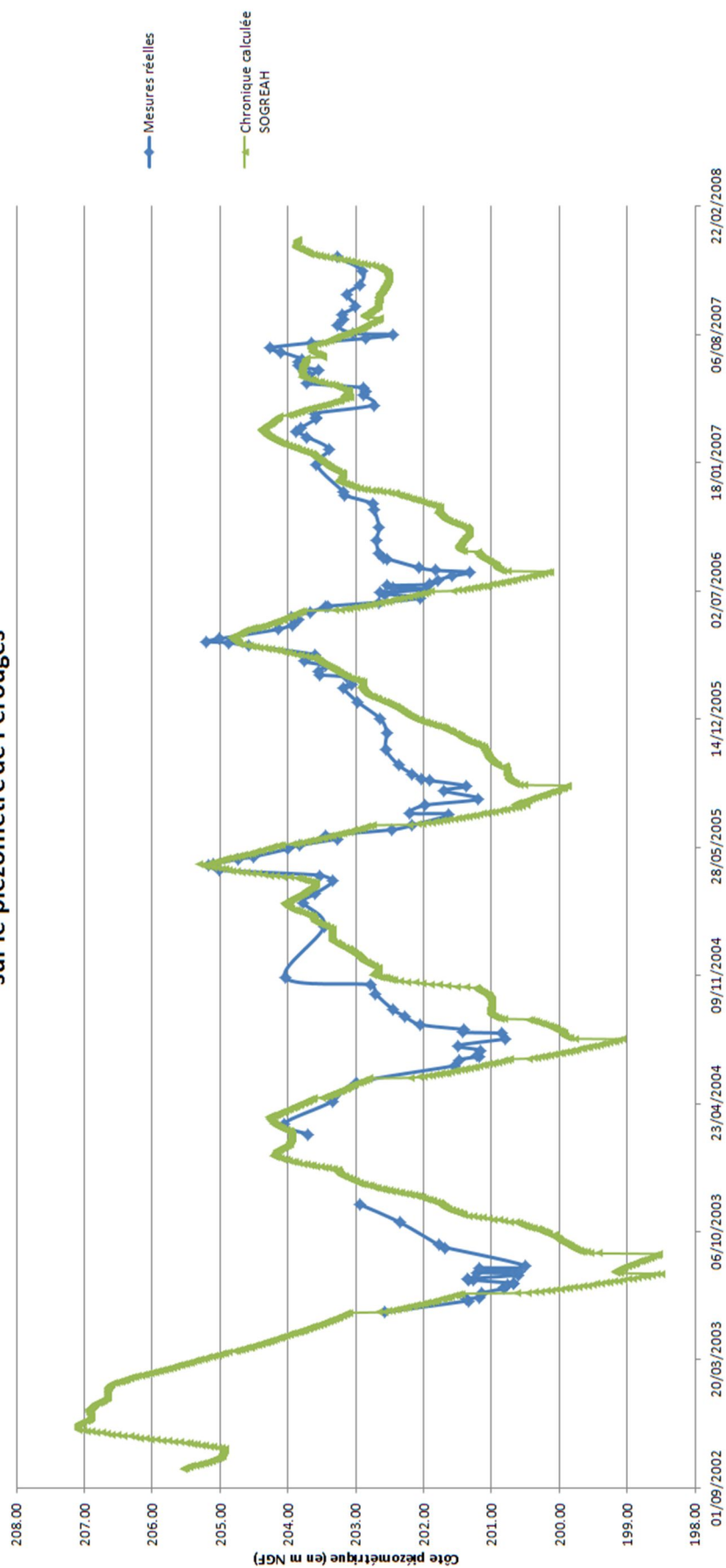


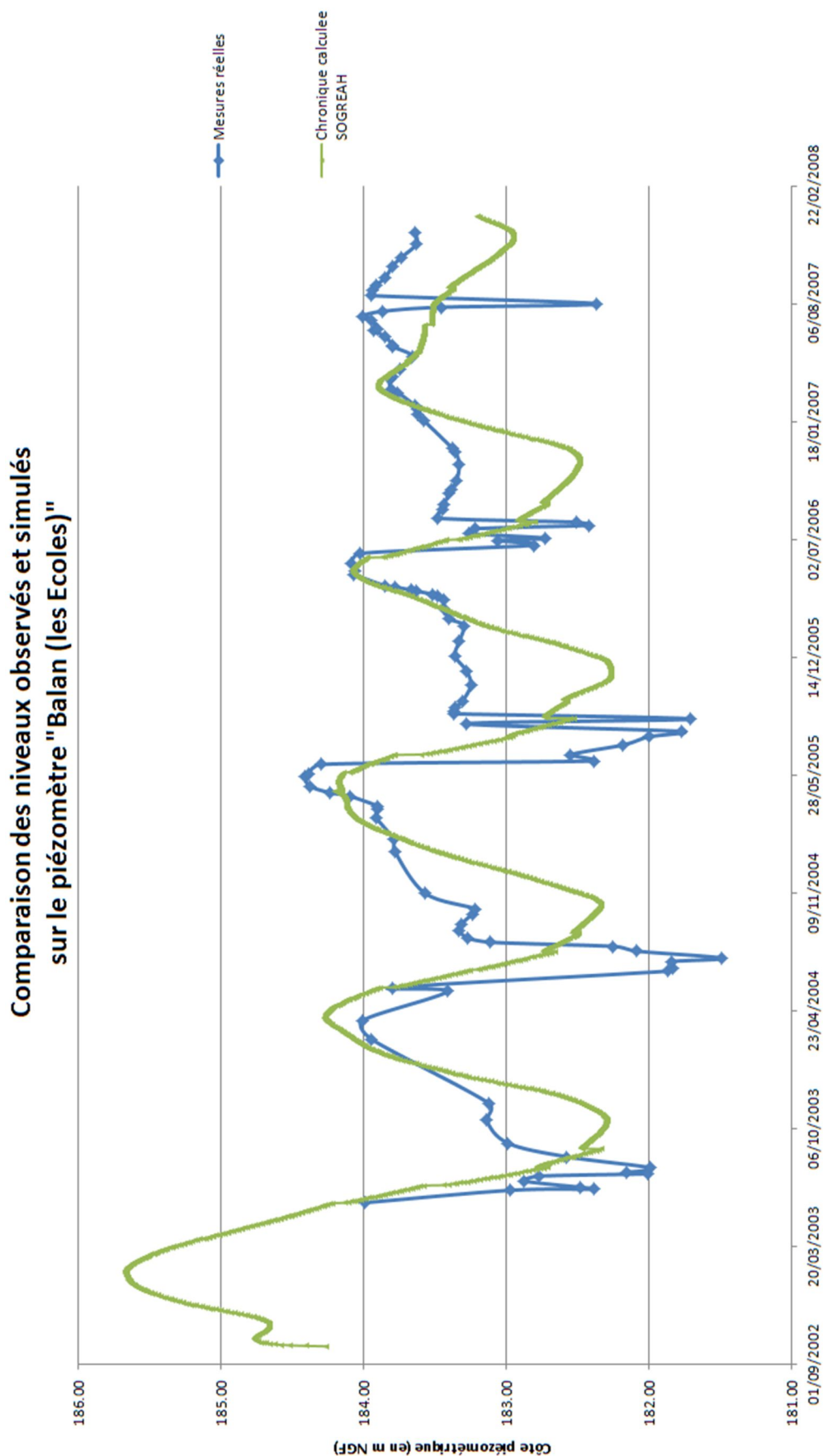


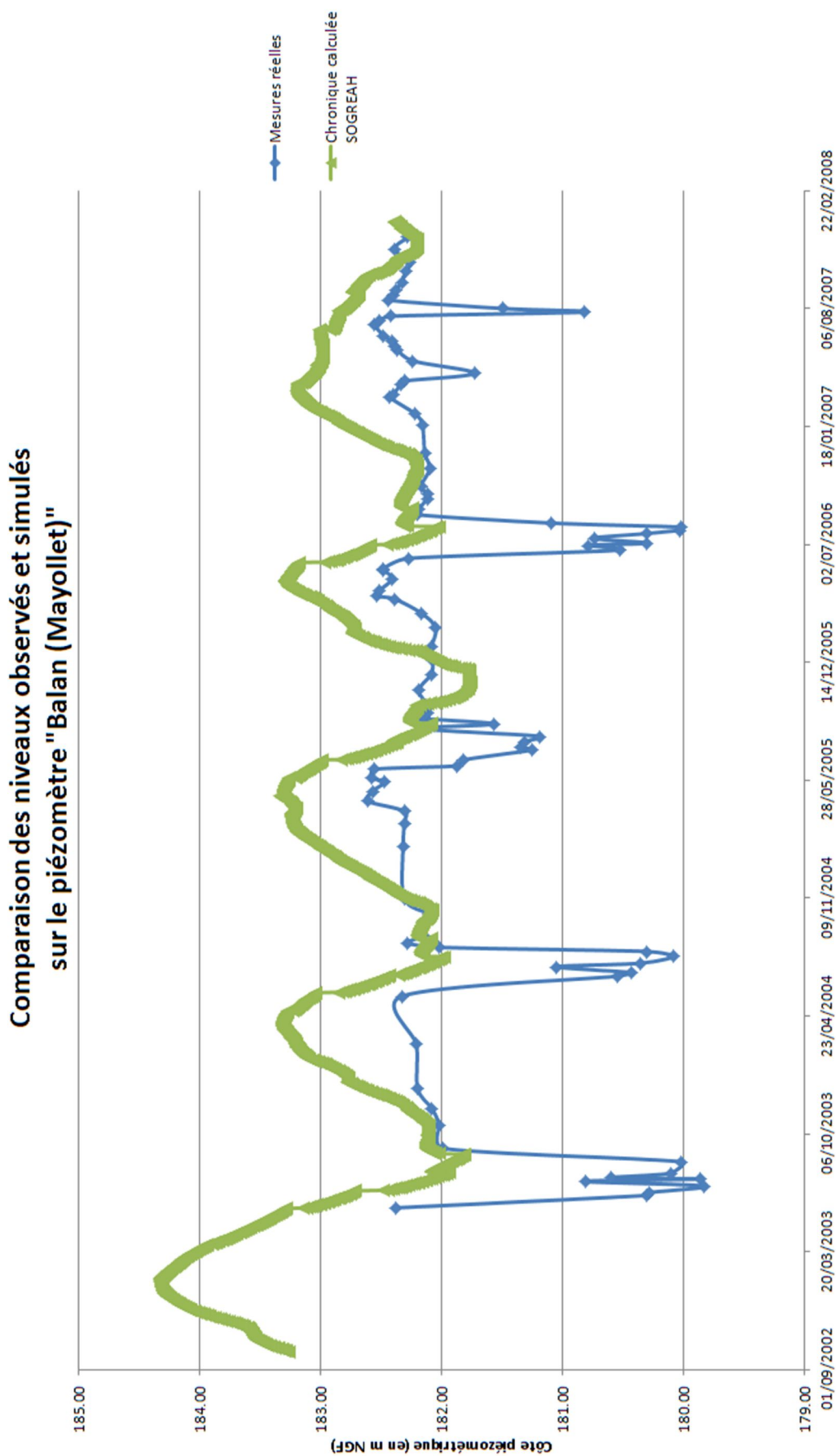


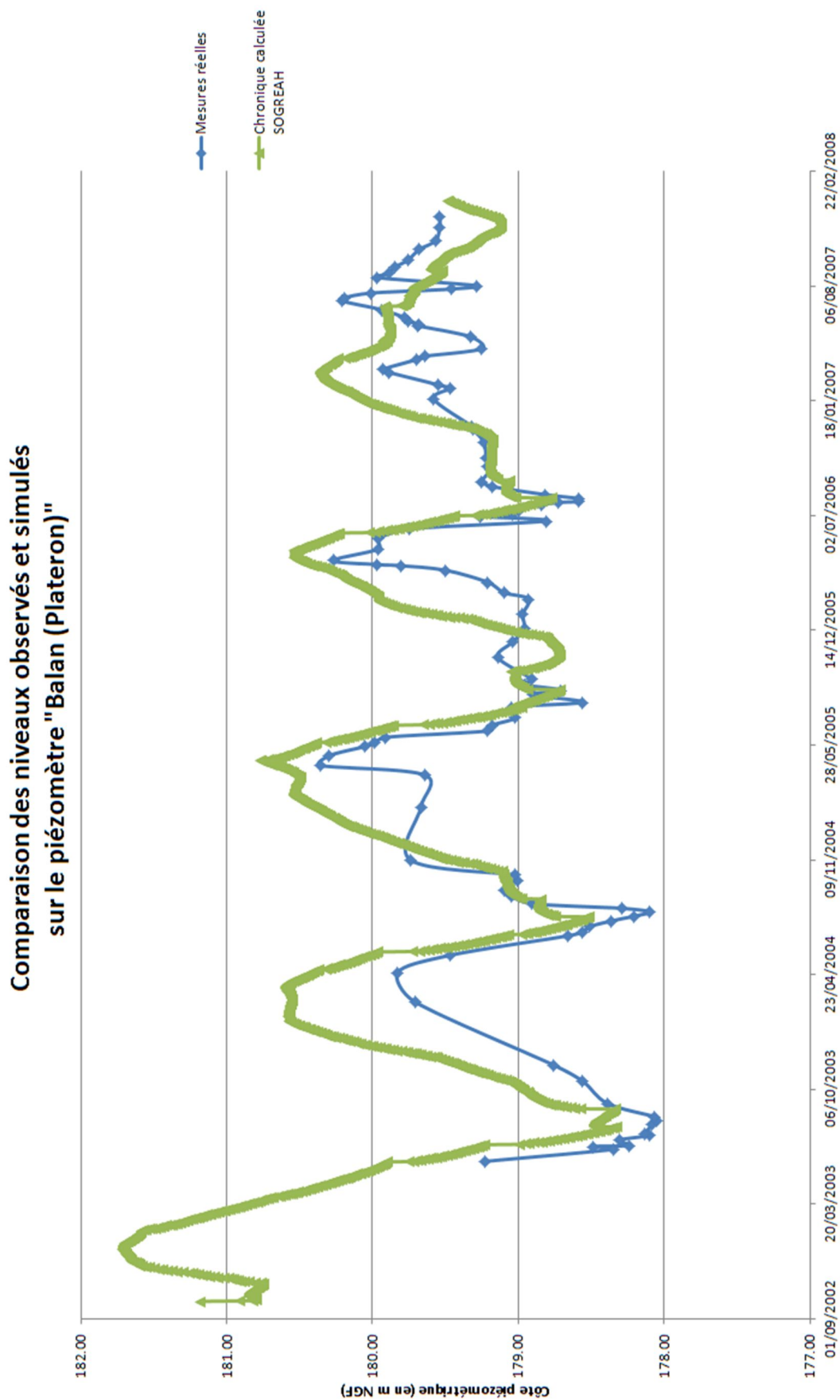


Comparaison des niveaux observés et simulés
sur le piézomètre de Pérourges



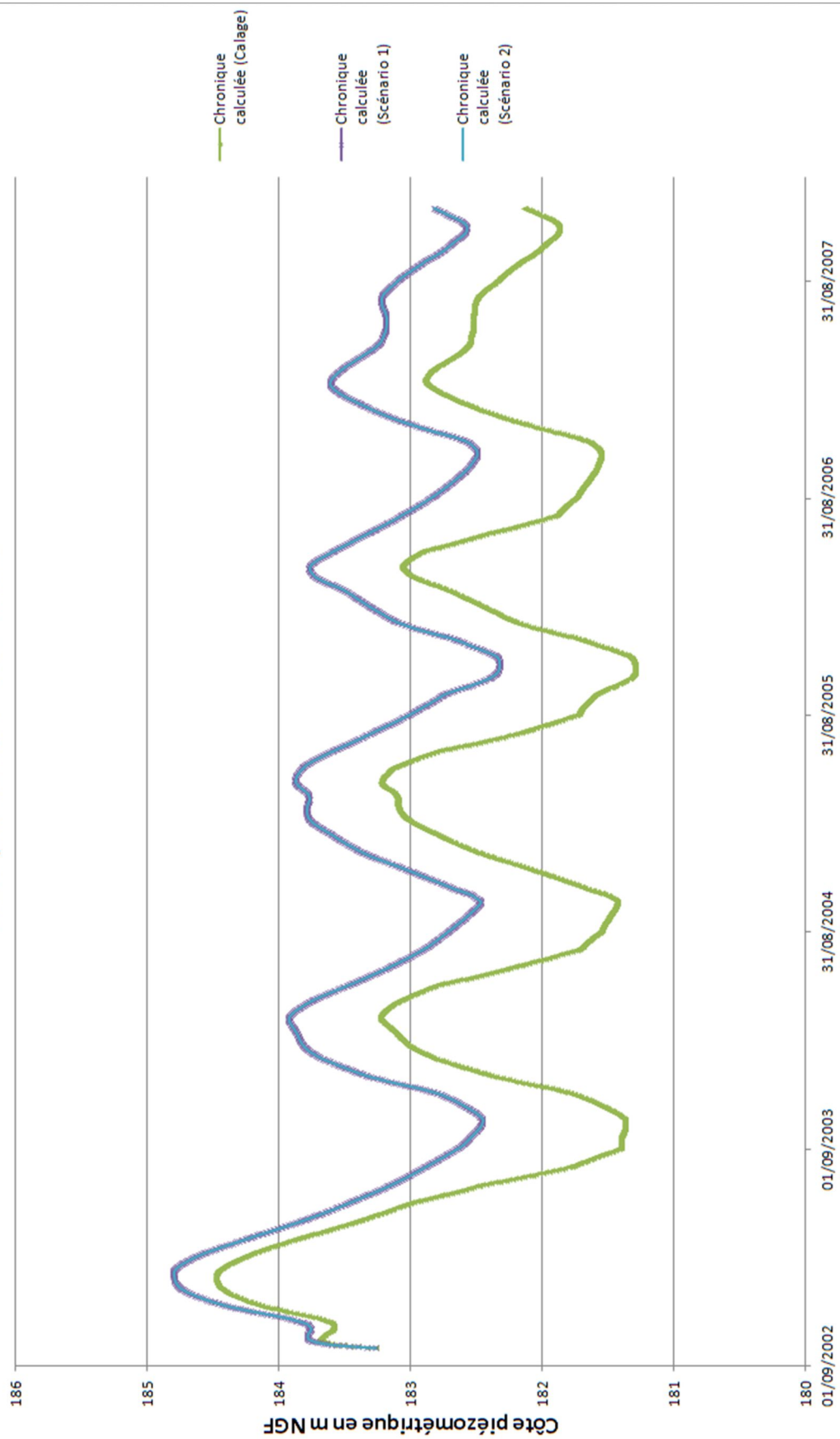




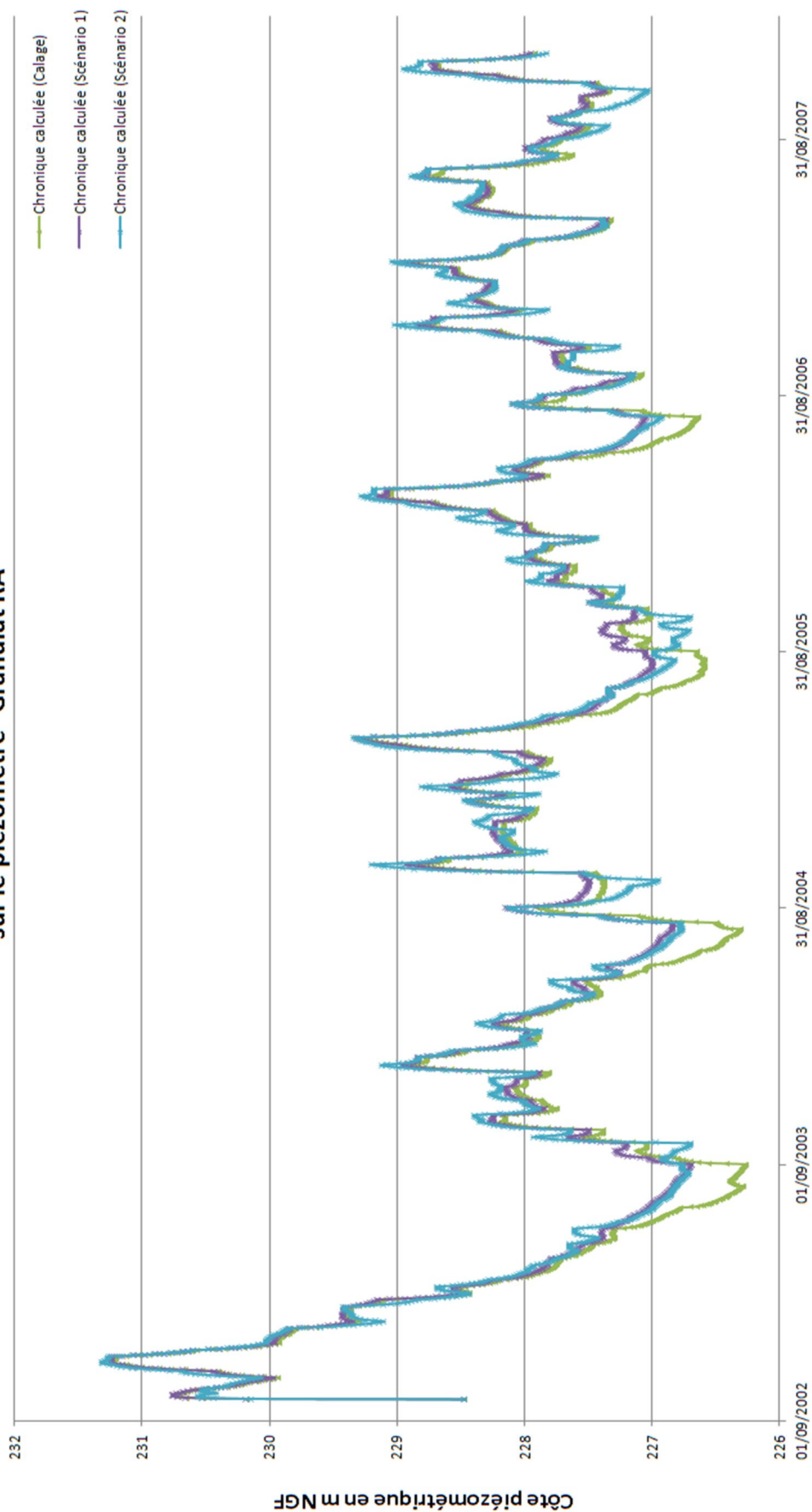


Annexe N° 2. CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES (SCENARI I)

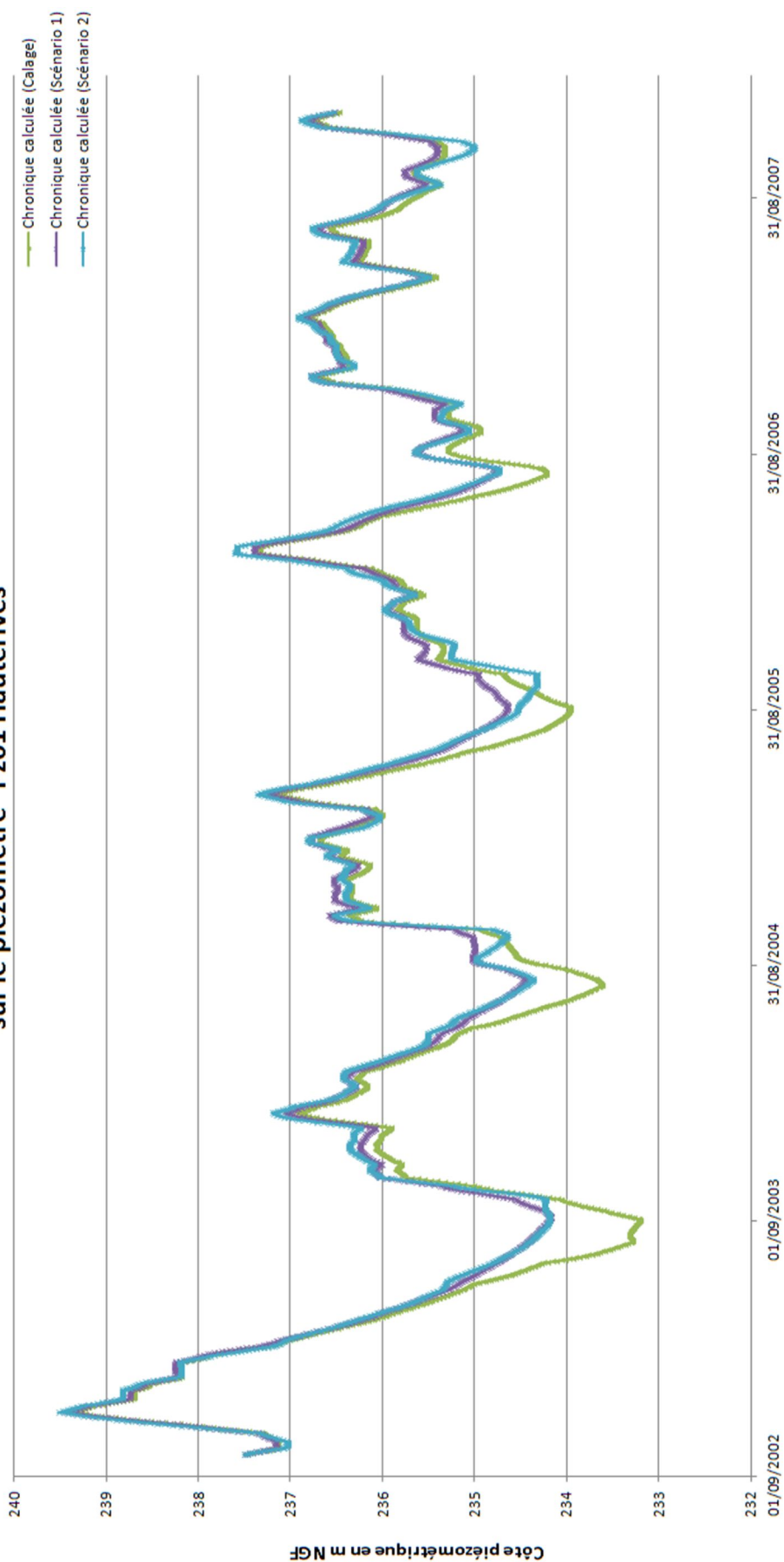
Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre "CG01 Balan"



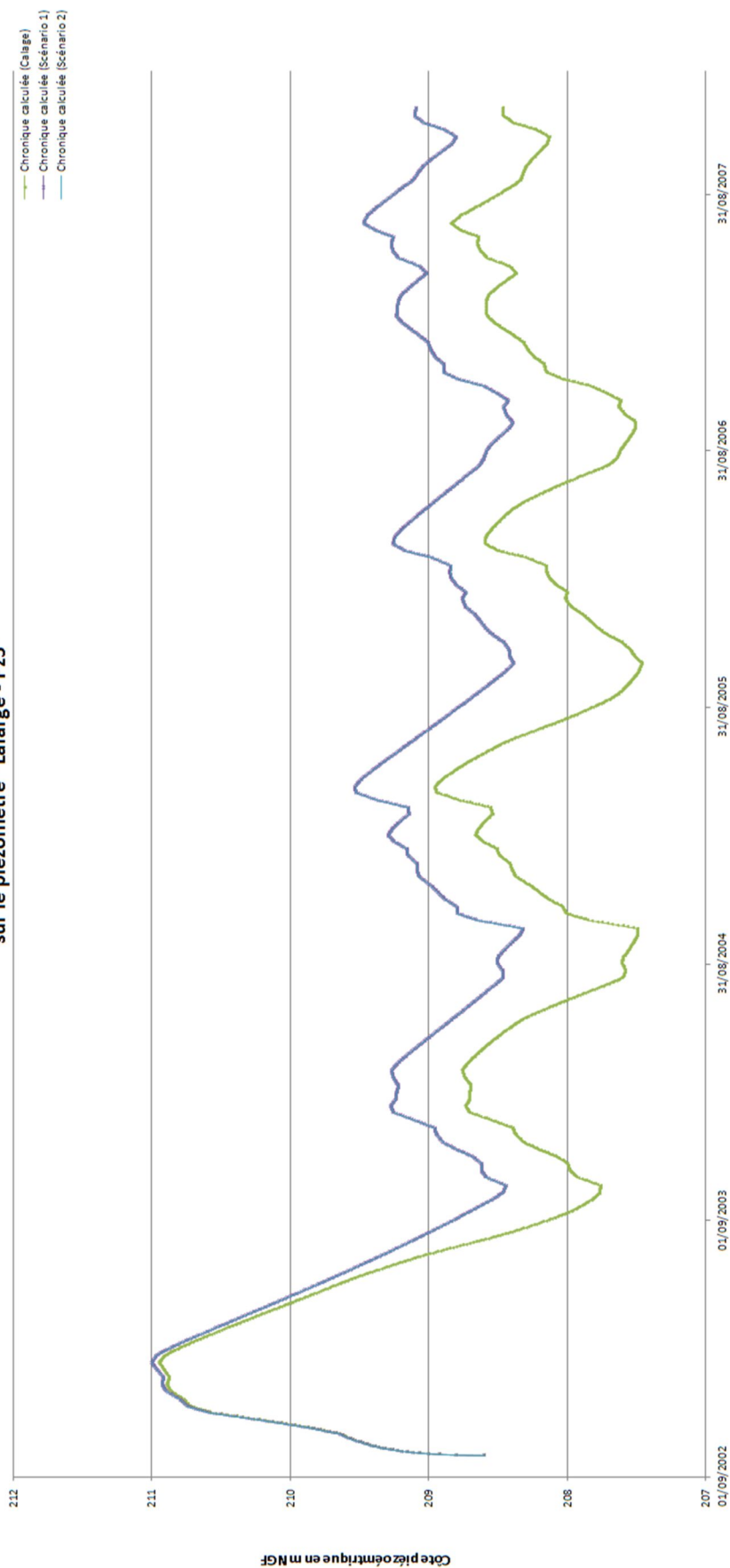
Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre "Granulat RA"



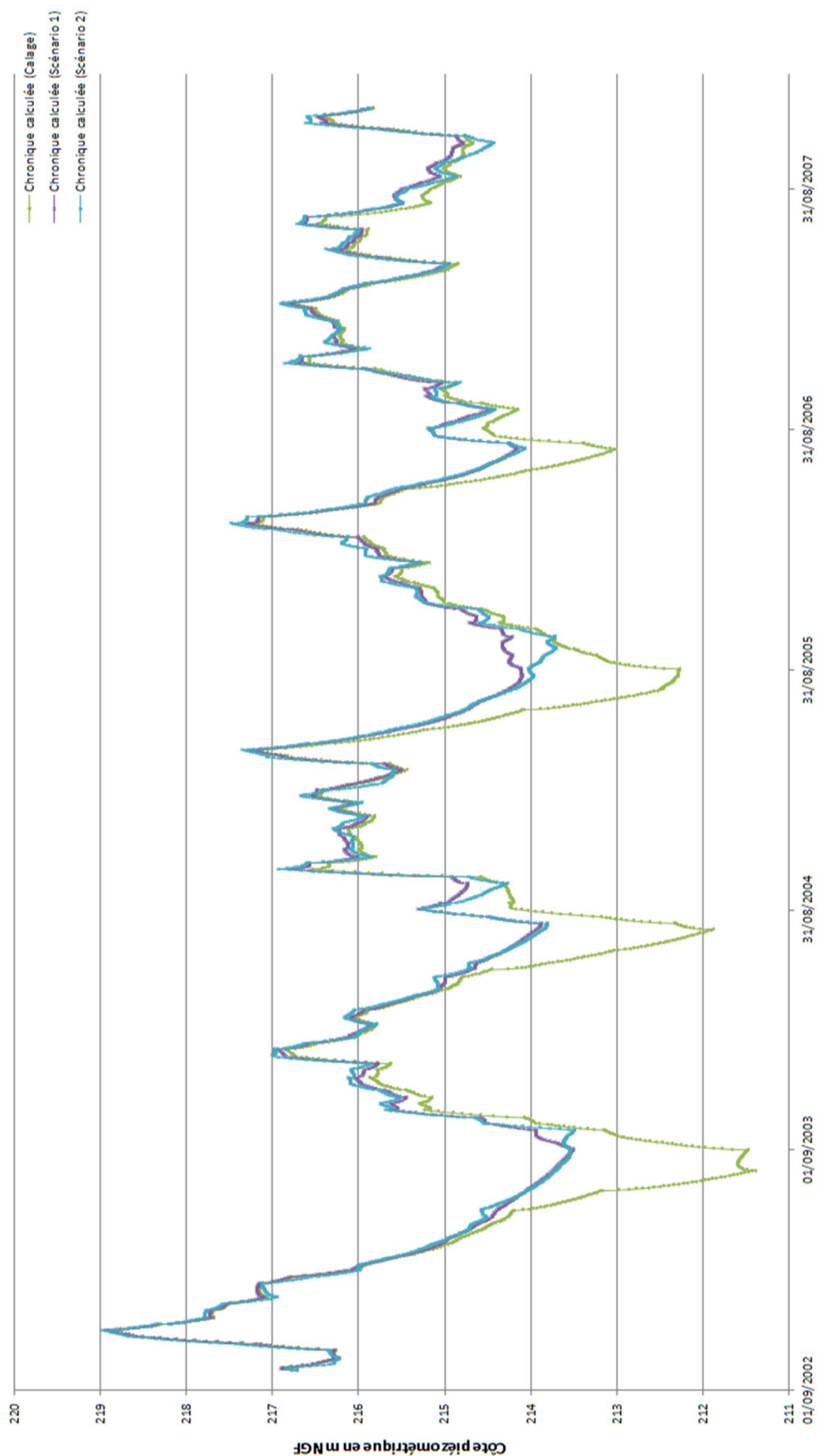
Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre "Pz01 Hauterives"



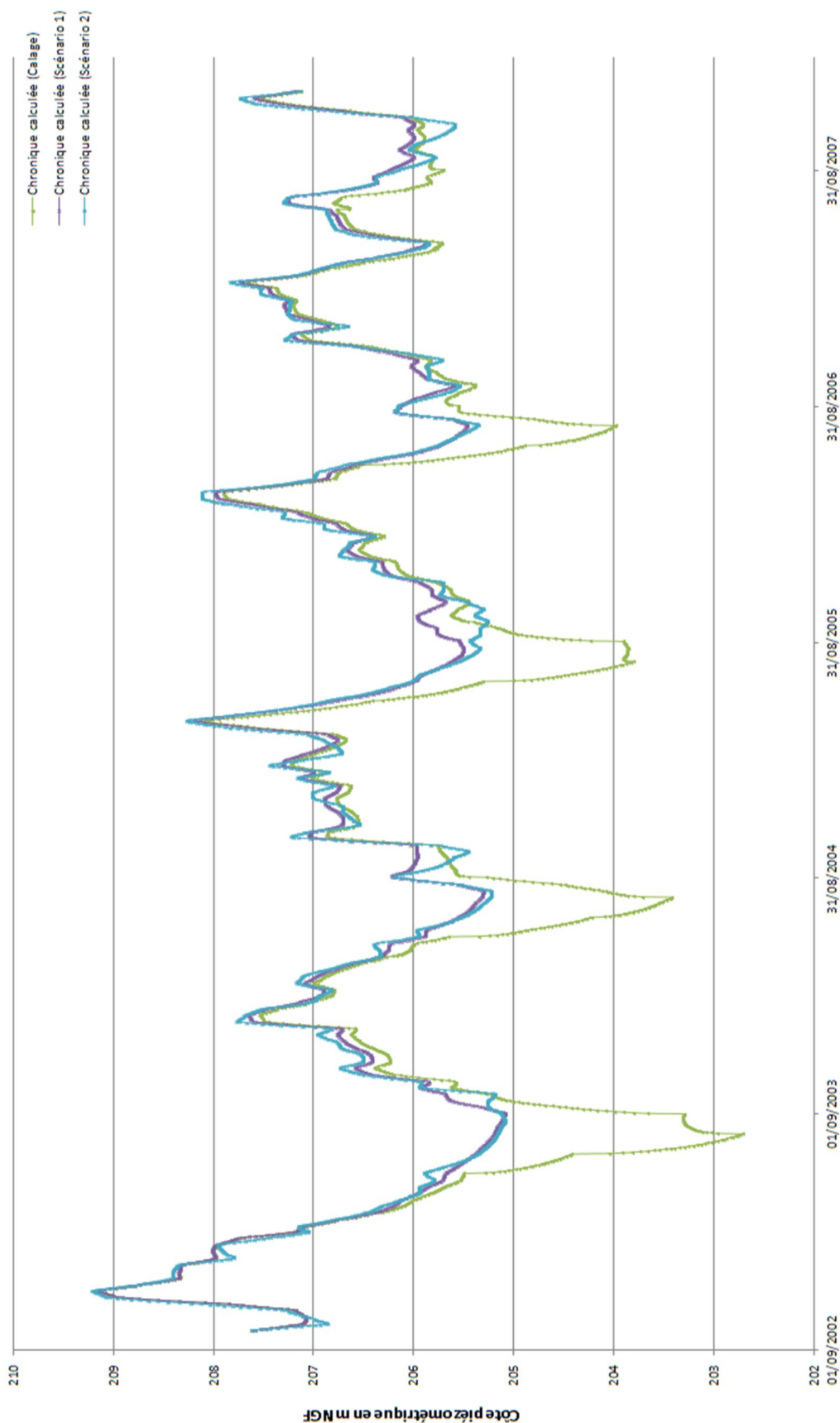
Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre "Lafarge - Pz5"



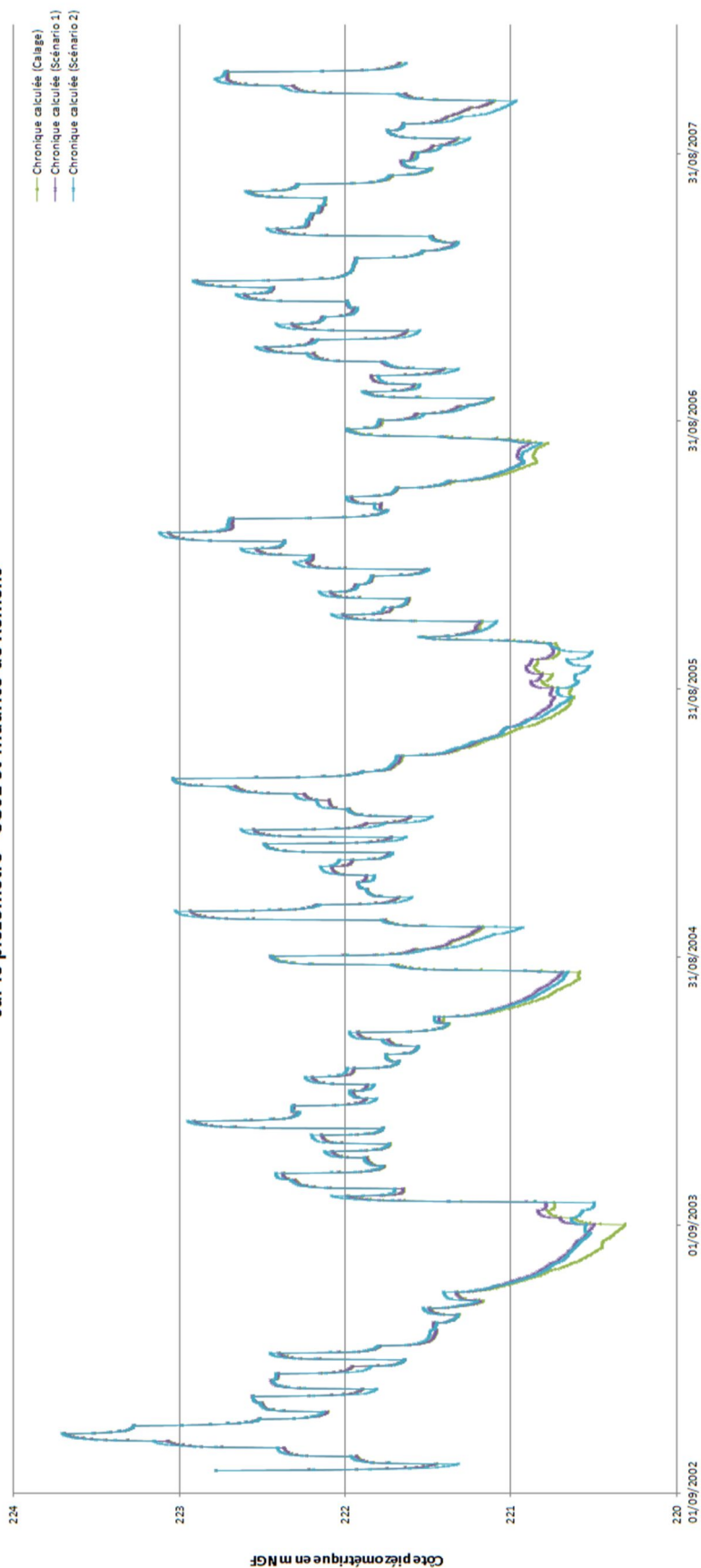
Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre "Pz05 Leyment"



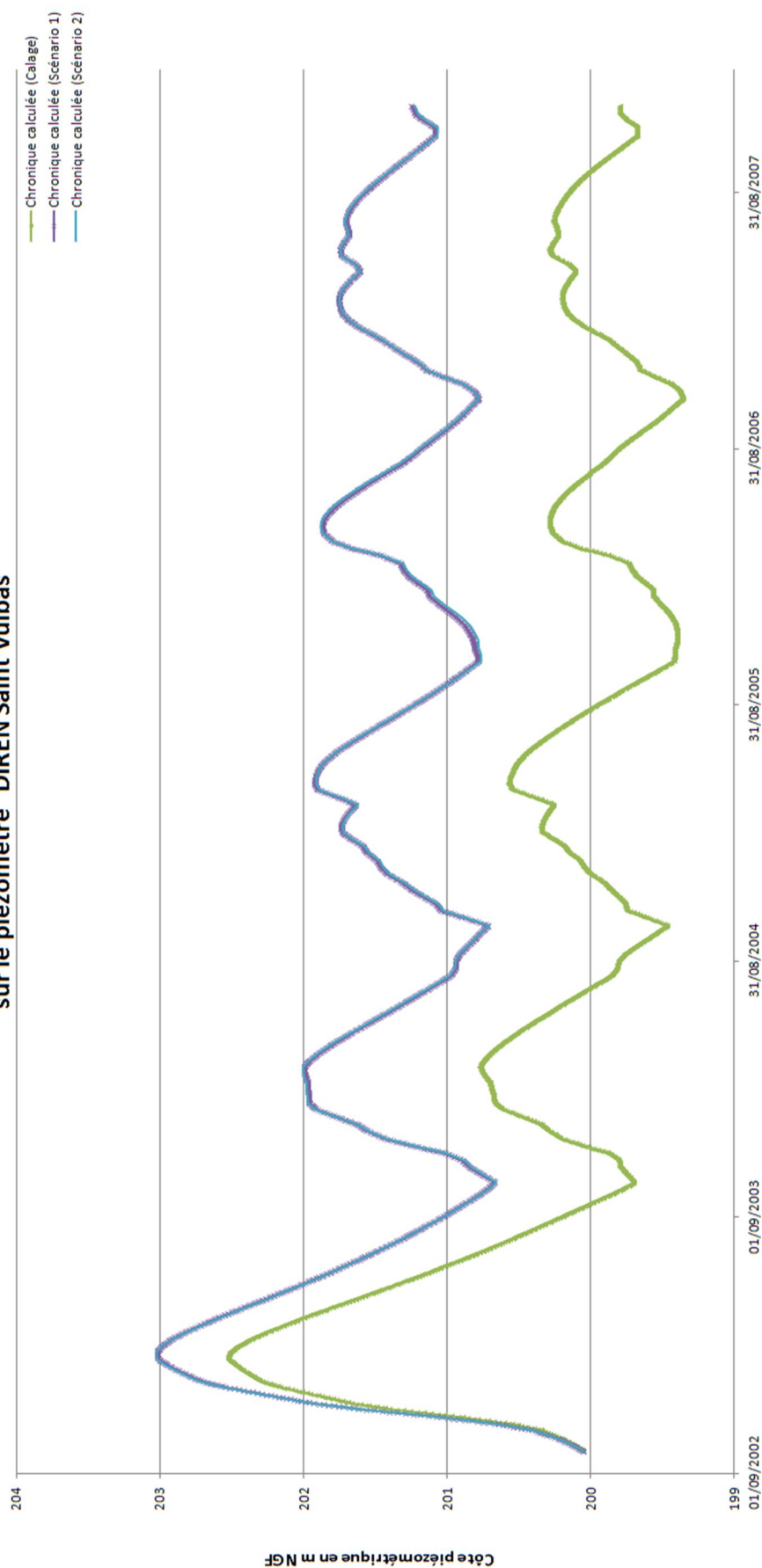
Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre "DIREN Meximieux"



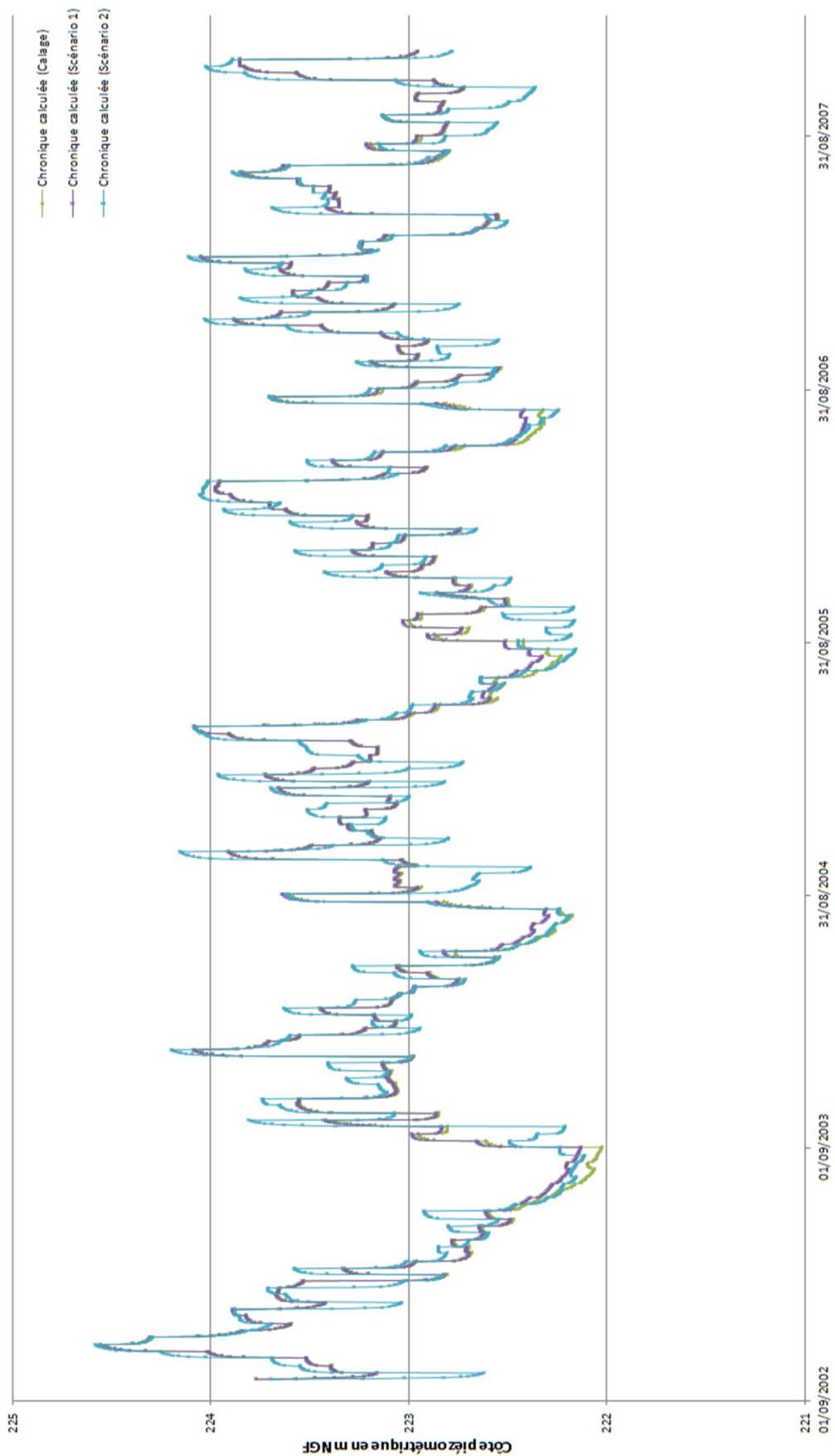
Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre "CG01 St Maurice de Remens"

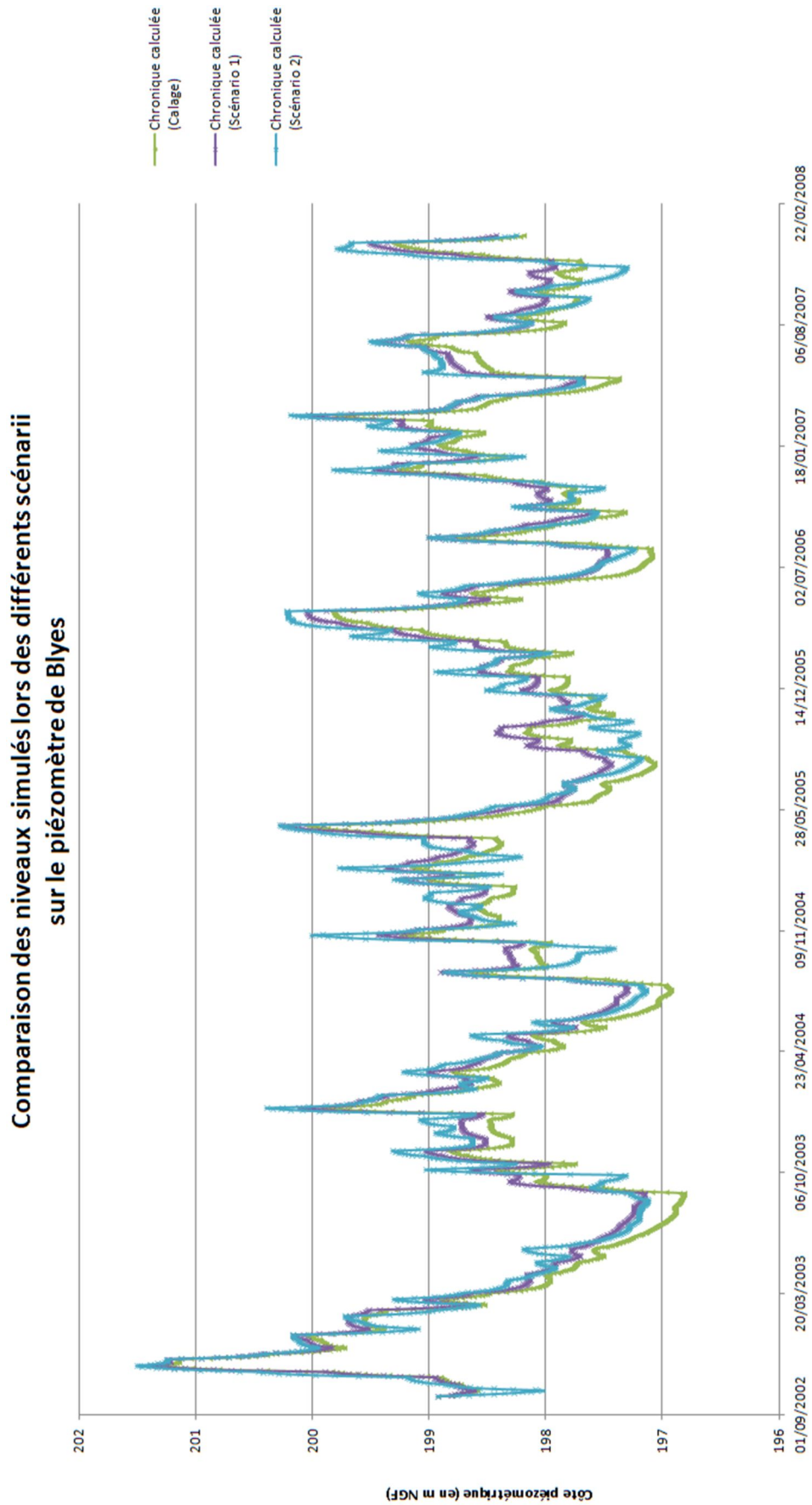


Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
 sur le piézomètre "DIREN Saint Vulbas"

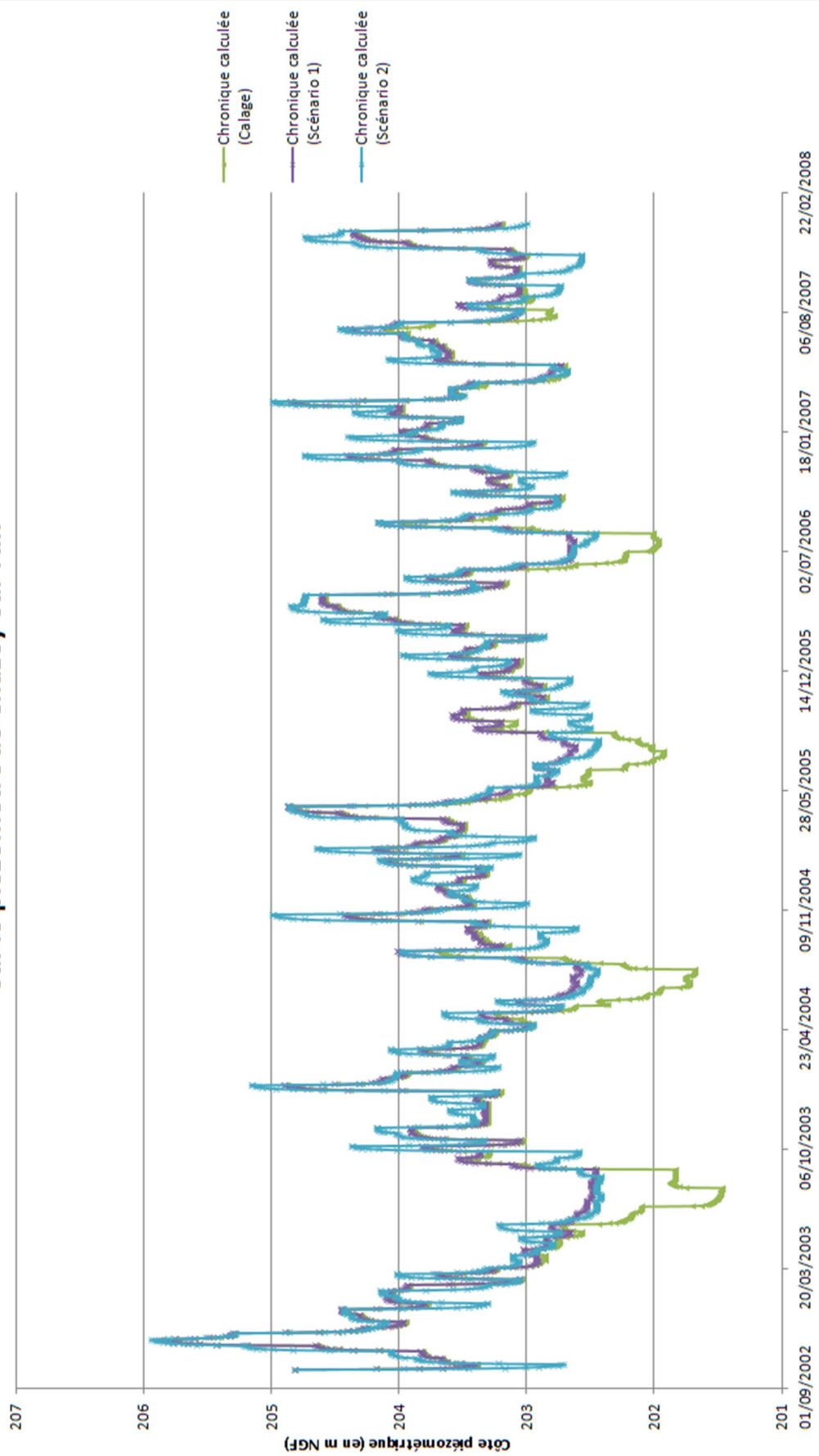


Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre "Pz04-Villette"

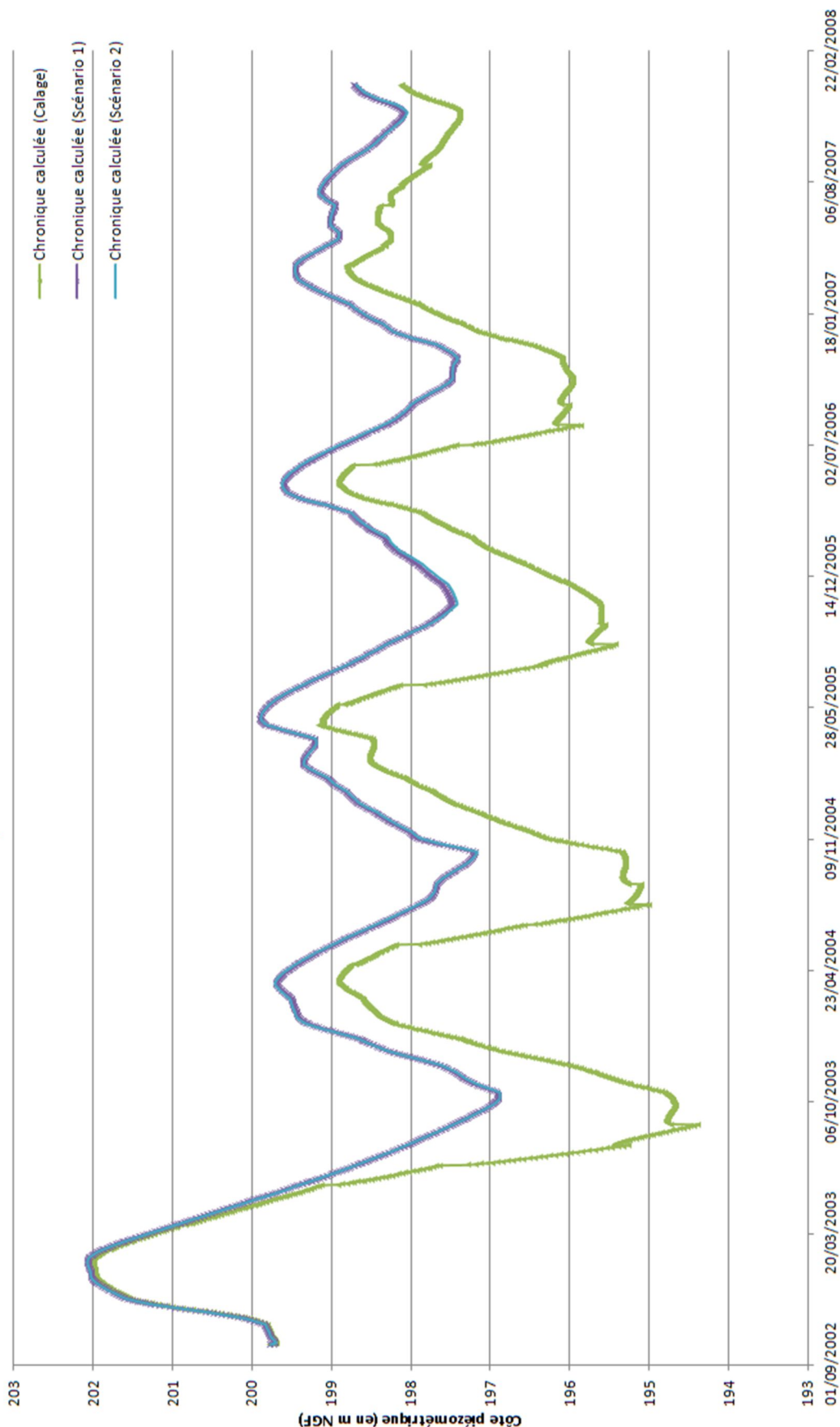




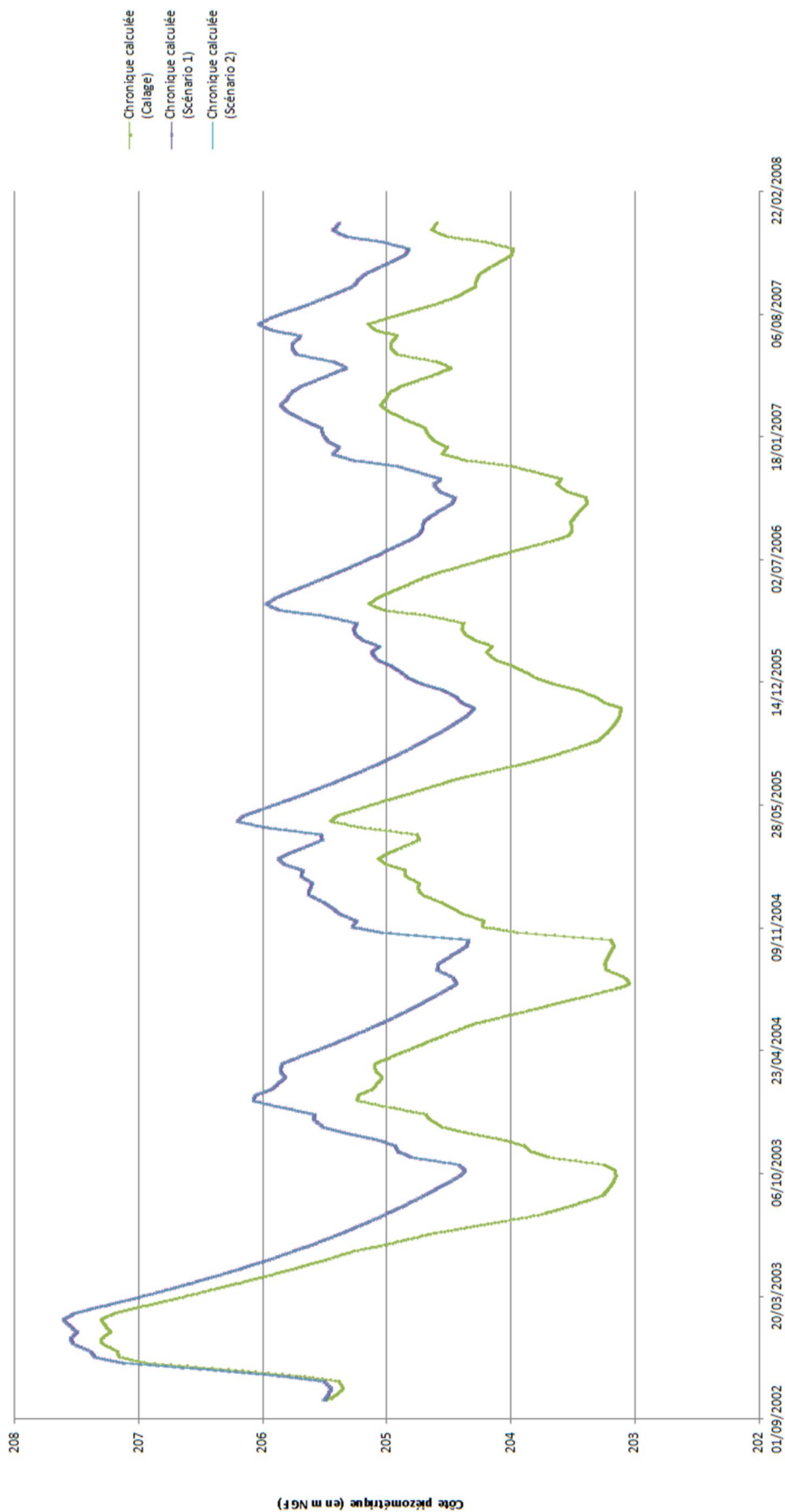
Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre de Chazey-sur-Ain



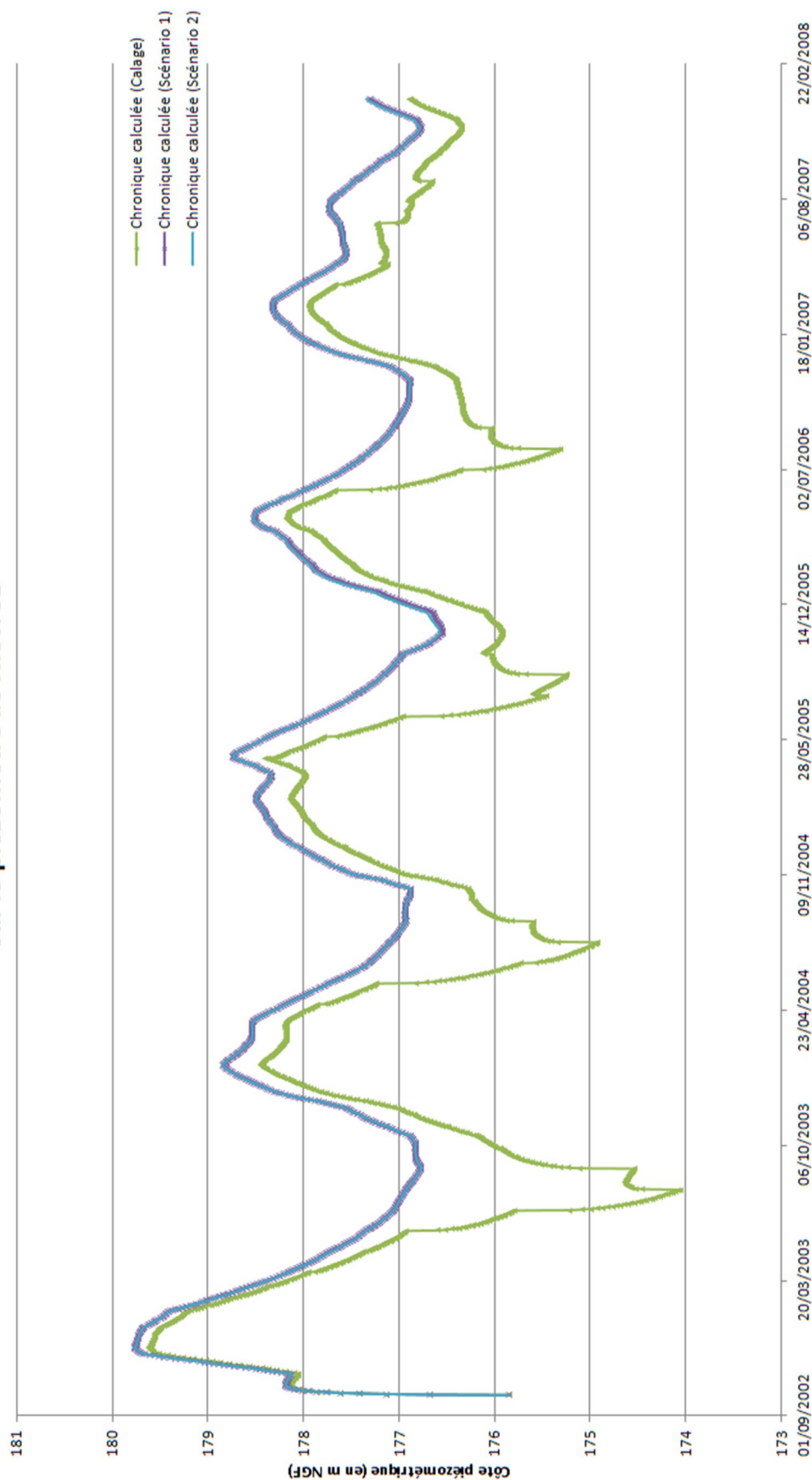
Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
 sur le piézomètre de Chanes



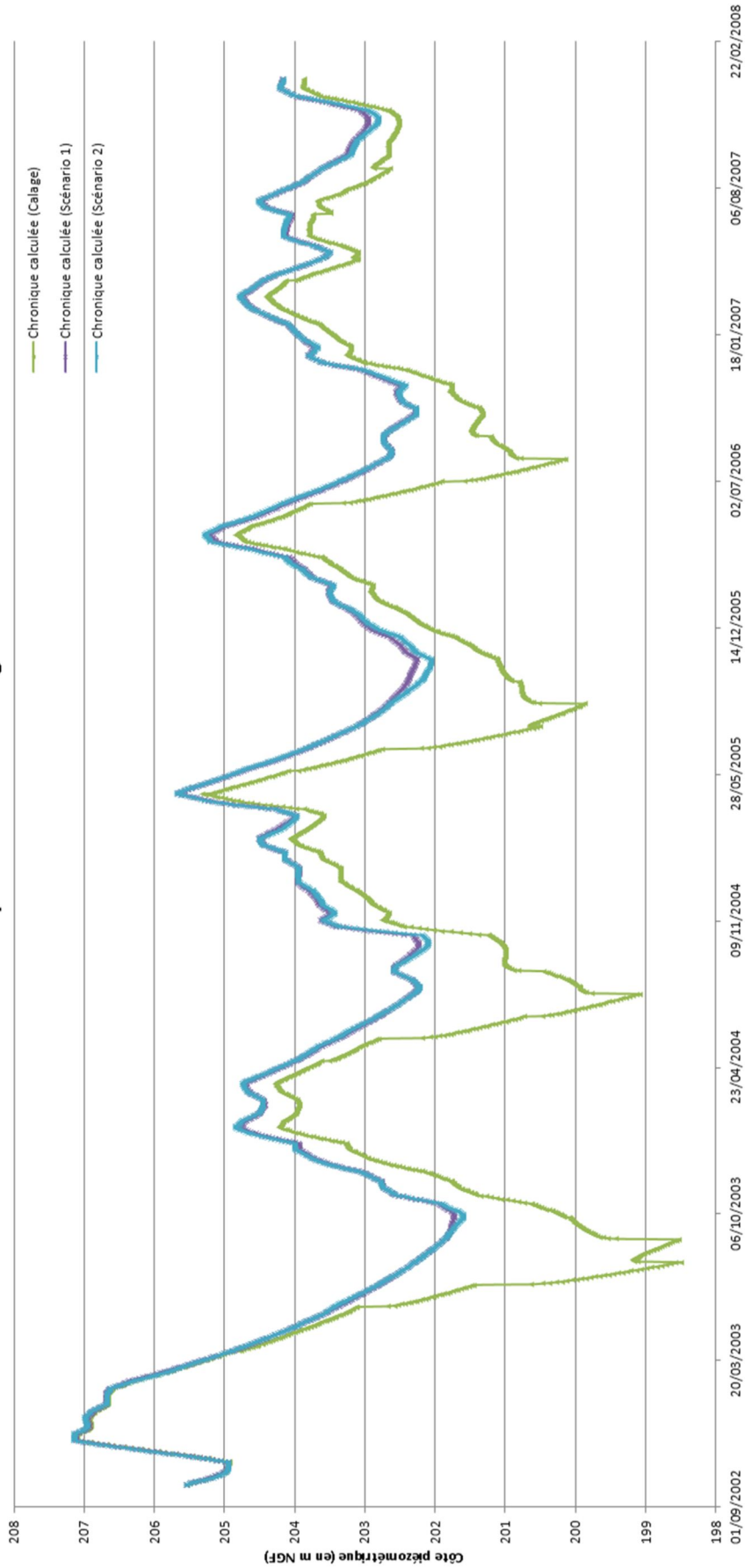
Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre "Lafarge - Pz3"



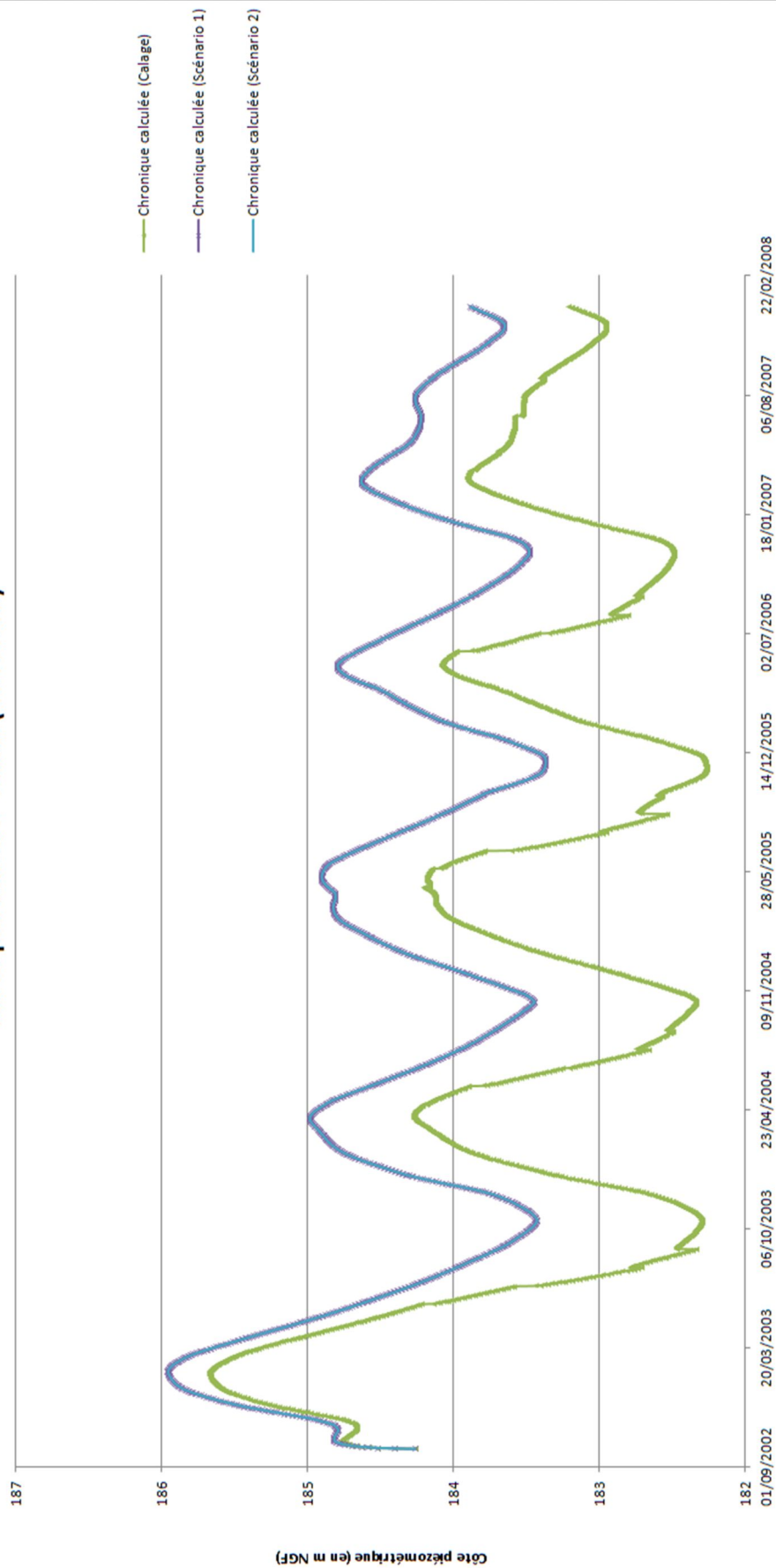
Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre de Nievroz



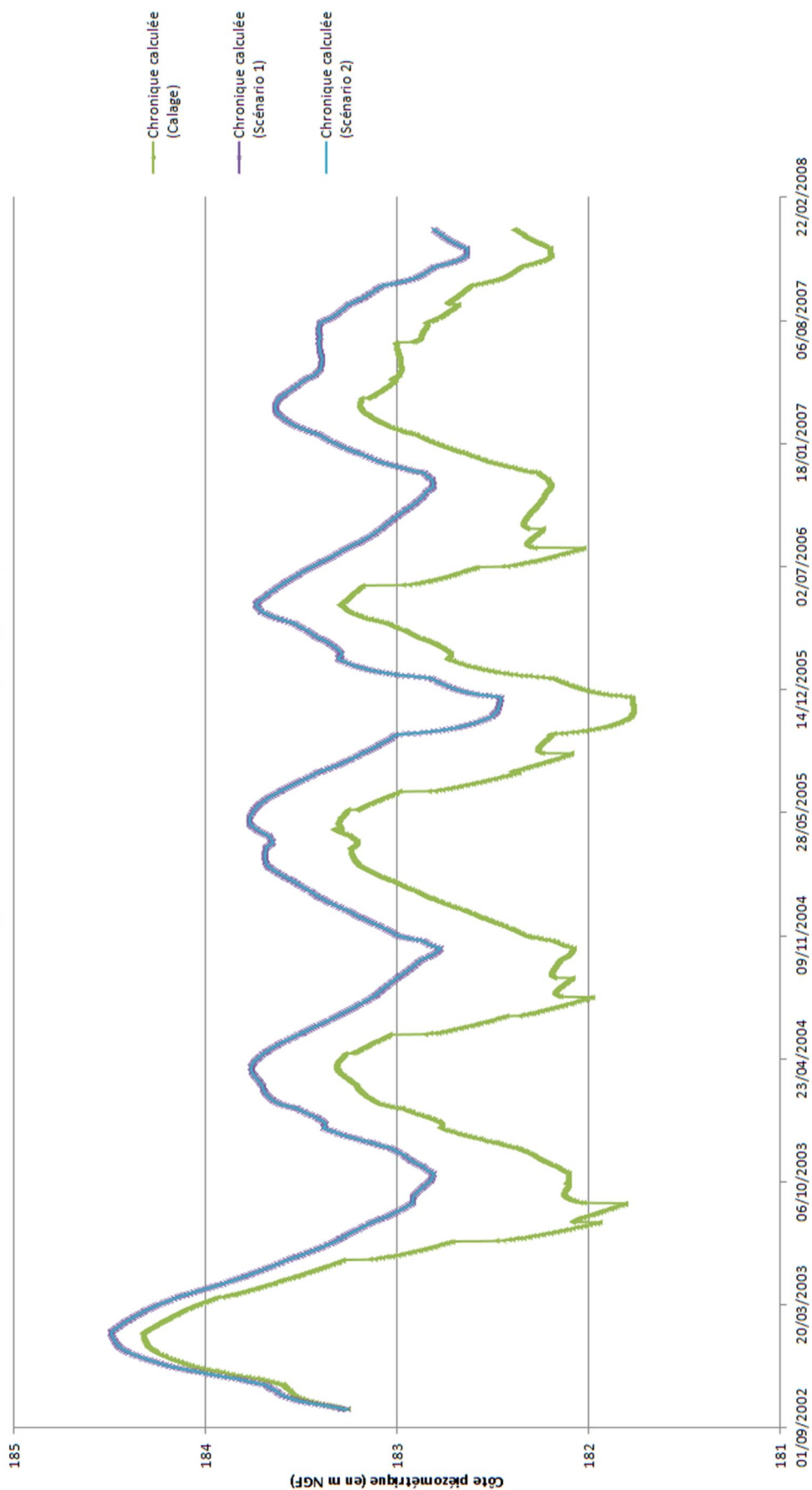
Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre de Pérourges



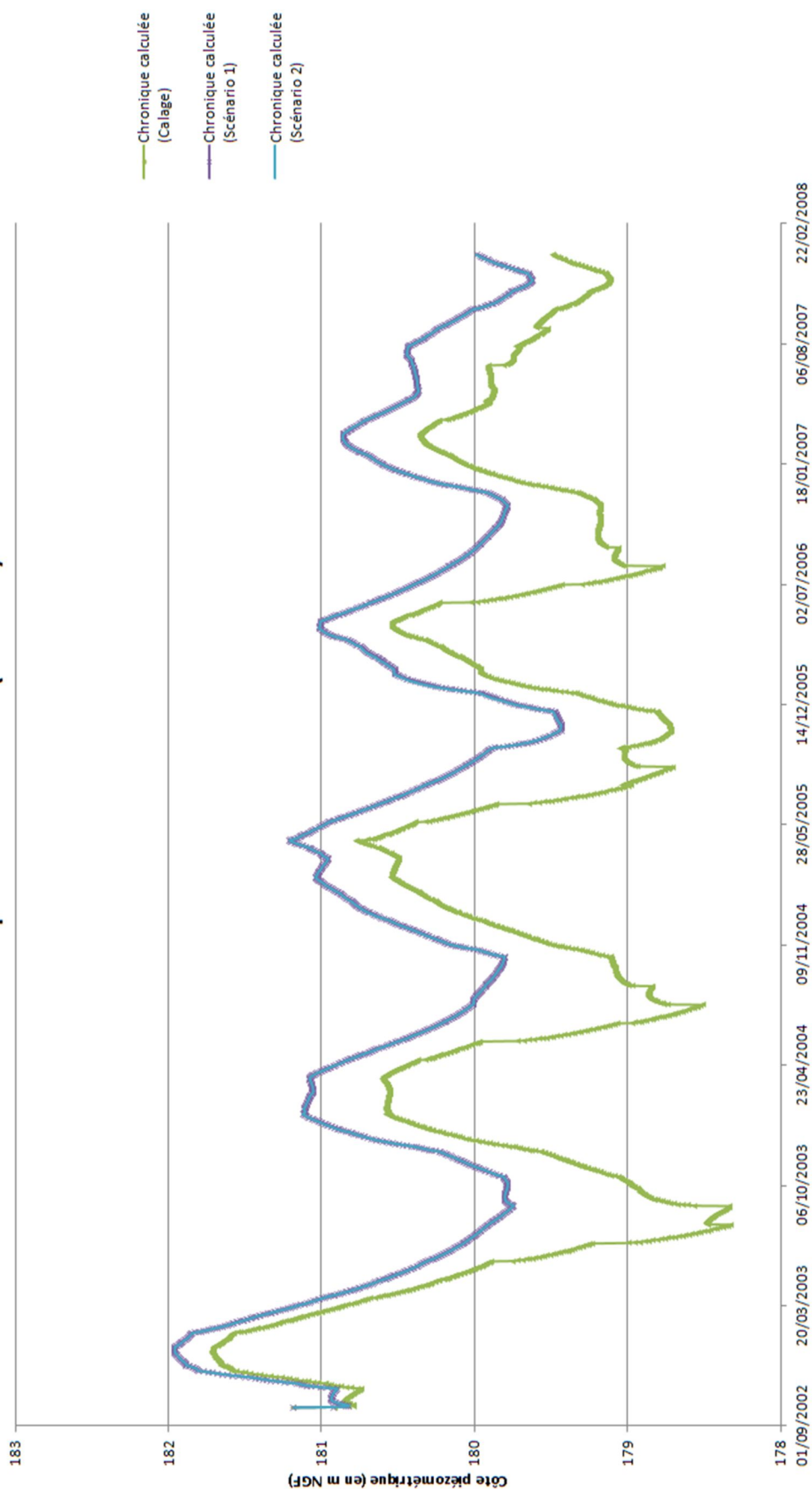
Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre "Balan (les Ecoles)"



Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre "Balan (Mayollet)"



Comparaison des niveaux simulés lors des différents scénarii
sur le piézomètre "Balan (Plateron)"





**ATTEINDRE
L'ÉQUILIBRE QUANTITATIF
EN AMÉLIORANT
LE PARTAGE
DE LA RESSOURCE EN EAU
ET EN ANTICIPANT
L'AVENIR**

ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX

Les études volumes prélevables visent à améliorer la connaissance des ressources en eau locale dans les territoires en déficit de ressource.

Elles doivent aboutir à la détermination d'un volume prélevable global sur chaque territoire. Ce dernier servira par la suite à un ajustement des autorisations de prélèvement dans les rivières ou nappes concernées, en conformité avec les ressources disponibles et sans perturber le fonctionnement des milieux naturels.

Ces études sont également la première étape pour la définition de plans de gestion de la ressource et des étiages, intégrant des règles de partage de l'eau et des actions de réduction des prélèvements.

Les études volumes prélevables constituent une déclinaison opérationnelle du SDAGE et répondent aux objectifs de l'Orientation fondamentale 7 « Atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir ».

Elles sont menées par des bureaux d'études sur 70 territoires en déficit du bassin Rhône-Méditerranée.

Maître d'ouvrage :

- Syndicat Mixte de la Basse Vallée de l'Ain

Financeurs :

- Agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse

Bureaux d'études :

- SOGREAH Consultants
- EPTEAU