



Hydrologie souterraine

Poitou Charentes

Octobre 2012

Synthèse

Dans le cadre du projet « Explore 2070 » et afin d'évaluer l'impact du changement climatique sur les niveaux de nappes et les débits des cours d'eau, le groupement BRGM/ ARMINES a proposé, vu le temps imparti, d'utiliser les modèles hydrodynamiques maillés, déjà construits et calés sur la période actuelle. Ces modèles, dont l'historique, la description et le calage ont été détaillés dans le rapport d'avancement précédent, font chacun l'objet d'un rapport séparé. Le présent rapport traite du modèle Jurassique de Poitou-Charentes. Il comprend une présentation :

- du modèle et des différentes données climatiques utilisés,
- de la méthodologie employée,
- des principaux résultats en termes d'impact du changement climatique avec et sans évolution des prélèvements.

Les résultats des simulations réalisées avec le modèle des nappes du Jurassique de Poitou-Charentes pour tester le scénario du réchauffement climatique sur la période 2046-2065 montrent des situations assez différentes (en nappe comme en rivière) selon les bassins versants.

Sur les bassins versants à forte inertie, en particulier la Dive du Nord et les bassins voisins (Palu...) en nord Vienne, les débits de rivières devraient se trouver fortement impactés en hiver comme en été (même en supprimant toute irrigation).

L'impact serait légèrement moindre dans la partie centrale de la Région, de part et d'autre du seuil du Poitou, caractérisée par l'existence des nappes karstiques du Dogger et de l'Infra-Toarcien à inertie « moyenne ». Selon les scénarios simulés, on peut s'attendre à des débits plus faibles sur l'année, des débits d'étiages beaucoup plus sévères et pour la simulation GFDL-CM2.1 des épisodes de crues plus importants en hiver. Dans ces secteurs, les prélèvements en nappe (et en rivière) sont importants et les politiques de réduction qui se mettent actuellement en place (retenues, modifications des assolements...) devraient en partie compenser l'impact du réchauffement climatique par rapport aux débits d'étiage. Certaines sources utilisées pour l'eau potable (du Vivier à Niort par exemple), pourraient toutefois connaître des situations plus critiques qu'actuellement.

Au niveau du Marais-Poitevin, les niveaux des nappes périphériques étant fortement marqués par les prélèvements, la réduction de ces derniers devrait améliorer nettement la situation des nappes en été. Ce qui est à craindre surtout, à en croire les résultats des simulations, ce sont les niveaux de nappes plus bas en hiver et surtout au printemps, ce qui réduirait les apports à la zone humide.

Enfin, le karst de la Touvre serait l'aquifère (et le cours d'eau) le moins impacté par l'évolution climatique. Toutefois, il convient de moduler ce constat issu des simulations, dans la mesure où les pertes des rivières Tardoire et Bandiat principalement contribue en grande part à l'alimentation de l'aquifère. L'introduction dans le modèle pour les simulations de chroniques de débits observés en 2006 peut donc fausser les résultats. Il en est de même pour les bassins impactés par les lâchers de barrage, où les chroniques 2006 rentrées ne sont pas forcément significatives des situations hivernales et printanières plus sèches futures.

La variabilité des résultats sur la piézométrie est très contrastée suivant les modèles climatiques.

Pour la simulation la plus pessimiste MRI-CGCM 2.3.2 la baisse des niveaux piézométriques du Dogger et du Jurassique est importante sur les zones de plateaux et assez faible dans les vallées (en général - 0,5 à -1 mètre mais avec des conséquences sur le débit des rivières). Pour le Jurassique supérieur et sur les zones hautes, cette baisse pourrait atteindre -8 à -10 mètres. Pour le Dogger, la baisse sur certains secteurs affleurant serait supérieure à -4 à -5 mètres. Enfin, pour l'Infra-Toarcien et sur les secteurs d'affleurement situés sur les plateaux la baisse serait du même ordre que pour le Dogger. Pour les zones captives des nappes du Dogger et de l'Infra-Toarcien, cette diminution est de plus en plus faible au fur et à mesure que l'on s'éloigne des secteurs d'affleurement.

Pour la simulation la plus optimiste GFDL-CM2.1, on obtient des niveaux légèrement inférieurs à la référence dans certains secteurs (-0,5 m en moyenne) mais également des niveaux plus hauts dans la zone centrale modélisée (0 à +0,5 m) et ce quelles que soient les nappes.

Globalement, les résultats des différentes simulations indiquent tous une diminution des débits des cours d'eau mais avec des ordres de grandeur très différents. Ainsi, pour les différents cours d'eau présentés ici, la baisse du débit moyen serait de l'ordre de 10% à 40%.

En ce qui concerne les étiages, ils devraient être plus sévères. Pour les différents cours d'eau, la baisse du débit moyen en période d'étiage pourrait atteindre 70% à 80% voire plus (modèle ARPV3 et CCCMA-CGM3 pour la Sèvre Niortaise et la Boutonne).

La moyenne des débits maximums devrait être également à la baisse. A noter que sur quelques simulations des pics sont visibles et correspondent pour certains cours d'eau à des débits observés en période d'inondation (1977, 1983, 1988).

Globalement, le débit de la Vienne à Ingrandes paraît assez peu impacté en hautes eaux (baisse de -10% à -20% pour les modèles les plus pessimistes), certaines simulations indiquent même des débits moyens supérieurs à ceux de la période de référence (GFLD-CM2.1 et GFLD-CM2.0)

A contrario, sur la période estivale et pour toutes les simulations le débit moyen mensuel interannuel est inférieur à ceux de la période de référence, pour les simulations ARPV3 et CCCMA-CGM3 cette diminution serait de l'ordre de -60%.

Pour la Boutonne, la Sèvre et le Clain, on note des débits moyens interannuels en baisse pouvant atteindre 40% à 50%, voire 70% pour la Boutonne, par rapport à la période de référence. Pour une des simulations, la plus « optimiste », les débits d'hiver pourraient, à contrario, être supérieurs de +20 à +40% en moyenne (GFDL-CM2.1), ce qui pourrait entraîner des phénomènes de crues sur les parties aval de certains bassins versant (Boutonne, Aume-Couture, Antenne, Curé, Mignon, Auxance...).

Seule la Touvre à Foulpougne, résurgence principale du système karstique de la Rochefoucauld, semble peu impactée : baisse modérée des débits d'environ 10% sauf en automne où la diminution pourrait atteindre 30%.

En ce qui concerne les simulations intégrant une évolution des prélèvements futures, les résultats sont peu pertinents du fait des faibles différences de prélèvements avec les premières simulations, en particulier pour l'irrigation qui représente presque 70% des volumes consommés en eau souterraine. Ainsi, la comparaison des simulations avec évolution et sans évolution montre des différences qui restent anecdotiques.

Sommaire

1.	INTRODUCTION	10
2.	LE MODELE JURASSIQUE	13
2.1.	CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	13
2.2.	CONTEXTE HYDROLOGIQUE	15
2.3.	METHODOLOGIE	15
3.	DONNEES D'ENTREE	21
3.1.	DONNEES CLIMATIQUES:	21
3.1.1.	PLUIE ET ETP	21
3.1.2.	PLUIE EFFICACE ET RECHARGE	21
3.2.	DONNEES HYDROLOGIQUES	26
3.3.	LES PRELEVEMENTS	26
4.	RESULTATS DES SIMULATIONS : IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE	28
4.1.	EVOLUTION DE LA PIEZOMETRIE	28
4.1.1.	ANALYSE PAR PIEZOMETRE	28
4.1.2.	APPROCHE CARTOGRAPHIQUE	42
4.2.	EVOLUTION DES DEBITS DES COURS D'EAU	47
5.	RESULTATS DES SIMULATIONS : IMPACT DES PRELEVEMENTS	62
5.1.	EVOLUTION DE LA PIEZOMETRIE – PERIODE FUTURE AVEC EVOLUTION DES PRELEVEMENTS	62

5.1.1. ANALYSE PAR PIEZOMETRE	62
5.1.2. APPROCHE CARTOGRAPHIQUE	65
5.2. EVOLUTION DES PRELEVEMENTS ET DEBITS DES COURS D'EAU	70
6. CONCLUSION	77
7. BIBLIOGRAPHIE	79

Liste des illustrations

Illustration 1 : extension du modèle du Jurassique sur fond géologique simplifié [Domez et al. (2011)]	17
Illustration 2 : extension du modèle en 3D [Domez et al. (2010)]	18
Illustration 3 : grands bassins versants du domaine d'étude.....	18
illustration 4 : localisation des points utilisés comme référence (Piézomètres et stations hydrologiques)	19
Illustration 5 : comparaison des chroniques calculées par le modèle avec les chroniques de mesures pour le piézomètre 05402X0036/F2 – Guesnes	19
Illustration 6 : comparaison des chroniques calculées par le modèle avec les chroniques de mesures pour le piézomètre 06091X0541/F - Nalliers	20
Illustration 7 : comparaison des chroniques calculées par le modèle avec les chroniques de mesures pour le piézomètre 06121X0001/S – Rouillé	20
Illustration 8 : comparaison des chroniques calculées par le modèle avec les chroniques de mesures pour le piézomètre 06108X0022/S – Niort.....	20
Illustration 9 : évolution mensuelle des précipitations à partir de moyennes interannuelles (1961-1990 en haut, 2046-2065 en bas)	22
Illustration 10 : évolution mensuelle des précipitations (2046-2065) – en relatif par rapport à la période de référence (1961-1990)	23
Illustration 11 : évolution mensuelle de l'ETP à partir de moyennes interannuelles (1961-1990 en haut, 2046-2065 en bas)	23
Illustration 12 : évolution mensuelle de l'ETP (2046-2065)– en relatif par rapport à la période de référence (1961-1990)	24
Illustration 13 : évolution mensuelle de la recharge (1961-1990 en haut, 2046-2065 en bas) ...	24
Illustration 14 : évolution des pluies efficaces spatialisées	25
illustration 15 :évolution des prélèvements dans les eaux souterraines donnée par le BIPE.....	27
Illustration 16: évolution des prélèvements dans les eaux de surface donnée par le BIPE.....	27
Illustration 17 : résultats des simulations sur le piézomètre de Saint-Fraigne	31
Illustration 18 : résultats des simulations sur le piézomètre du Bourdet	32
Illustration 19 : résultats des simulations sur le piézomètre de Guesnes	33
Illustration 20 : résultats des simulations sur le piézomètre de Oiron	34
Illustration 21 : résultats des simulations sur le piézomètre de Villiers	35
Illustration 22 : résultats des simulations sur le piézomètre de Dauffard	36
Illustration 23 : résultats des simulations sur le piézomètre de Sauze.....	37
Illustration 24 : résultats des simulations sur le piézomètre de St-Projet.....	38

Illustration 25 : résultats des simulations sur le piézomètre de Nalliers	39
Illustration 26 : résultats des simulations sur le piézomètre de Rouillé.....	40
Illustration 27 : résultats des simulations sur le piézomètre de Niort	41
Illustration 28 : répartition spatiale de l'impact sur les piézomètres	43
Illustration 29 : Jurassique supérieur - baisse du niveau moyen de la nappe sur la période 2046-2065 par rapport à la période de référence (1961-1990).....	44
Illustration 30 : Dogger - baisse du niveau moyen de la nappe sur la période 2046-2065 par rapport à la période de référence (1961-1990)	45
Illustration 31 : Infra-Toarcien - baisse du niveau moyen de la nappe sur la période 2046-2065 par rapport à la période de référence (1961-1990)	46
Illustration 32 : résultats des simulations sur le débit de la Vienne à Ingrandes 1/2.....	50
Illustration 33 : résultats des simulations sur le débit de la Vienne à Ingrandes 2/2.....	51
Illustration 34 : résultats des simulations sur le débit du Clain à Poitiers 1/2.....	52
Illustration 35 : résultats des simulations sur le débit du Clain à Poitiers 2/2.....	53
Illustration 36 : résultats des simulations sur le débit de la Sèvre à Echiré 1/2	54
Illustration 37 : résultats des simulations sur le débit de la Sèvre à Echiré 2/2	55
Illustration 38 : résultats des simulations sur le débit de la Charente à Vindelle 1/2	56
Illustration 39 : résultats des simulations sur le débit de la Charente à Vindelle 2/2	57
Illustration 40 : résultats des simulations sur le débit de la Touvre à Foulpougne 1/2.....	58
Illustration 41 : résultats des simulations sur le débit de la Touvre à Foulpougne 2/2.....	59
Illustration 42 : résultats des simulations sur le débit de la boutonne à St-Séverin 1/2	60
Illustration 43 : résultats des simulations sur le débit de la boutonne à St-Séverin 2/2	61
Illustration 44: résultats des simulations sur le piézomètre de Guesnes	63
Illustration 45: résultats des simulations sur le piézomètre du Bourdet	63
illustration 46 : : résultats des simulations sur le piézomètre de Villiers	64
Illustration 47: résultats des simulations sur le piézomètre de Rouillé.....	64
Illustration 48: résultats des simulations sur le piézomètre de Oiron	64
Illustration 49 : répartition spatiale de l'impact sur les piézomètres – différence entre simulation prospective et simulation prospective avec évolution des prélèvements	66
Illustration 50 : Jurassique supérieur - différence entre simulation prospective et simulation prospective avec évolution des prélèvements.....	67
Illustration 51 : Dogger - différence entre simulation prospective et simulation prospective avec évolution des prélèvements.....	68
Illustration 52 : Infra-Toarcien - différence entre simulation prospective et simulation prospective avec évolution des prélèvements	69
Illustration 53 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Vienne à Ingrandes (simulations GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2)	71

Illustration 54 : impact de l'évolution des prélèvements sur les débits de la Vienne à Ingrandes en relatif pour toutes les simulations.....	71
Illustration 55 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits du Clain à Poitiers (simulations GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2).....	72
Illustration 56 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits du Clain à Poitiers en relatif pour toutes les simulations.....	72
Illustration 57 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Sèvre à Echiré (simulations GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2).....	73
Illustration 58 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Sèvre à Echiré en relatif pour toutes les simulations.....	73
Illustration 59 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Charente à Vindelle (simulations GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2)	74
Illustration 60 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Charente à Vindelle en relatif pour toutes les simulations.....	74
Illustration 61 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Touvre à Foulpougne (simulations GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2)	75
Illustration 62 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Touvre à Foulpougne en relatif pour toutes les simulations.....	75
Illustration 63 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Boutonne à St-Séverin (simulations GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2)	76
Illustration 64 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Boutonne à St-Séverin en relatif pour toutes les simulations.....	76

1. Introduction

Le changement climatique, et ses conséquences sur le milieu naturel, est devenu une préoccupation majeure, aussi afin de mieux comprendre et d'appréhender cette problématique, le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) a initié en 2010 le projet « Explore 2070 ». .

L'objectif de ce projet (Elaboration et évaluation des stratégies d'adaptation au changement climatique en France face à l'évolution des hydrosystèmes et des milieux côtiers à l'horizon 2050-2070) est, à partir de différents scénarios climatiques, démographiques et socio-économiques, d'élaborer et d'évaluer des stratégies d'adaptation au changement climatique face à l'évolution des hydrosystèmes et des milieux côtiers à l'horizon 2050-2070, pour la métropole et les départements d'outre-mer. A l'aide d'une approche systémique, il s'agit de concevoir des stratégies d'adaptation permettant d'anticiper les effets du changement climatique et d'élaborer, pour chacune d'elles, une feuille de route visant à minimiser les risques et les coûts associés (financiers, humains, environnementaux).

Cette étude, qui a fait l'objet d'un appel d'offre, a été découpée en 8 lots et le 4ème lot « Expertise Hydrologie – Ressources souterraines et aquifères » a été confié au groupement BRGM/ARMINES.

Afin d'évaluer l'impact du changement climatique sur les niveaux de nappes et les débits des cours d'eau, le groupement BRGM/ ARMINES a proposé, vu le temps imparti, d'utiliser les modèles hydrodynamiques maillés, déjà construits et calés sur la période actuelle.

La démarche de ce type d'étude consiste à estimer les émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols. Ces émissions sont alors utilisées par des modèles de climat pour en déduire l'évolution du climat dans le futur. Ces simulations sont ensuite désagrégées (ou régionalisées) pour obtenir une meilleure estimation de l'évolution du climat à une échelle plus fine. Ces informations régionales sont ensuite utilisées dans des modèles hydrologiques régionaux pour estimer l'impact du changement climatique sur les débits des rivières et le niveau des nappes phréatiques.

Sept modèles de climat et scénario d'émission de gaz à effet de serres (issus du 4ième exercice du GIEC) ont été traités dans le cadre du projet « Explore 2070 ».

Six des sept modèles de climat utilisés (CCCMA_GCGM3_1, GFDL_CM2_0, GFDL_CM2_1, GISS_MODEL_E_R, MPI_ECHAM5, MRI_CGCM2_3_2A) couvrent uniquement la période 1961-1990 pour la simulation du climat actuel et la période 2046-2065 pour la période temps futur (ou milieu de siècle). Seul le modèle ARPEGE couvre de manière continue, la période 1950-2065.

Une première évaluation consiste à vérifier que ces simulations climatiques désagrégées sur le temps présent se comparent favorablement aux observations. (période 1961-1990).

L'impact du changement climatique sur les eaux souterraines se quantifie en comparant les résultats des modélisations hydrodynamiques obtenus avec les données fournies par chaque modèle climatique sur la période future (2046-2065) à ceux obtenus sur la période de référence (1961-1990) en considérant les prélèvements actuels comme constants, la variabilité des résultats obtenus pour l'ensemble des modèles climatiques permettant de cerner les incertitudes sur les projections climatiques.

Dans un second temps, un scénario considérant l'évolution des prélèvements dans le futur a été testé à partir de jeux de données fournis par le BIPE ; 7 simulations supplémentaires prospectives (une pour chaque modèle climatique) ont donc été réalisées.

Le groupement BRGM/ ARMINES a donc réalisé ces modélisations sur l'ensemble des modèles hydrodynamiques actuellement disponibles soit :

- o les deux grands bassins sédimentaires (bassin parisien et bassin aquitain),
- o les aquifères du Jurassique de la région Poitou Charentes,
- o l'aquifère alluvial de la plaine d'Alsace,
- o l'aquifère crayeux de la Somme,
- o l'aquifère calcaire de Grande Terre en Guadeloupe,
- o et afin de compléter cette évaluation dans un milieu karstique, par utilisation d'un modèle global sur les sources du Lez.

L'exploitation de chacun de ces modèles, dont l'historique, la description et le calage ont été détaillés dans le rapport d'avancement précédent, fait l'objet d'un rapport spécifique séparé.

Le présent volume traite du modèle Jurassique de Poitou-Charentes : il comprend :

- une présentation du modèle utilisé et les différentes données climatiques utilisées ;
- la méthodologie employée ;
- enfin, les principaux résultats en termes d'impact du changement climatique avec et sans évolution des prélèvements.

2. Le modèle Jurassique

Le modèle hydrodynamique du Jurassique de Poitou-Charentes [Douez O. et *al.* (2011)] comporte 8 couches (de haut en bas) : Bri du Marais-Poitevin, Crétacé/Altérites, Jurassique supérieur altéré (aquifère), Jurassique supérieur non altéré, Dogger (aquifère), Toarcien, Infra-Toarcien (aquifère) et le socle.

Le code de calcul retenu dans le cadre de cette modélisation est MARTHE (Modélisation d'Aquifères par un maillage Rectangulaire en régime Transitoire pour le calcul Hydrodynamique des Ecoulements) [Thiery D. (1990)].

L'extension globale du modèle jurassique couvre une superficie de 19 280 km² (Illustration 1). Concernant le maillage, la trame du kilomètre carré a été retenue.

2.1. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

L'extension du modèle couvre une grande partie de la région Poitou-Charentes qui présente la particularité d'être située entre 2 bassins sédimentaires (Parisien et Aquitain) et 2 massifs anciens (Armoricaïn et Central).

Les formations rencontrées de part et d'autres du seuil du Poitou (limite partageant les bassins Parisien et Aquitain) sont les suivantes (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), des plus anciennes aux plus récentes :

- Les terrains du **socle** qui présentent une grande variété de roches granitiques et métamorphiques sont caractérisés par une structuration importante en relation avec de grands accidents de direction armoricaine (NO-SE). La densité du réseau hydrographique montre que le socle renferme peu de ressources souterraines (nappes localisées au sein des altérites) et la part des ruissellements superficiels est importante ;
- Au-dessus du socle, reposent les formations du **Jurassique inférieur** (ou Lias) correspondant à l'aquifère de l'Infra-Toarcien. Ce réservoir est composé principalement de faciès calcaires plus

ou moins dolomitisés et gréseux. Il est généralement captif sous les marnes toarciennes. On le trouve à l'affleurement dans certaines vallées à la faveur de l'érosion ;

- Au-dessus du Toarcien se superposent les calcaires karstifiés du **Dogger**. Le faciès réservoir est représenté par des calcaires francs, massifs ou en plaquettes ;
- Cet aquifère devient captif sous les formations du **Jurassique supérieur** non altéré représentées principalement par des calcaires marneux et argileux et des marnes. Une frange d'altération superficielle, de 20 à 30 mètres d'épaisseur au maximum, s'est développée dans le Jurassique supérieur, en liaison avec la fissuration et la décompression des terrains de surface, formant une nappe localement très productive ;
- Les formations du **Crétacé supérieur** reposent sur le Jurassique supérieur. La base du Cénomaniens est caractérisée par un niveau argileux riche en matière organique et par des sables. Les niveaux supérieurs sont formés d'une alternance de dépôt carbonatés et de faciès argileux/marneux ;
- Des faciès continentaux de l'Eocène et de l'Oligocène (**Tertiaire**) : (argiles, calcaires et marnes lacustres, sables) recouvrent le Crétacé dans le Châtelleraudais et dans le sud Charente. Des altérites tertiaires coiffent en général les plateaux du Dogger ;
- Enfin, au Quaternaire, le réseau hydrographique se met en place par creusement des vallées et dépôt d'alluvions. Des argiles, des sables viennent recouvrir les formations précédentes et de brèves incursions marines remplissent de sédiments argileux les dépressions en zone littorale laissées par les réseaux fluviaux de la fin du Würm ; c'est le cas notamment du Marais-Poitevin formé d'argiles fluvio-marines (dénommées « **Bri** »).

Ainsi, les nappes d'extension régionale rencontrées sur le secteur d'étude et modélisées sont celles de l'Infra-Toarcien, du Dogger, du Jurassique supérieur et du Crétacé. Ces aquifères sont souvent peu profonds, en étroite relation avec les cours d'eau et sont généralement annuellement renouvelées.

En « sortie » de modèle, des potentiels imposés ont été appliqués :

- Sur la limite ouest du modèle, qui correspond au niveau imposé par l'Océan Atlantique. [Il est à noter que le modèle utilisé est un modèle monophasique et ne fait donc pas intervenir les

paramètres spécifiques des eaux salines. Pour tenir compte de l'effet densitaire des eaux marines, un biais a été pris en augmentant les potentiels « océans » de 0,5 mètre par rapport au niveau 0 NGF dans le modèle initial].

- Sur les bordures nord-est et sud-ouest du modèle régional, qui sont très éloignées de la zone d'intérêt.

2.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

Les échanges nappes/rivières jouant un rôle important dans l'hydrodynamique régionale, les principaux cours d'eau ont été intégrés à l'aide du module "échanges nappes/rivières" du logiciel WinMarthe. Environ 3050 kilomètres de linéaire de cours d'eau sont représentés dans le modèle.

Un certain nombre de bassins versants amont n'étant pas représenté dans le modèle (Tardoire, Bandiat, Charente, Vienne et Gartempe) un débit est injecté à l'entrée de ces rivières dans le domaine modélisé. Pour ce faire, les données de débits des stations hydrologiques à l'amont des limites des modèles sont utilisées et modifiées pour tenir compte de l'accroissement de la superficie du bassin versant. Une carte des grands bassins versants est présentée en Illustration 3.

Il est à noter que la Charente est fortement anthropisée dans sa partie amont par 2 barrages construits pour le soutien d'étiage. En basses eaux, le débit de la Charente en amont dépend principalement aux lâchers de ces barrages.

Sur le domaine d'études certains barrages sont pris en compte sur le département de la Vendée (Lay - 5 barrages ; Vendée - 1 barrage) et sur celui des Deux Sèvres (Touche-Poupard sur la Sèvre Niortaise). Ils sont utilisés pour l'AEP et/ou le soutien en période d'étiage, notamment pour les canaux du Marais-Poitevin.

2.3. METHODOLOGIE

La recharge a été estimée par zones, au pas mensuel, à travers un bilan classique fournissant la pluie efficace, à partir des données de précipitations et de l'évapotranspiration sur 11 stations météorologiques, et des données de réserves utiles des sols. Le croisement de ces données conduit à la création de 30 zones de pluie efficace. L'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux développé par le BRGM, a ensuite été utilisé pour évaluer le fractionnement (4 classes d'IDPR) de cette pluie efficace entre ruissellement et infiltration. Au final, 99 zones de recharge/ruissellement

ont été intégrées dans le modèle. Par ailleurs précisons que l'IDPR dans les différentes simulations prospectives sera considéré comme invariable.

Le modèle Jurassique comporte une base de prélèvements issue d'un travail important de collecte, de croisement, de géolocalisation, d'attribution de l'aquifère capté et de mise en forme de données de prélèvements pour l'AEP, l'industrie et l'irrigation (en nappe et sur les cours d'eau). Les données de 5 Directions Départementales des Territoires (DDT), des Agences de l'eau Loire-Bretagne et Adour-Garonne, des chambres d'agriculture, des syndicats d'eau, du Conseil Général 85, de L'Institution Interdépartementale du Bassin de la Sèvre Niortaise, (...) ont été utilisées. Au final, environ 5 000 prélèvements en nappe et un peu plus de 1 000 prélèvements de surface sont intégrés au modèle avec des données avec un pas de temps mensuel à hebdomadaire et ce jusqu'à l'année 2006.

Le calage en régime transitoire a été réalisé sur la période 2000-2007 au pas de temps mensuel et hebdomadaire, et en intégrant les prélèvements pour l'AEP et l'irrigation, dans les nappes comme dans les cours d'eau.

Les illustrations 5 à 8 présentent, à titre d'exemple, pour les piézomètres utilisées comme référence (cf. illustration 4), la superposition de la courbe des données mesurées sur celle des données calculées par le modèle. Ces chroniques piézométriques sont correctement restituées que ce soit en basses ou en hautes eaux (peu d'écarts entre les valeurs simulées et observées).

Pour de plus amples détails sur le calage du modèle on se reportera au rapport d'avancement intermédiaire.

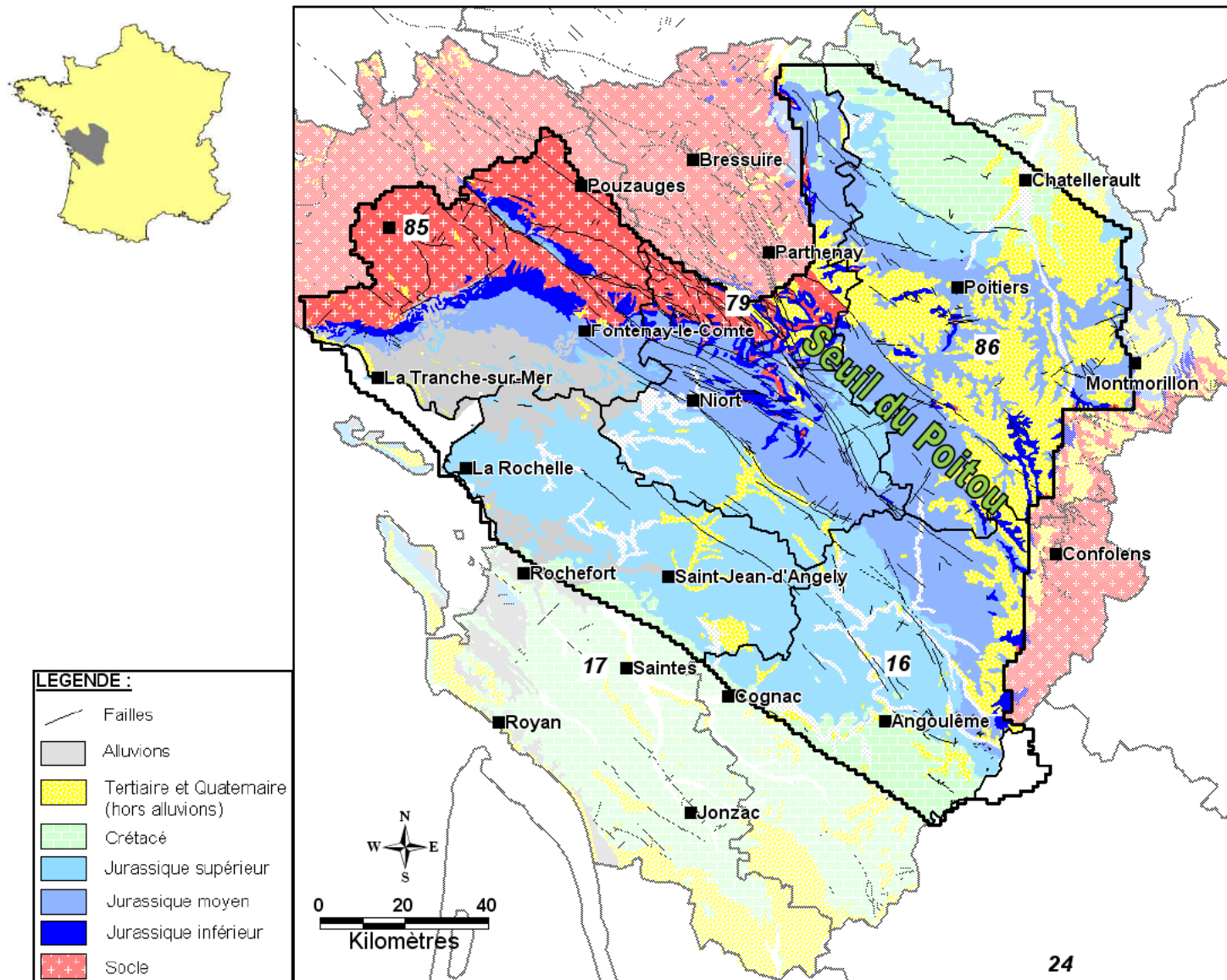


Illustration 1 : extension du modèle du Jurassique sur fond géologique simplifié [Duez et al. (2011)]

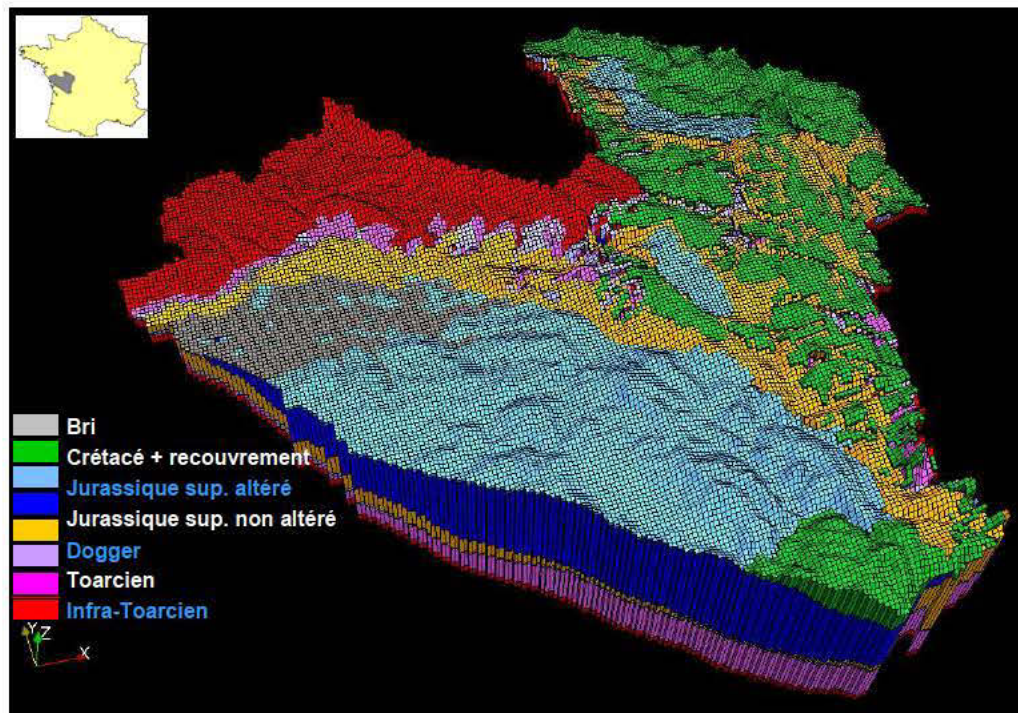


Illustration 2 : extension du modèle en 3D [Duez et al. (2010)]



Illustration 3 : grands bassins versants du domaine d'étude

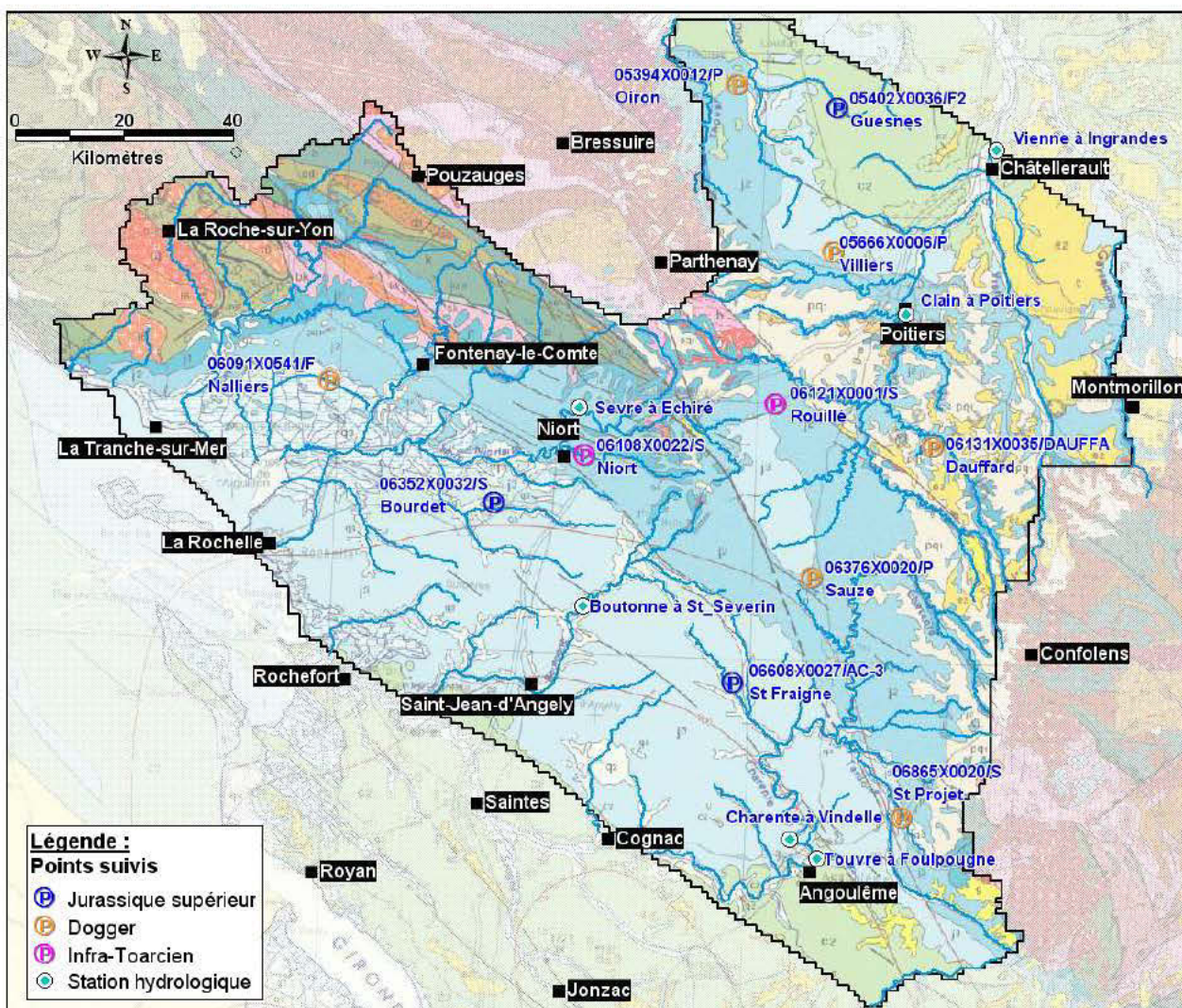


illustration 4 : localisation des points utilisés comme référence (Piézomètres et stations hydrologiques)

Nappe du Jurassique supérieur :

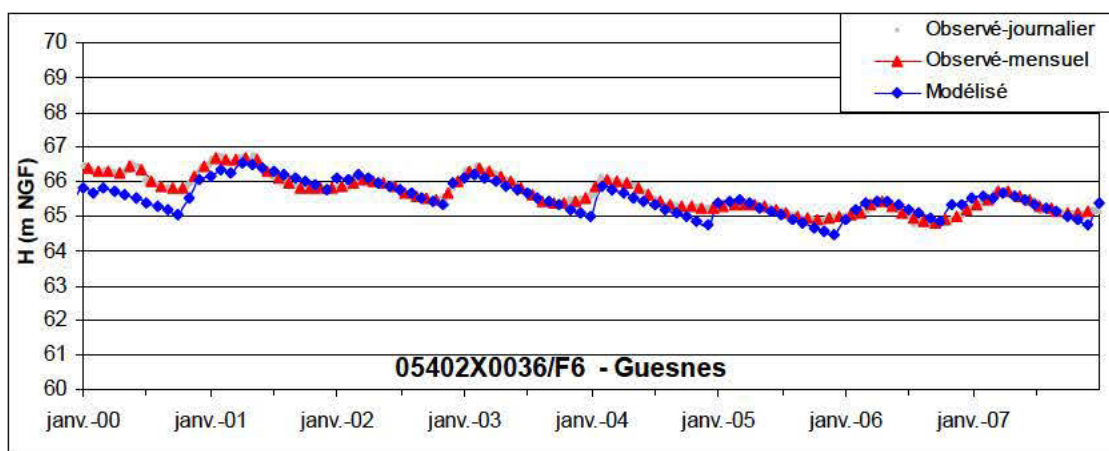


Illustration 5 : comparaison des chroniques calculées par le modèle avec les chroniques de mesures pour le piézomètre 05402X0036/F2 – Guesnes

Nappe du Dogger :

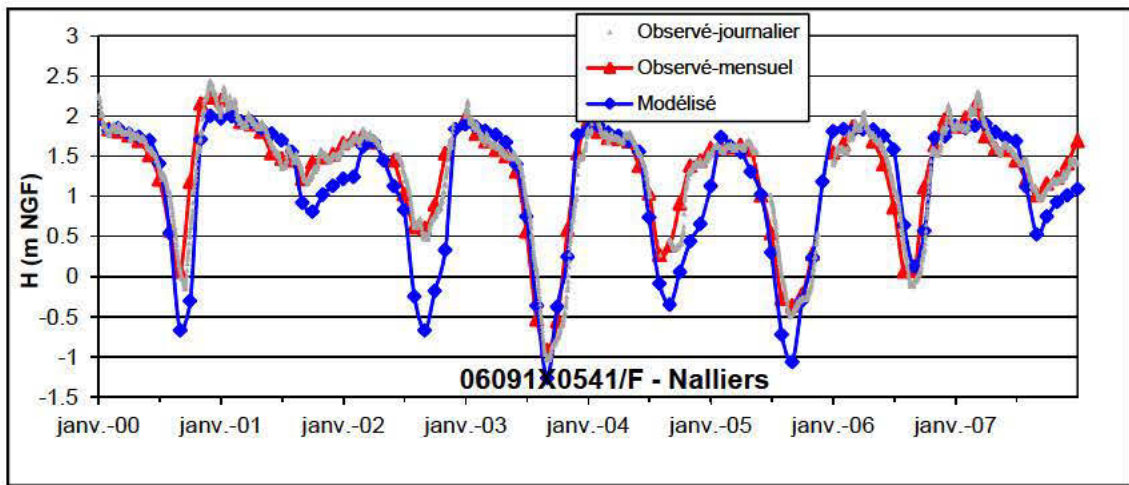


Illustration 6 : comparaison des chroniques calculées par le modèle avec les chroniques de mesures pour le piézomètre 06091X0541/F - Nalliers

Nappe de l'Infra-Toarcien :

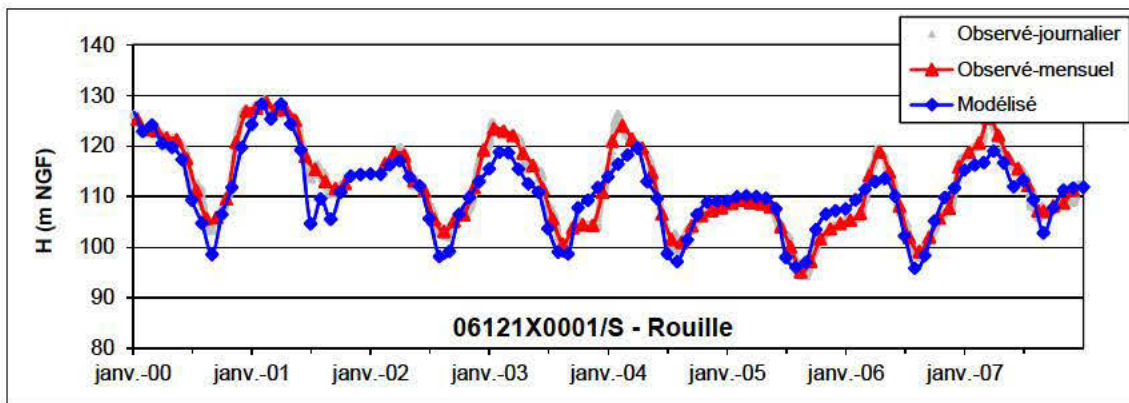


Illustration 7 : comparaison des chroniques calculées par le modèle avec les chroniques de mesures pour le piézomètre 06121X0001/S – Rouillé

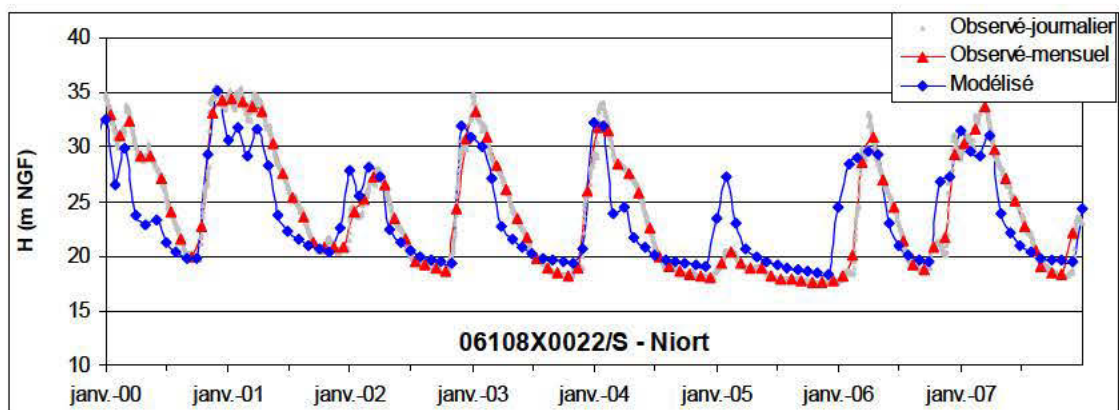


Illustration 8 : comparaison des chroniques calculées par le modèle avec les chroniques de mesures pour le piézomètre 06108X0022/S – Niort

3. Données d'entrée

3.1. DONNEES CLIMATIQUES:

3.1.1. Pluie et ETP

Les données de précipitation et d'ETP pour l'ensemble des stations, fournies au pas de temps journaliers pour les différentes simulations, ont été consolidées au pas de temps mensuel.

Afin d'évaluer l'évolution globale des précipitations, de l'ETP, de la pluie efficace et de la recharge intégrée dans le modèle une analyse des données météorologiques issues de chaque modèle climatique a été réalisée à partir de moyennes interannuelles et de moyennes mensuelles interannuelles pour la période de référence et future. Sur certains graphes ont été ajoutés les résultats issus de la simulation avec les données SAFRAN servant de référence.

En ce qui concerne les précipitations (graphiques de l'Illustration 9 et de l'Illustration 10) la baisse moyenne interannuelle serait de l'ordre de $-8\% \pm 6\%$ avec une diminution d'environ -14% pour le modèle ARPV3 et de -3 à -4% pour les modèles ECHAM5-MPI et GFDL-CM2.0. Cette baisse serait en général importante sur les pluies d'été (-20 à -40% pour certains modèles) alors que sur la période hivernale la plupart des modèles indiquent des pluies hivernales supérieures à celles de la période de référence.

Pour l'ETP, les graphiques de l'Illustration 11 et de l'Illustration 12 indiquent une augmentation très sensible de l'ETP : $+25\% \pm 10\%$ en moyenne selon les résultats des modèles climatiques. Cette augmentation touche l'ensemble de l'année avec, pour certaines périodes et certains modèles, des hausses d'ETP de $+30\%$ à $+50\%$ par rapport à la période de référence.

L'impact du scénario d'évolution du climat du GIEC simulé à l'aide des 7 modèles climatiques, correspond une nette augmentation de l'ETP et une diminution des précipitations en lien avec le changement de climat. En été, l'accroissement de l'ETP et la baisse des précipitations sont simultanées alors qu'en hiver cela est moins le cas.

3.1.2. Pluie efficace et recharge

Les cartes de l'Illustration 14 montrent, pour chaque modèle climatique, l'évolution de la moyenne des pluies efficaces annuelles spatialisées (30 secteurs du modèle). Globalement, les pluies efficaces, telles qu'elles sont intégrées dans le modèle, sont nettement plus basses par rapport à la période de référence vers le nord-est, le sud et l'ouest du modèle hydrodynamique qu'au centre du secteur modélisé. Les modèles climatiques les plus « optimistes » sont le GFDL-CM2.0 et le GFDL-CM2.1 alors que les plus « pessimistes » sont l'ARPV3 et le MRI-CGCM 2.3.2.

La recharge intégrée dans le modèle, qui est présentée ici sous la forme de graphes de moyennes mensuelles interannuelles, est globalement diminuée entre la période de référence (1961-1990) et future (2046-2065).

Précisons que sur l'ensemble des graphes, la courbe « SAFRAN » figure à titre de comparaison. Cette courbe sert de référence pour la période 1961-1990 uniquement et a été calculé à partir de données observées.

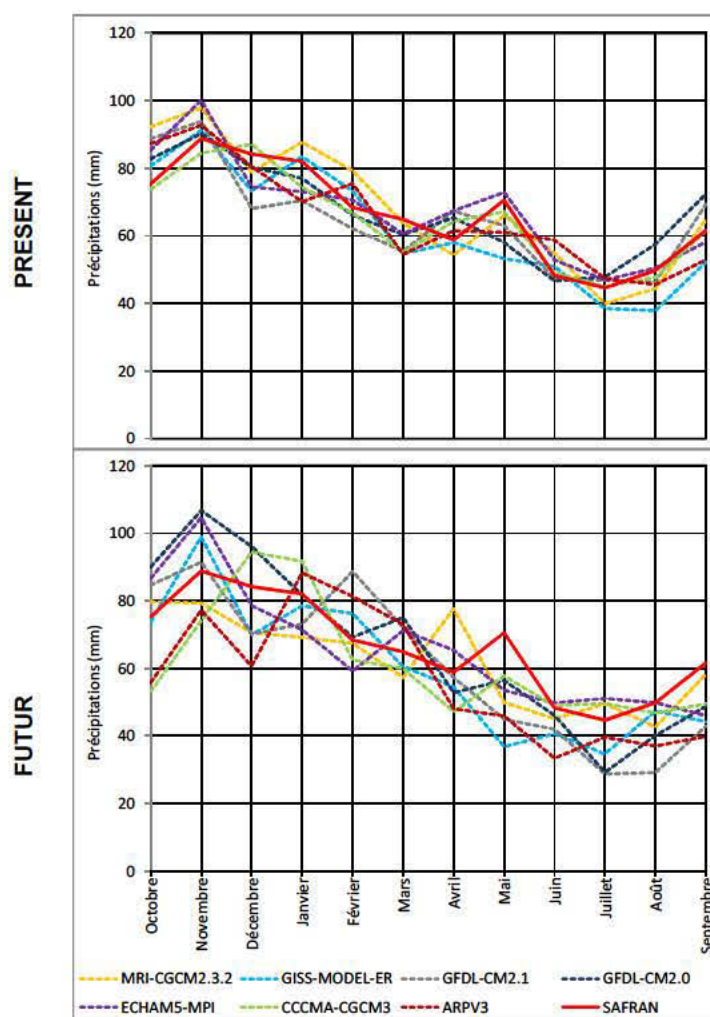
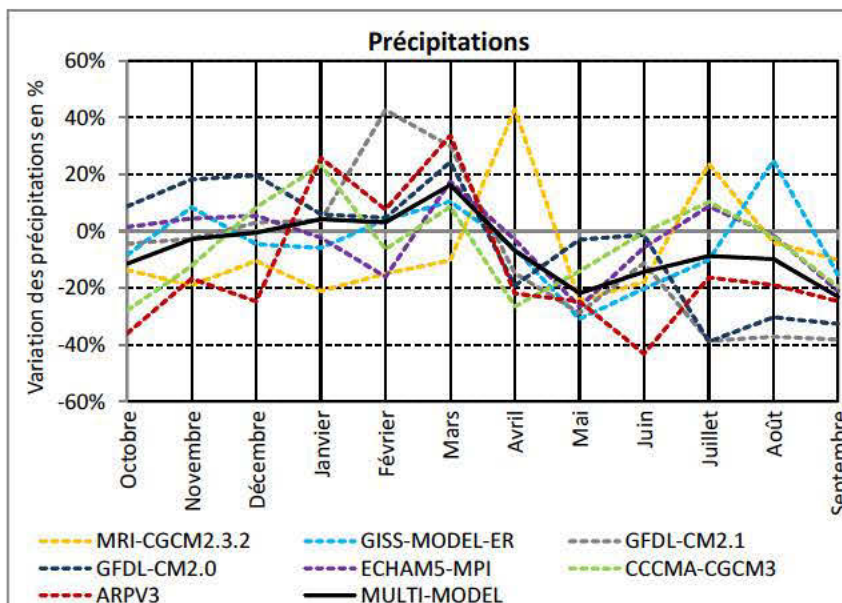
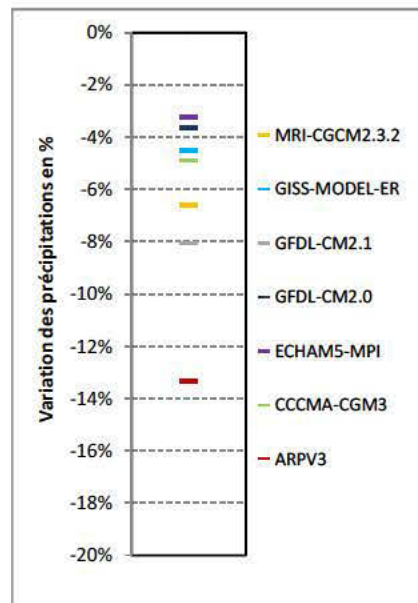


Illustration 9 : évolution mensuelle des précipitations à partir de moyennes interannuelles (1961-1990 en haut, 2046-2065 en bas)



Evolution mensuelle des précipitations moyennes



Moyenne annuelle des précipitations

Illustration 10 : évolution mensuelle des précipitations (2046-2065) – en relatif par rapport à la période de référence (1961-1990)

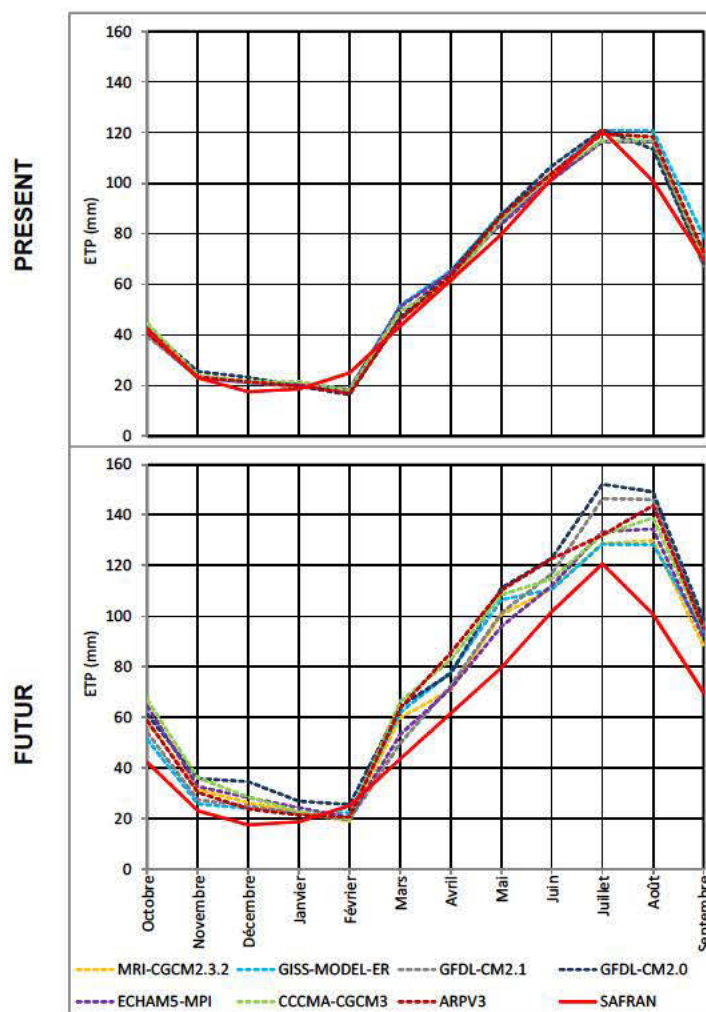


Illustration 11 : évolution mensuelle de l'ETP à partir de moyennes interannuelles (1961-1990 en haut, 2046-2065 en bas)

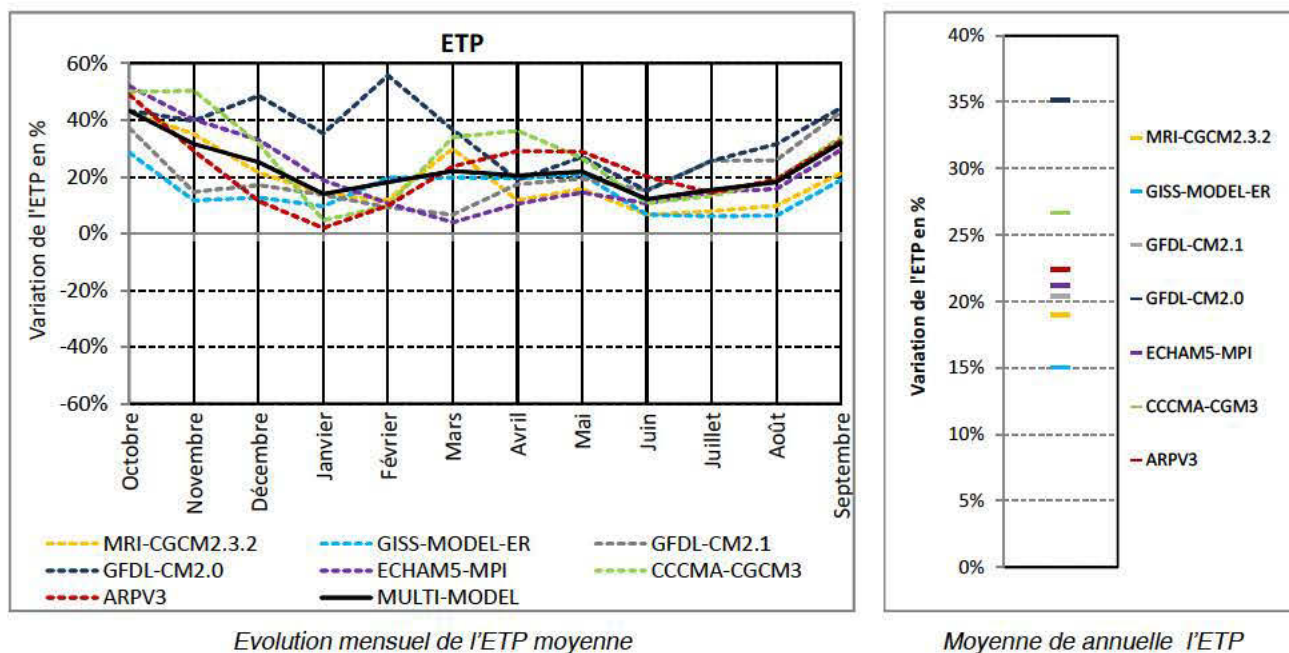


Illustration 12 : évolution mensuelle de l'ETP (2046-2065)– en relatif par rapport à la période de référence (1961-1990)

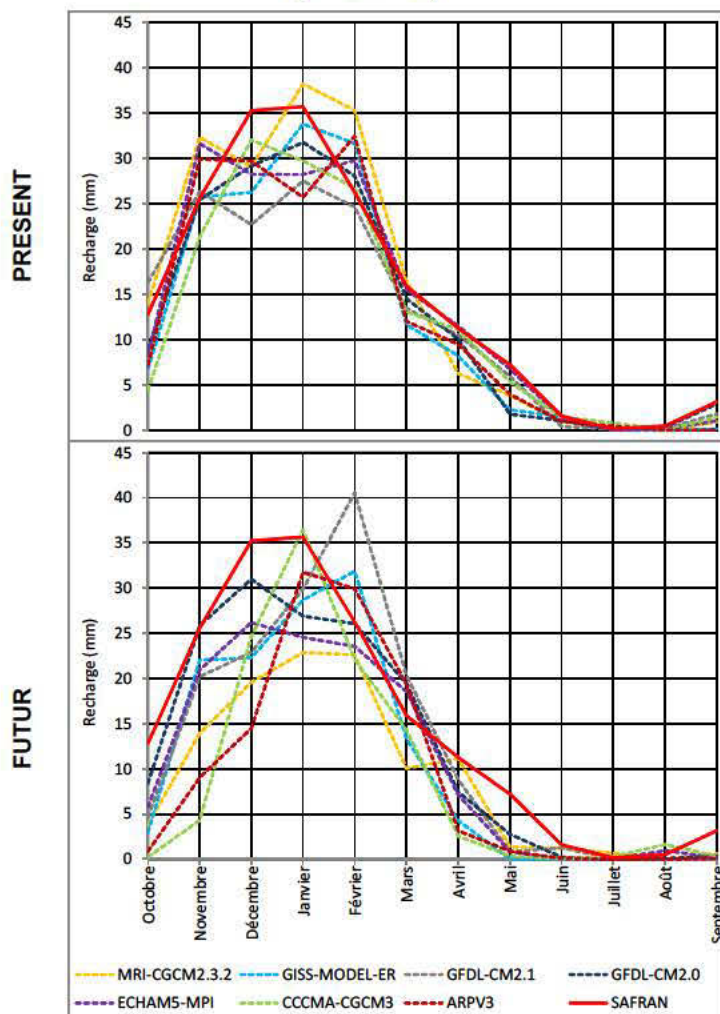


Illustration 13 : évolution mensuelle de la recharge (1961-1990 en haut, 2046-2065 en bas)

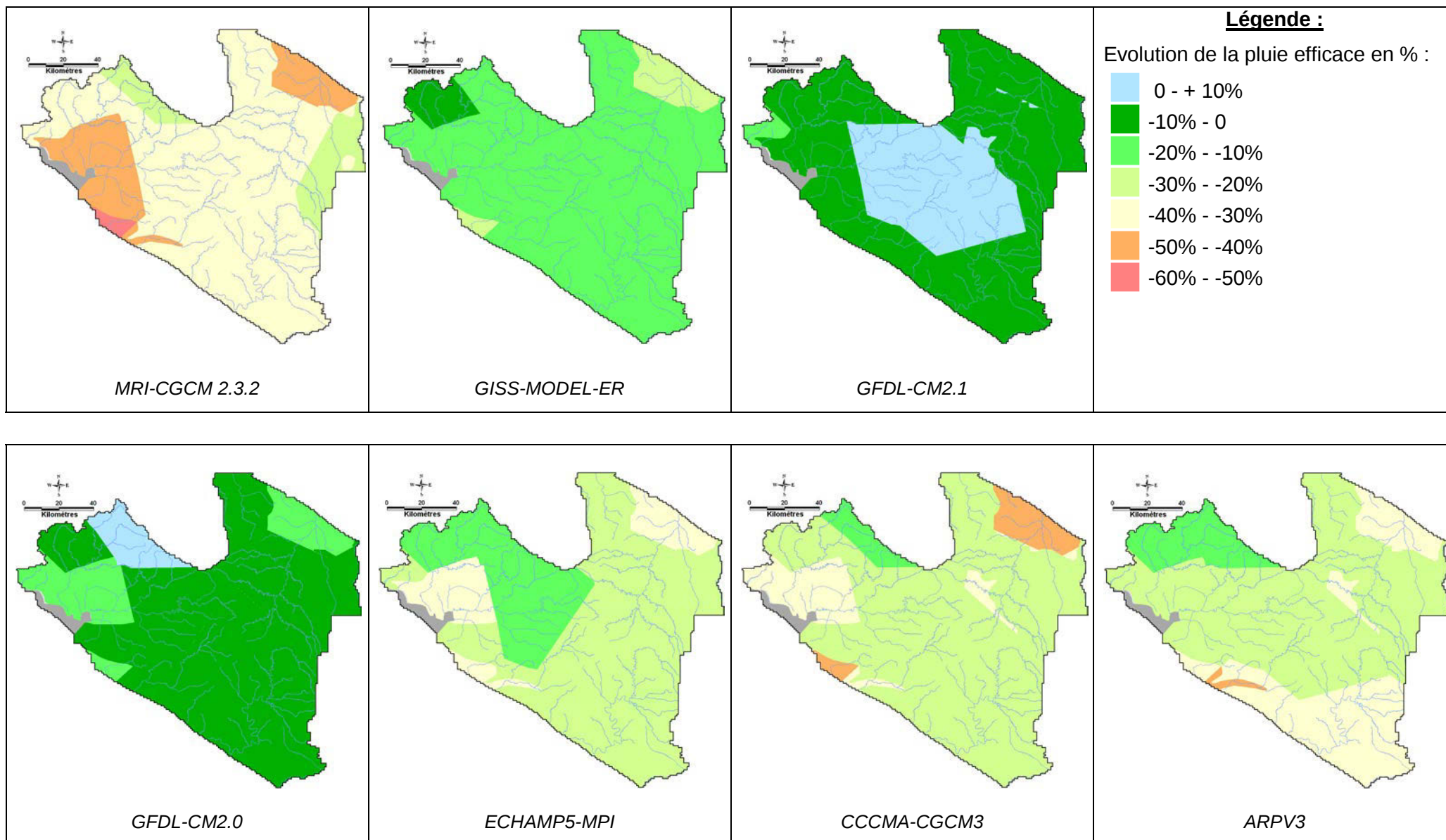


Illustration 14 : évolution des pluies efficaces spatialisées

3.2. DONNEES HYDROLOGIQUES

Pour la simulation de référence avec données météo SAFRAN, les données réelles (banque hydro) ont été utilisées sur la Vienne (Lupsaut) et la Gartempe (Montmorillon). Pour la Charente, la Tardoire et le Bandiat ce type de données n'étant pas disponible (pas de mesure sur la période référence) les données de l'année 2006 ont été reproduites.

Pour les autres simulations des périodes « présentes » (1961-1990) et « futures » (2046-2065), les données issues du modèle hydrologique GR4J de l'IRSTEA (Lot n°3), générées à partir des différents modèles climatiques, ont été utilisées sur la Vienne (Lupsaut) et la Gartempe (Montmorillon). Pour la Charente, la Tardoire et le Bandiat ces données n'étant également pas disponibles, les débits 2006 ont donc été utilisés et reproduits sur chaque année.

3.3. LES PRELEVEMENTS

Les données d'évolution des prélèvements ont été fournies par le BIPE sous la forme de valeurs de volumes prélevés globaux, pour 2006 et pour deux scénarii différents pour 2070, par grandes unités hydrographiques, pour chaque utilisation de l'eau (AEP, Irrigation, Industrie,...), pour les eaux souterraines et de surface.

Les données 2006 du BIPE, issues d'une extraction de la base des Agences de l'Eau sous forme de données annuelles et sans information exhaustive sur la localisation et l'aquifère capté, ont été abandonnées au profit de la base de données incluse dans le modèle du Jurassique.

Pour la première étape, étude des conséquences du changement climatique sur les cours d'eau et nappes, les prélèvements ont été considérés comme constants sur les simulations temps présent et prospectives en prenant les valeurs de l'année 2006 du modèle comme référence.

Dans une seconde étape, pour les simulations d'évolution des prélèvements sur la période 2046-2065 (Irrigation, pour l'AEP et l'industrie), les données transmises par le BIPE ont par contre été en partie utilisées. Deux scénarii de prélèvements ont été proposés, le scénario 1 de « concentration » présentant trop peu d'évolution des prélèvements par rapport au scénario préalablement simulé a été abandonné et seul le scénario 2 dit « d'étalement » a été utilisé.

Du fait de l'utilisation des données 2006 du modèle Jurassique et non de celles fournies par le BIPE, des pourcentages d'évolution entre les données 2006 et 2070 du BIPE ont été calculés (illustration 15 et 16) et appliqués aux valeurs de prélèvements 2006 du modèle Jurassique.

Ces données appellent toutefois un certain nombre de remarque :

- les économies d'eau sont essentiellement réalisées sur l'industrie, avec un taux de baisse de l'ordre de 50% mais sur de faible quantité ;
- les prélèvements agricoles, qui représentent 70% des prélèvements, sont indiqués en baisse de 4% malgré une politique de forte baisse affichée par les politiques locales (dans le secteur Marais-Poitevin, à l'horizon 2015, un objectif de -30% de prélèvements pour l'irrigation est inscrit dans le SDAGE).

Les prélèvements ainsi trouvés sont peu différents des prélèvements de 2006 hormis localement sur les secteurs où il y a de fortes évolutions des prélèvements pour l'AEP (Vendée et Charente notamment), voire pour l'industrie (quand les volumes pompés sont importants).

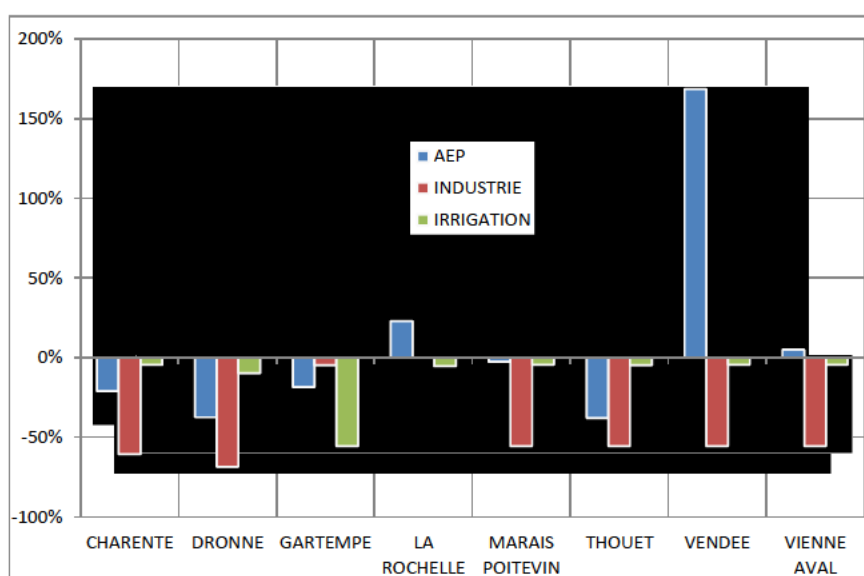


illustration 15 : évolution des prélèvements dans les eaux souterraines donnée par le BIPE

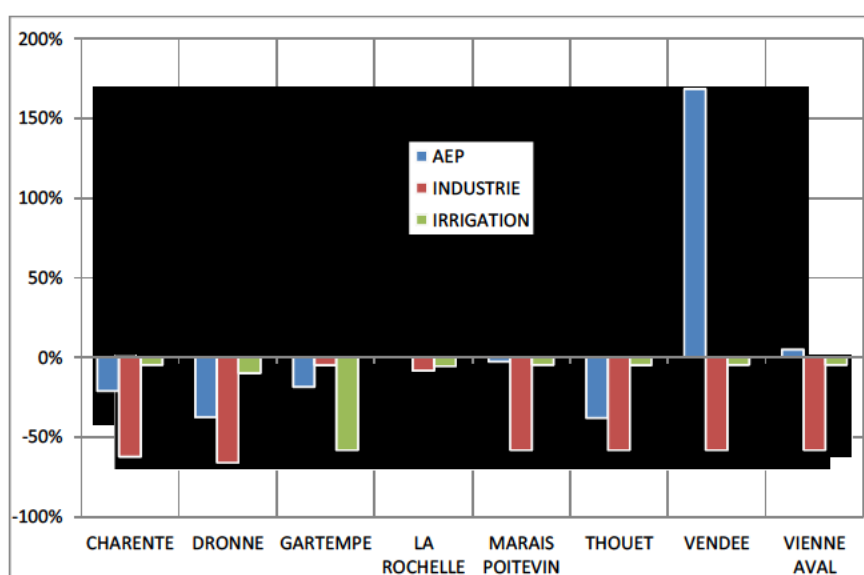


Illustration 16: évolution des prélèvements dans les eaux de surface donnée par le BIPE

4. Résultats des simulations : impact du changement climatique

4.1. EVOLUTION DE LA PIEZOMETRIE

4.1.1. Analyse par piézomètre

L'analyse de l'évolution de la piézométrie a été réalisée sur 11 piézomètres (3 Jurassique sup., 6 Dogger et 2 Infra-Toarcien) répartis sur l'ensemble du territoire.

Jurassique supérieur :

La réponse générale du modèle hydrogéologique montre une même tendance à la baisse des niveaux moyens piézométriques. Cette baisse est plus ou moins importante selon la localisation des piézomètres et de l'inertie des systèmes aquifères. Réservoir de type fissuré, l'aquifère du Jurassique supérieur présente en général une inertie assez faible, avec une réaction « rapide » aux pluies et une vidange également très « rapide » vers les cours d'eau. Toutefois, au nord de la zone d'étude, l'inertie est plus importante (secteur de la Dive et de la Pallu) qu'au sud (nord des départements des Charentes).

Dans les secteurs à très faible inertie (St-Fraigne, Bourdet - Illustration 17 et Illustration 18) où les cycles de recharge sont annuels, les niveaux de hautes eaux ne seraient pas impactés par le changement climatique (sud du seuil du Poitou). Par contre, en période d'étiage, des niveaux plus bas que ceux observés sur la période de référence pourraient être atteints (cas avec les données du modèle ARPV3, MRI-CGCM2.3.2, GFDL-CM2.0 et CCMA-CGCM3).

Dans les secteurs à inertie un peu plus importante (pour la zone modélisée) dans le nord de la zone d'étude (nord du seuil du Poitou - Guesnes), où les cycles hydrogéologiques annuels se superposent à des cycles pluri-annuels, le changement climatique se traduirait par une baisse globale des niveaux piézométriques de $-1 \text{ m} \pm 0,5 \text{ m}$ sur l'année. L'enveloppe min/max des différentes simulations prospectives présente des écarts assez constants pour le piézomètre de Guesnes contrairement à Saint-Fraigne et le Bourdet.

Dogger :

Le Dogger est un réservoir calcaire avec une porosité matricielle et fissurale mais qui présente également une karstification plus ou moins développée. La nappe du Dogger montre cependant des inerties et des comportements différents en fonction des secteurs [Bichot et *al.* (2008) ; Douez et *al.* (2011)].

Sur le piézomètre de Oiron (Dive du nord - Illustration 20), on retrouve les cycles pluriannuels et l'inertie observée sur la piézométrie du Jurassique supérieur (Guesnes). Le fait d'un effet retard de six mois à un an entre une « impulsion pluie » et son impact sur le débit de la rivière [Bichot et *al.* (2008)] se concrétise, sur les simulations prospectives par une baisse générale des niveaux piézométriques avec des niveaux plus bas ($-2 \text{ m} \pm 1 \text{ m}$) par rapport à la période de référence, que ce soit en été ou en hiver (graphiques de moyennes mensuelles interannuelles - Illustration 20). Ceci aurait pour conséquence une diminution significative du débit des rivières de ce secteur, en particulier de la Dive du nord alimentée par les nappes du Dogger (Oiron) et du Jurassique supérieur (Guesnes).

Sur les piézomètres de Villiers (bassin de l'Auxance - Illustration 21), de Petit-Dauffard (bassin de la Clouère - Illustration 22) une certaine inertie peut également être observée, avec des cycles pluriannuels se superposant à des cycles annuels, mais moindre que pour le bassin de la Dive [Bichot et *al.* (2008)]. Les graphiques de la moyenne interannuelle et de la moyenne mensuelle interannuelle indiquent une baisse générale des niveaux de l'ordre de -3 à -4 mètres pour le piézomètre de Villiers (où le battement de nappe est important) et de -2 à -3 mètres pour Petit-Dauffard.

Les chroniques piézométriques montrent des niveaux de hautes eaux plus bas par rapport aux simulations sur 1961-1990, excepté pour les simulations avec données climatiques issues du modèle GFDL-CM2.0, et, à contrario, des étiages plus sévères avec les modèles MRI-CGCM2.3.2 et ARPV3 (ce qui est logique au regard de l'analyse des données climatiques réalisée au chapitre précédent).

Côté bassin Aquitain, le piézomètre de Sauze (Illustration 23), présentant une inertie moindre que ceux de Villiers et de Petit-Dauffard avec une recharge et une vidange annuelle très marquée, subirait une baisse moyenne des niveaux moindres par rapport aux 2 piézomètres précédents. En hautes eaux, les niveaux seraient assez semblables à ceux de la période de référence, par contre en basses eaux, les étiages devraient être plus sévères selon les simulations ARPV3 et MRI-CGCM2.3.2.

A noter que pour les piézomètres ci-dessus, les niveaux de basses eaux sont complètement anthropisés par les pompes agricoles (année 2006) et que le modèle reproduit donc leurs impacts.

Les résultats des simulations sur le piézomètre de Saint-Projet (Illustration 24), situé dans le karst de la Rochefoucauld, laissent à penser que ce karst sera très peu impacté par le réchauffement climatique. A noter que le karst de la Rochefoucauld est alimenté en partie par les pertes de cours d'eau (Tardoire, Bandiat) et que son exutoire correspond aux sources de la Touvre, seconde résurgence de France, captés pour l'alimentation en eau potable de l'agglomération d'Angoulême (les niveaux d'étiages étant contrôlés par les sources de la Touvre). Par ailleurs, dans la mesure où

les débits de la Tardoire du Bandiat en entrée du modèle sont imposés (année 2006), l'impact du réchauffement climatique s'en trouve d'autant modulé.

Le piézomètre de Nalliers (Illustration 25), situé en bordure nord du Marais-Poitevin, est assez caractéristique de la nappe du Dogger en bordure d'une zone humide comme le Marais. Les niveaux hauts sont très contrôlés par les eaux de surface et les niveaux d'étiages par les prélèvements (les cotes négatives ne sont en effet pas « naturelles »). Ainsi, sur la période hivernale, les chroniques piézométriques sur 2046-2065 montrent des niveaux semblables à ceux de la période de référence 1961-1990 (contrôle par les eaux de surfaces) ; en été la baisse de la recharge conjuguée aux forts prélèvements engendrerait des étiages plus sévères. L'impact du réchauffement climatique est finalement en partie masqué par ces « phénomènes ». Par contre, si les niveaux de nappes en hiver et au printemps étaient moins élevés, cela aurait des conséquences très préjudiciables pour l'alimentation du Marais.

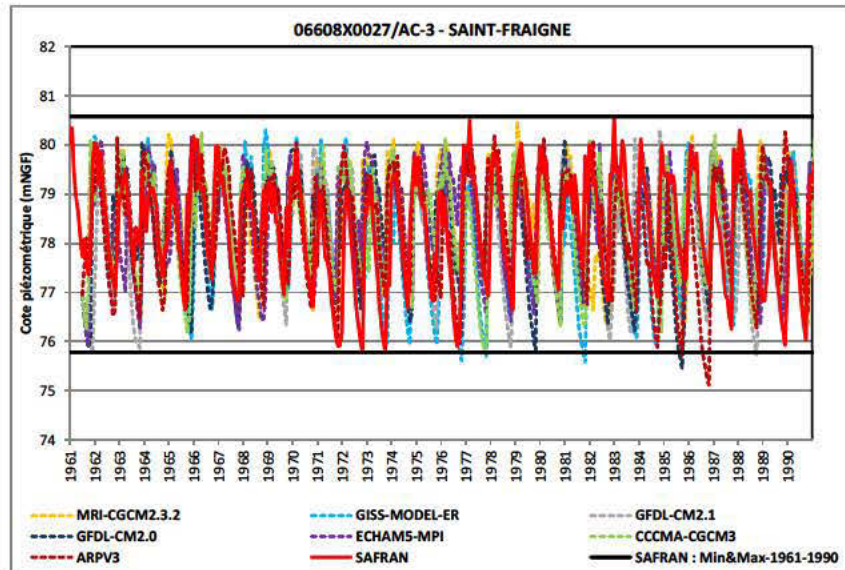
Infra-Toarcien :

Cette nappe est en général captive sous les marnes du Toarcien avec des zones d'affleurement assez restreintes. Du fait de la captivité et des paramètres hydrodynamiques de cet aquifère, les pompages impactent très nettement la piézométrie.

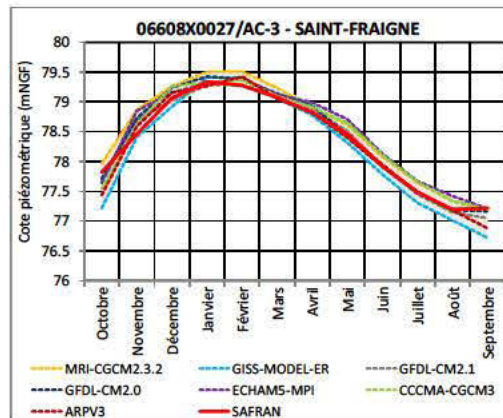
Le piézomètre de Rouillé (Illustration 26) est assez représentatif de cette nappe au nord du seuil du Poitou. En été, l'impact des pompages est très important et les niveaux d'étiage atteints dans les simulations ne sont donc pas dus qu'à une baisse de la recharge. Il est donc ici plus significatif de s'intéresser aux hautes eaux qui, selon les simulations, pourraient connaître des baisses sensibles par rapport à la période de référence (-5 mètres en moyenne).

Sur le piézomètre de Niort (Illustration 27), l'impact du changement climatique serait assez faible du fait du contrôle des niveaux bas par la source du Vivier. Des niveaux d'étiages plus bas sont simulés par rapport à la période de référence ($-2 \text{ m} \pm 1 \text{ m}$), qui pourraient être problématique car les sources du Viviers alimentent la ville de Niort en eau potable. Il est donc à craindre que cette importante résurgence de la nappe infra-toarcienne souffre en été de l'impact du réchauffement climatique. A noter qu'actuellement l'alimentation en eau potable de Niort est régulièrement menacée au cours des années sèches.

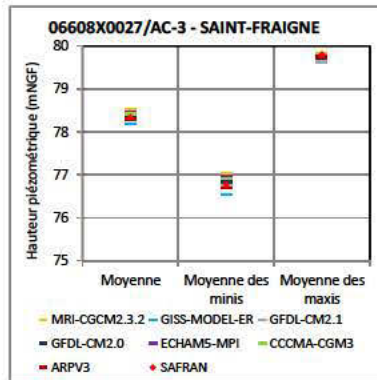
Temps présent



Chronique piézométrique

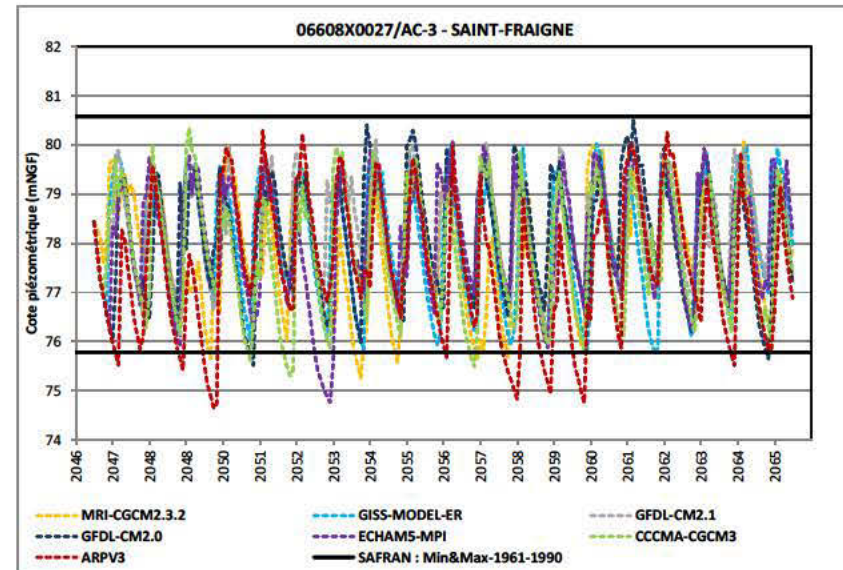


Evolution mensuelle de la piézométrie

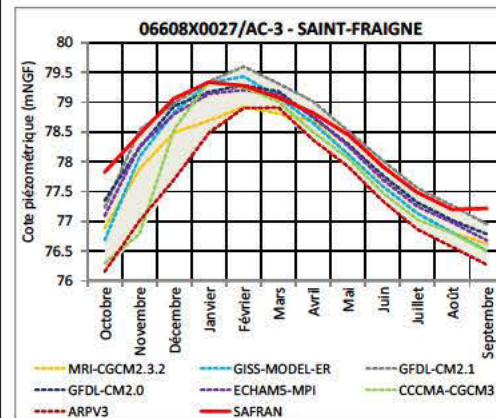


Piézométrie annuelle

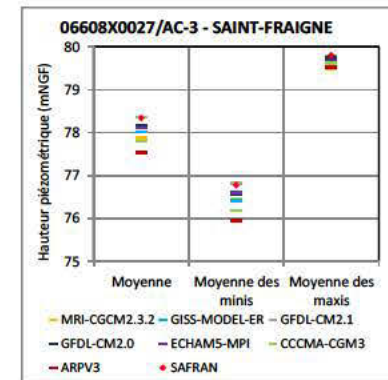
Futur



Chronique piézométrique



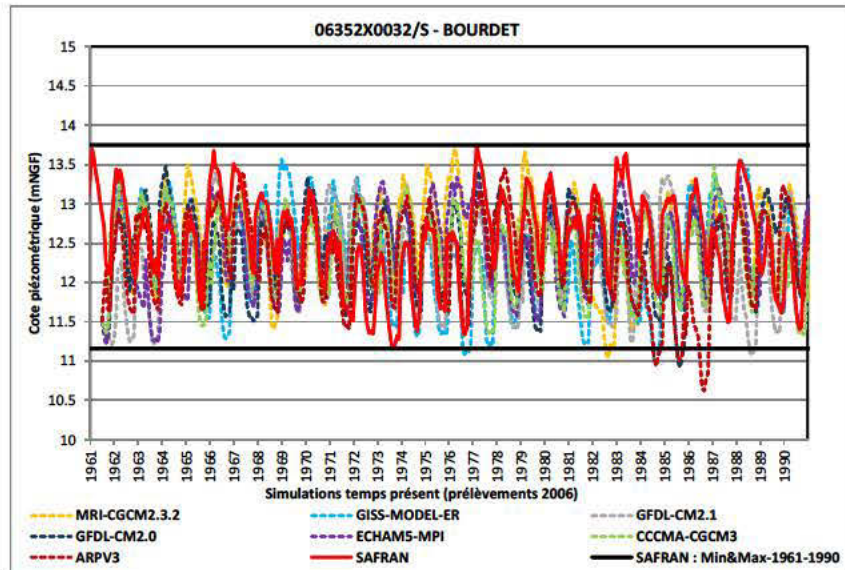
Piézométrie annuelle



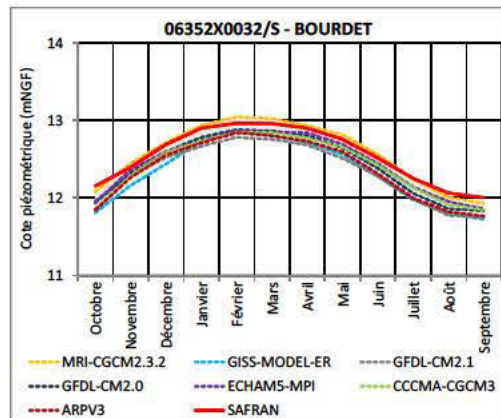
Piézométrie annuelle

Illustration 17 : résultats des simulations sur le piézomètre de Saint-Fraigne

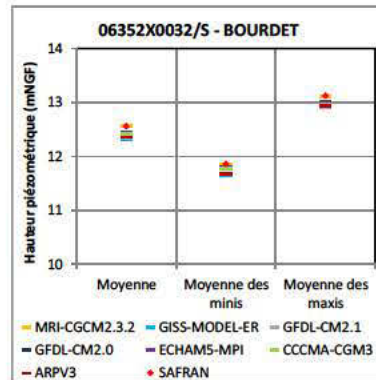
Temps présent



Chronique piézométrique

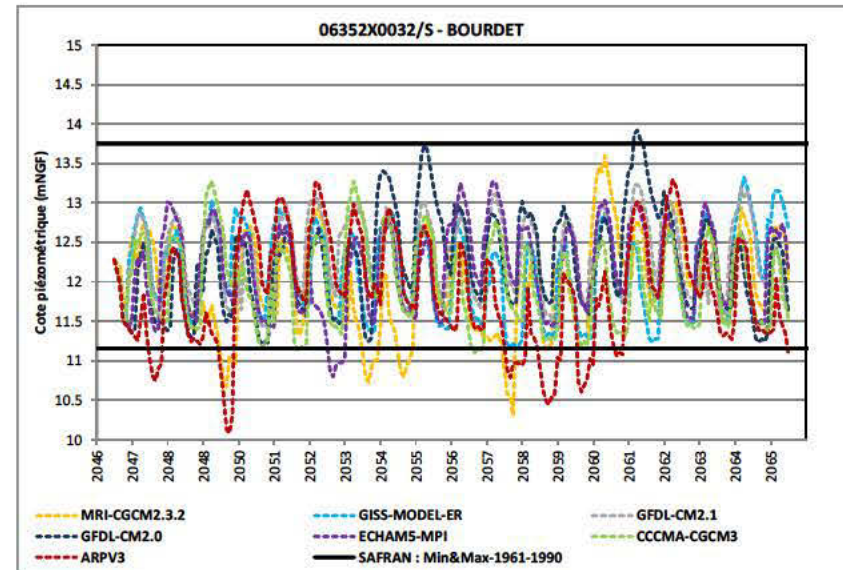


Evolution mensuelle de la piézométrie

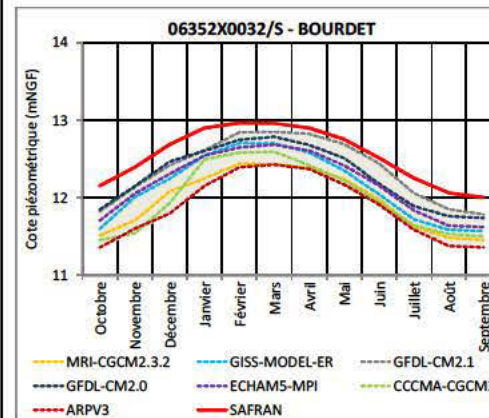


Piézométrie annuelle

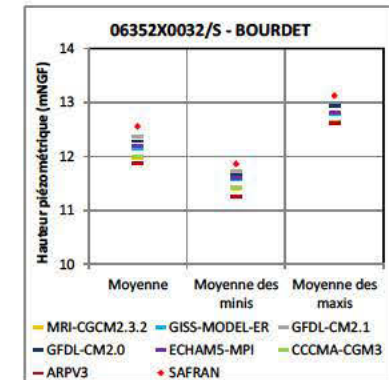
Futur



Chronique piézométrique



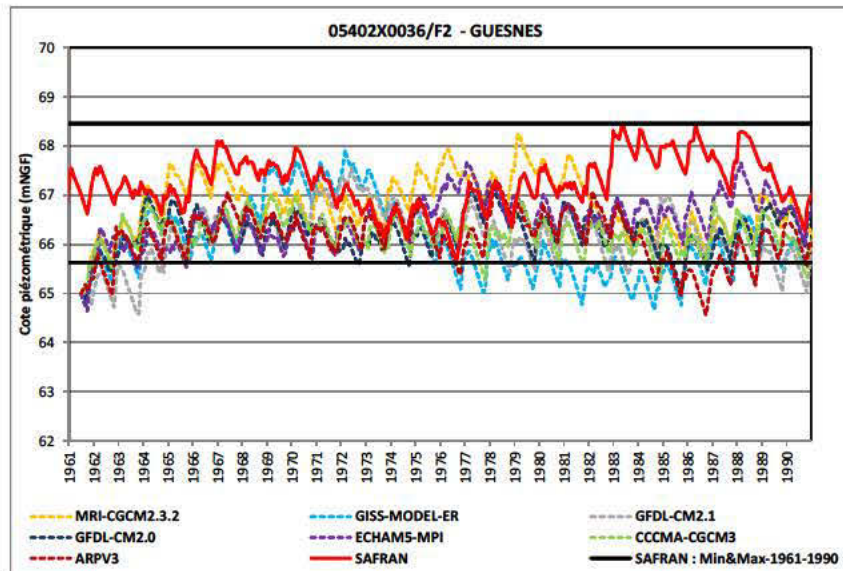
Piézométrie annuelle



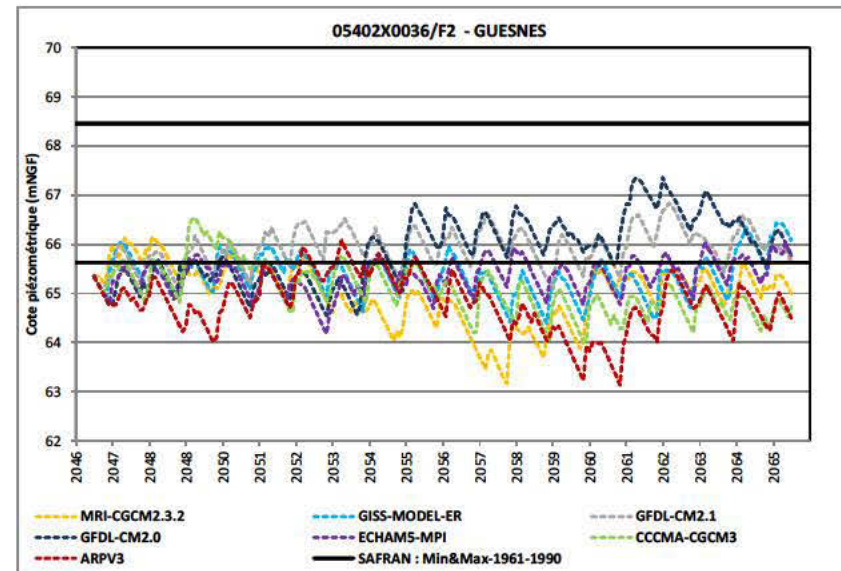
Piézométrie annuelle

Illustration 18 : résultats des simulations sur le piézomètre du Bourdet

Temps présent

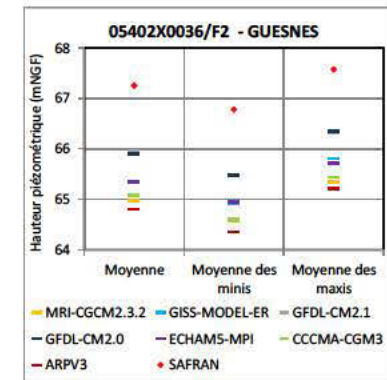
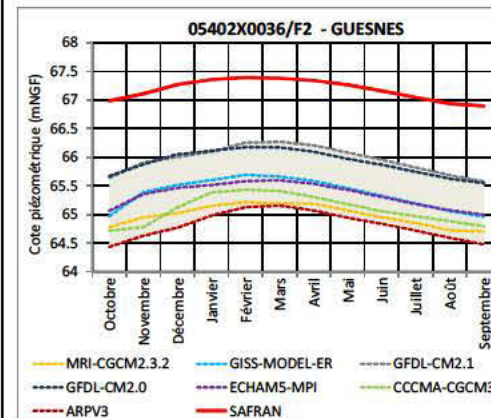
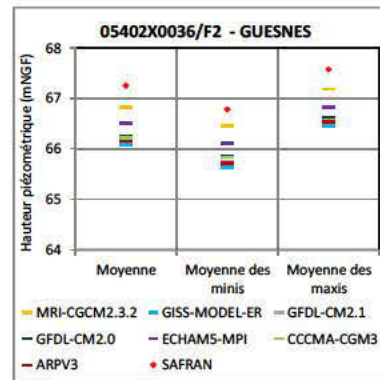
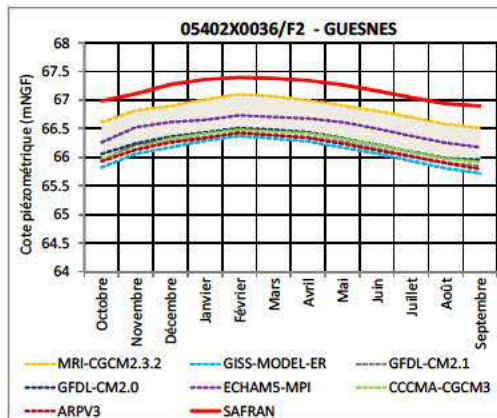


Futur



Chronique piézométrique

Chronique piézométrique



Evolution mensuelle de la piézométrie

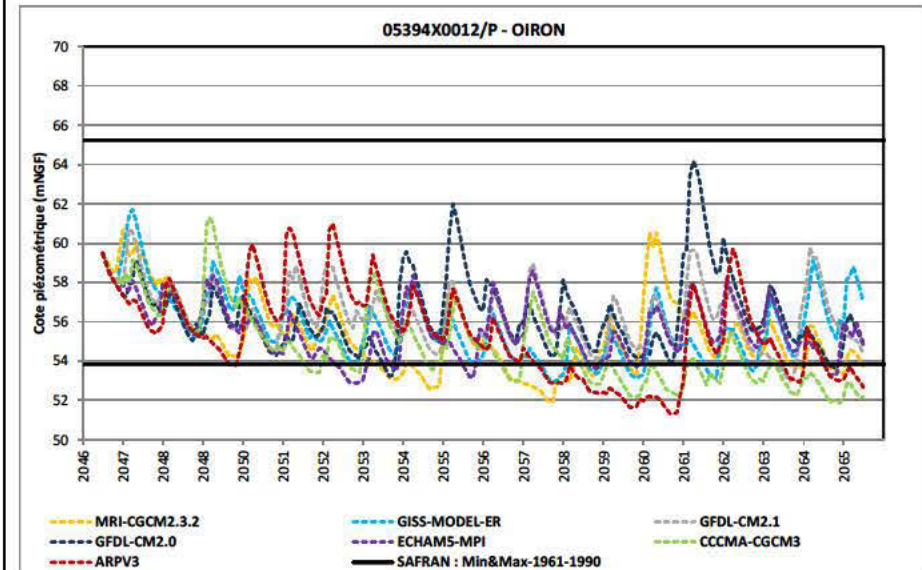
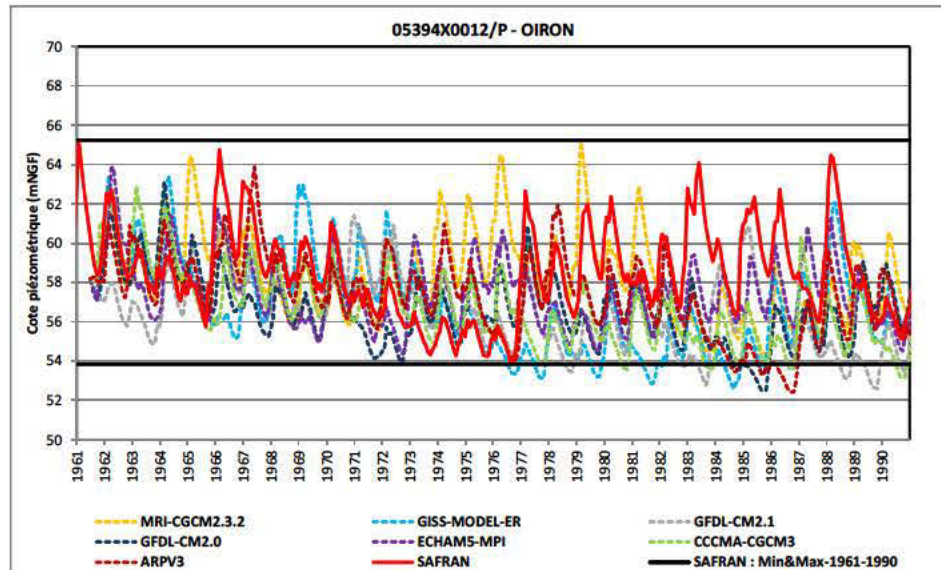
Piézométrie annuelle

Piézométrie annuelle

Piézométrie annuelle

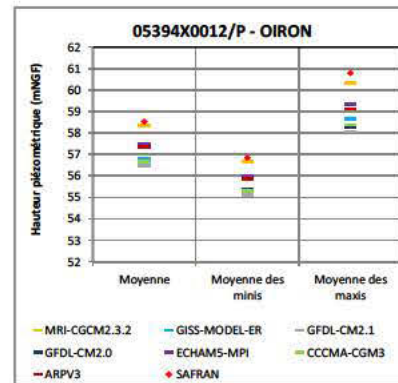
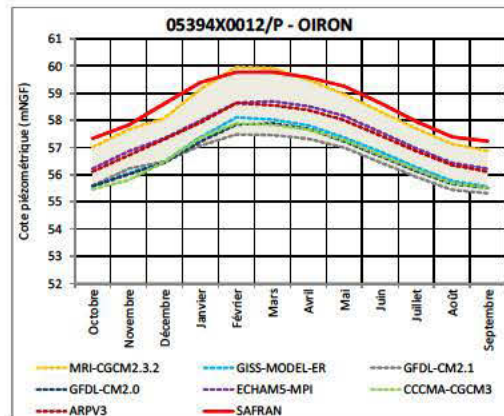
Illustration 19 : résultats des simulations sur le piézomètre de Guesnes

Temps présent



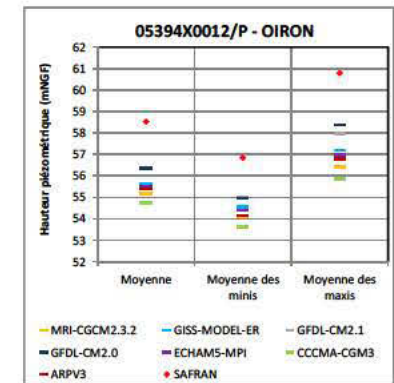
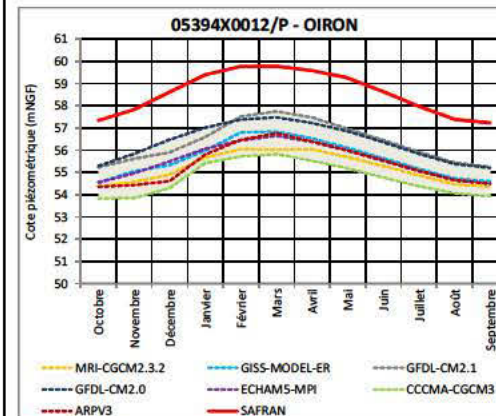
Chronique piézométrique

Chronique piézométrique



Evolution mensuelle de la piézométrie

Piézométrie annuelle

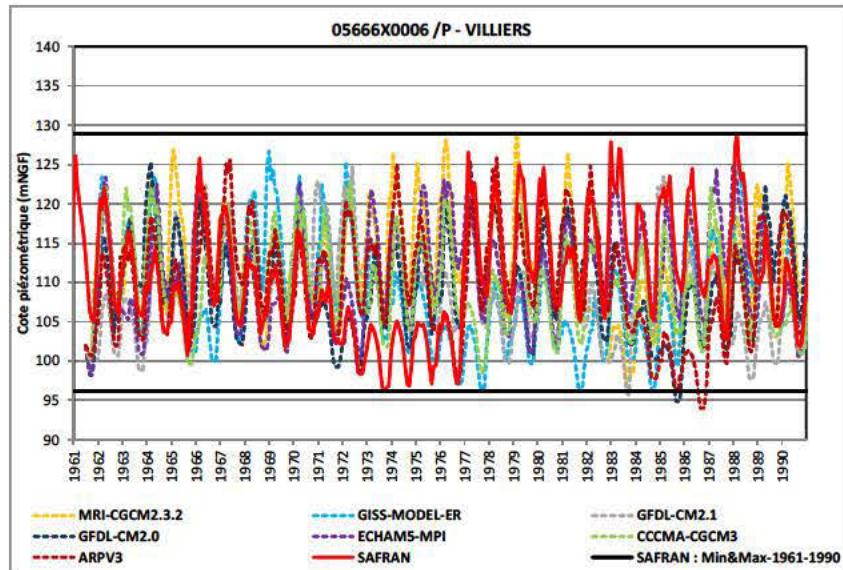


Piézométrie annuelle

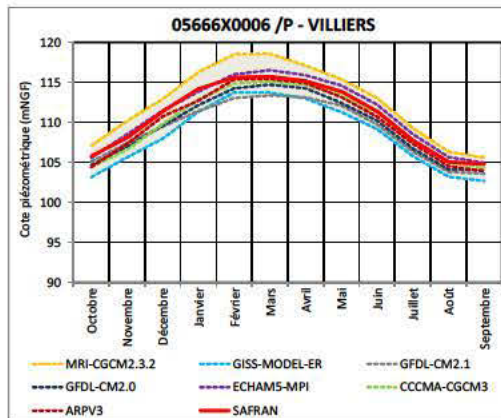
Piézométrie annuelle

Illustration 20 : résultats des simulations sur le piézomètre de Oiron

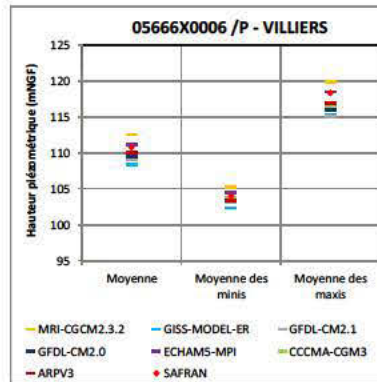
Temps présent



Chronique piézométrique

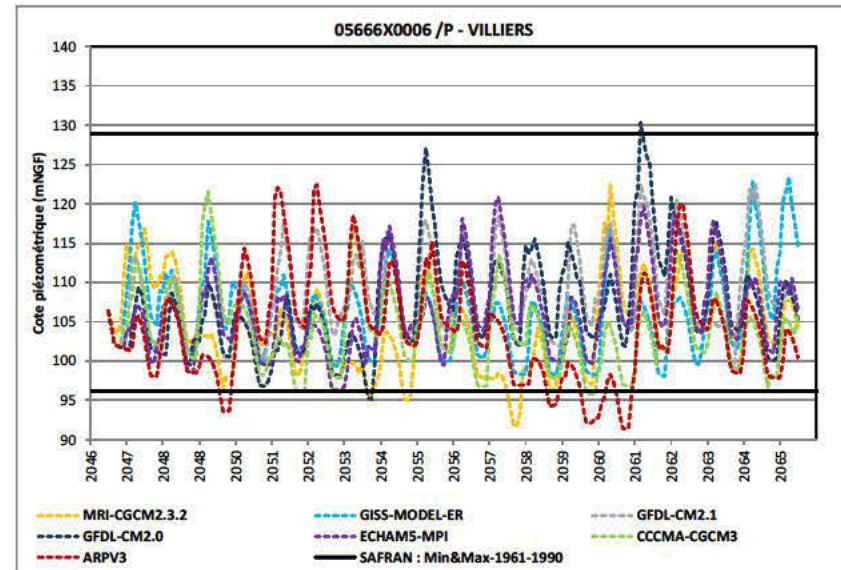


Evolution mensuelle de la piézométrie

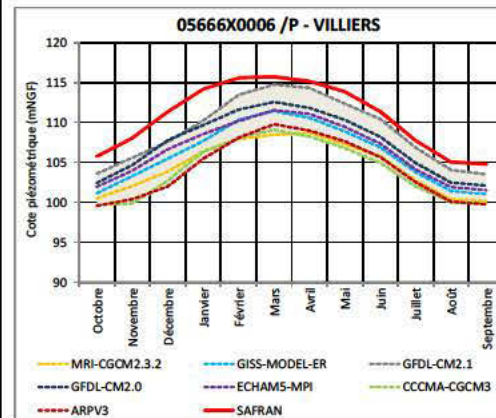


Piézométrie annuelle

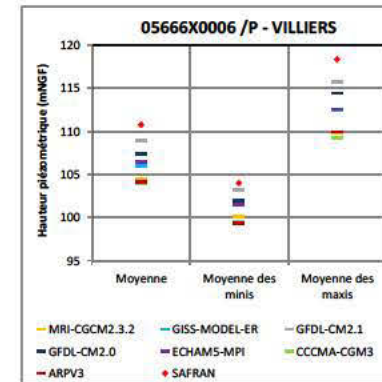
Futur



Chronique piézométrique



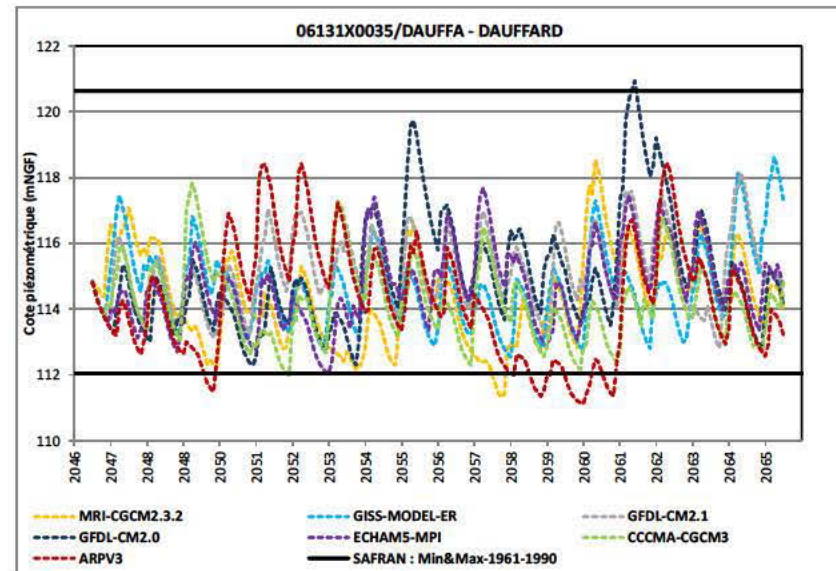
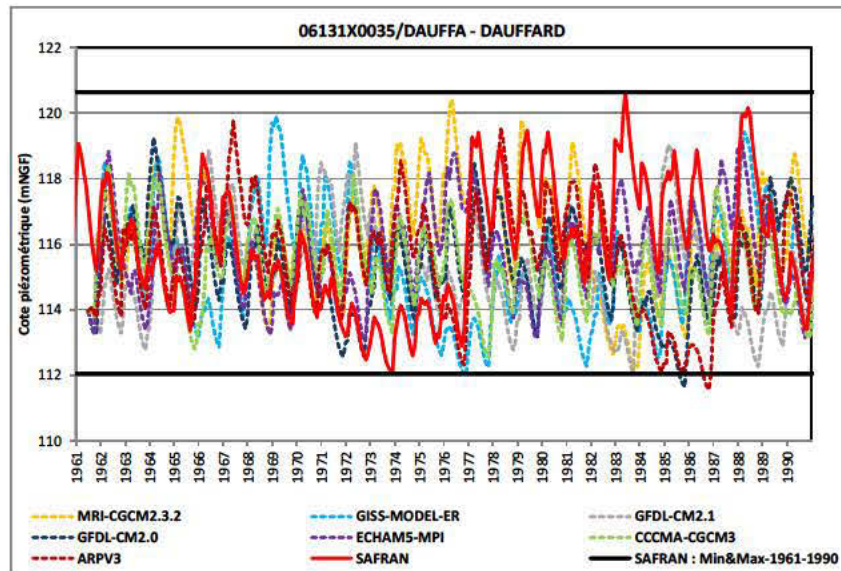
Piézométrie annuelle



Piézométrie annuelle

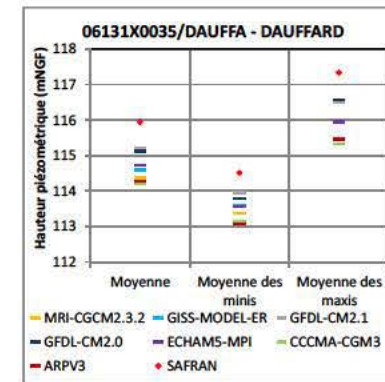
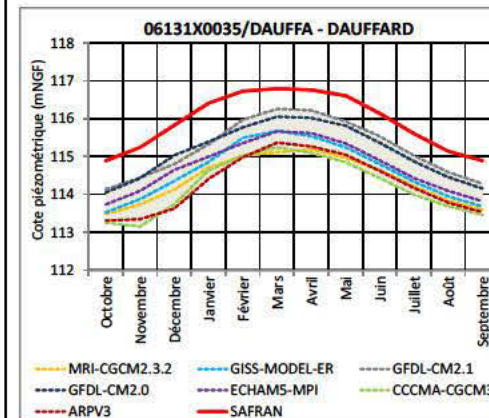
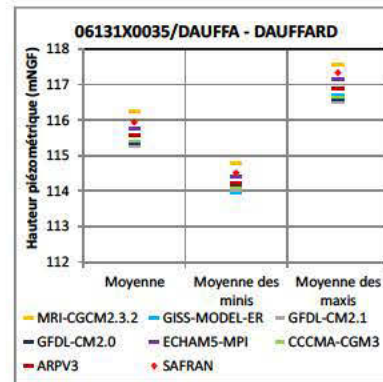
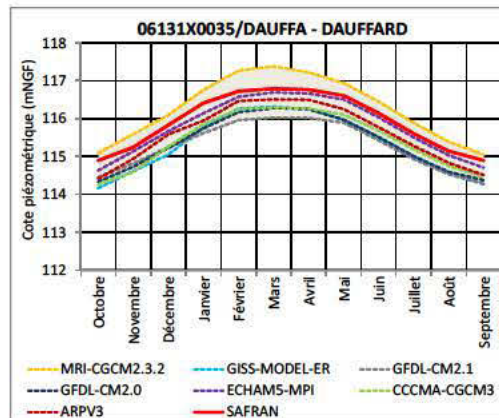
Illustration 21 : résultats des simulations sur le piézomètre de Villiers

Temps présent



Chronique piézométrique

Chronique piézométrique



Evolution mensuelle de la piézométrie

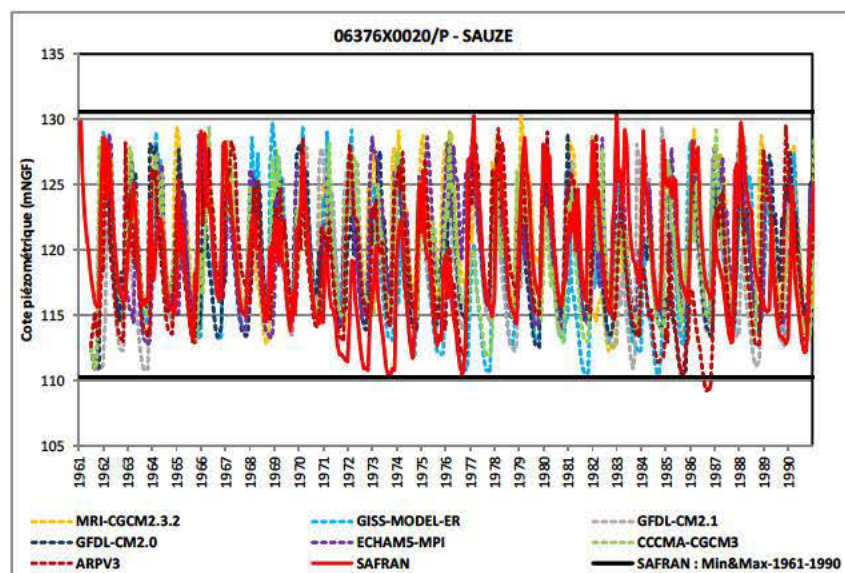
Piézométrie annuelle

Piézométrie annuelle

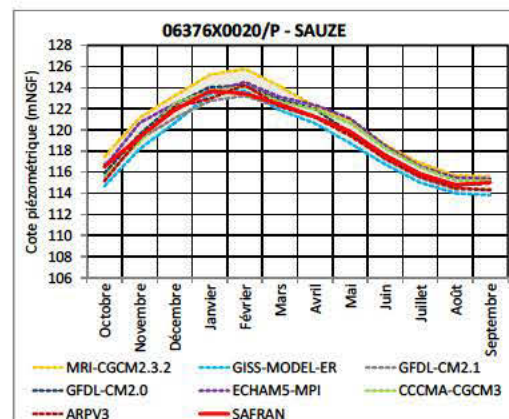
Piézométrie annuelle

Illustration 22 : résultats des simulations sur le piézomètre de Dauffard

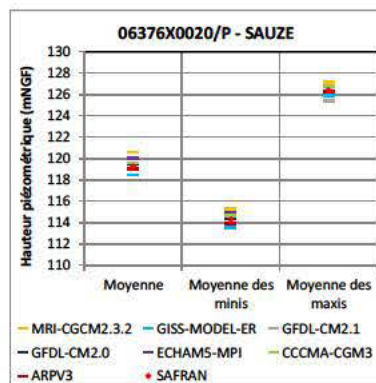
Temps présent



Chronique piézométrique

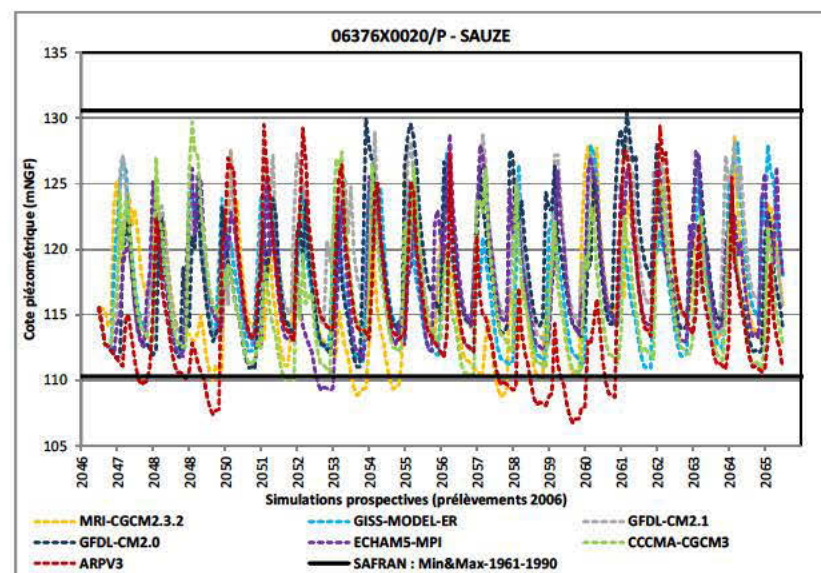


Evolution mensuelle de la piézométrie

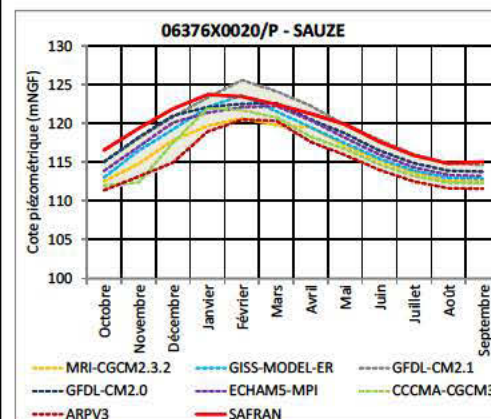


Piézométrie annuelle

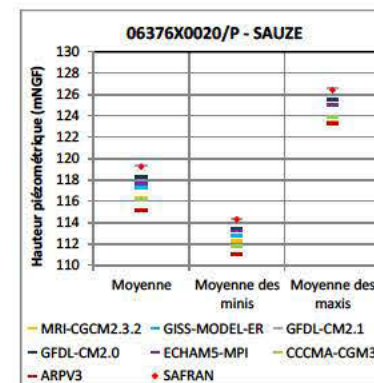
Futur



Chronique piézométrique



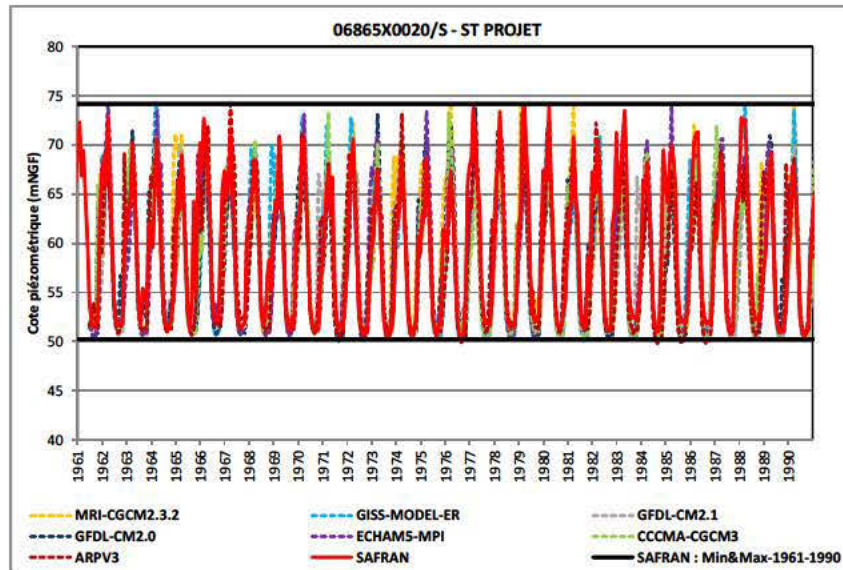
Piézométrie annuelle



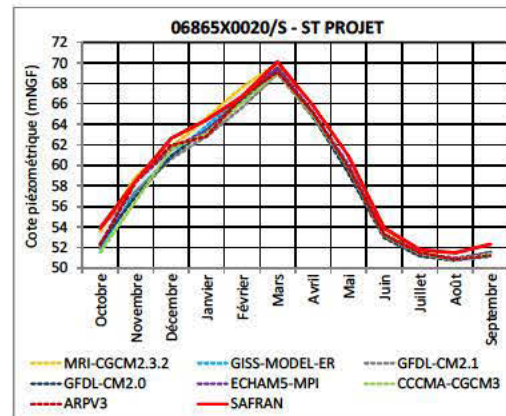
Piézométrie annuelle

Illustration 23 : résultats des simulations sur le piézomètre de Sauze

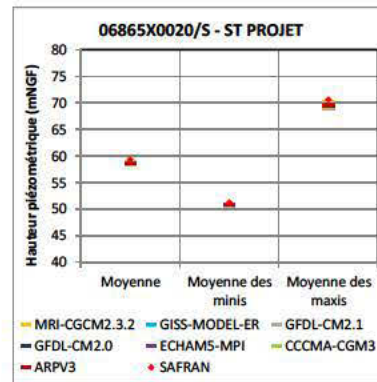
Temps présent



Chronique piézométrique

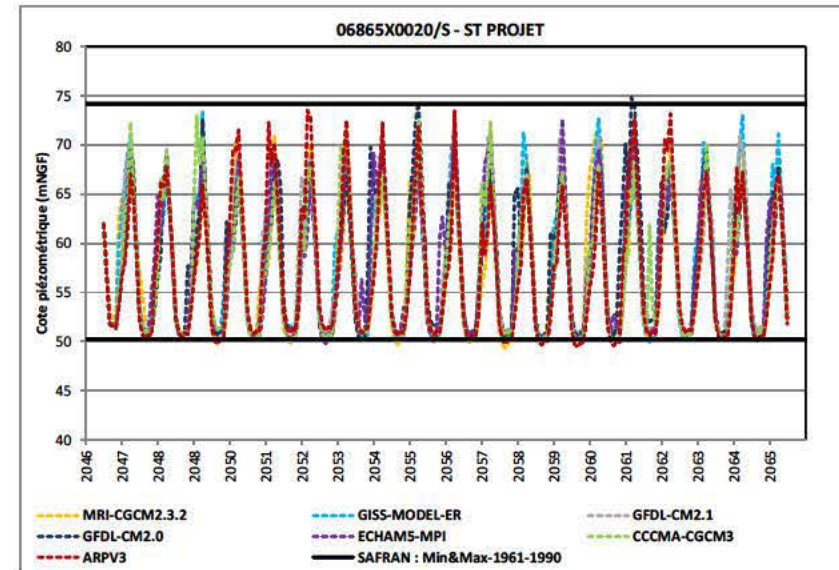


Evolution mensuelle de la piézométrie

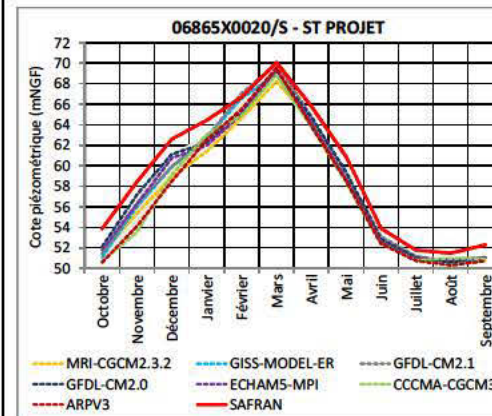


Piézométrie annuelle

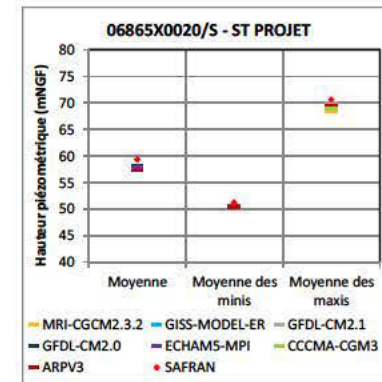
Futur



Chronique piézométrique



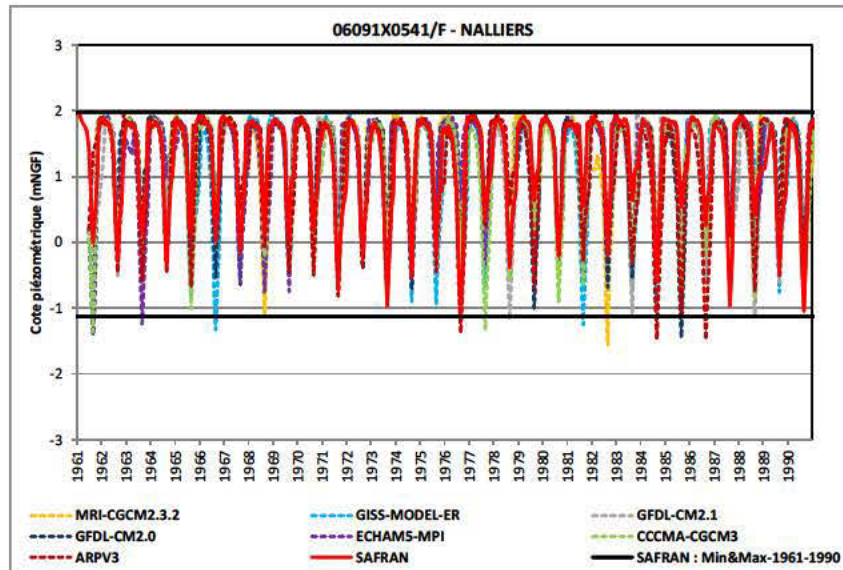
Piézométrie annuelle



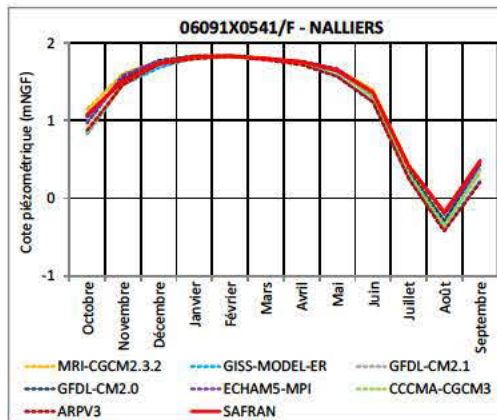
Piézométrie annuelle

Illustration 24 : résultats des simulations sur le piézomètre de St-Projet

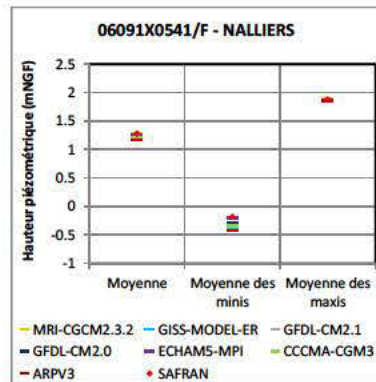
Temps présent



Chronique piézométrique

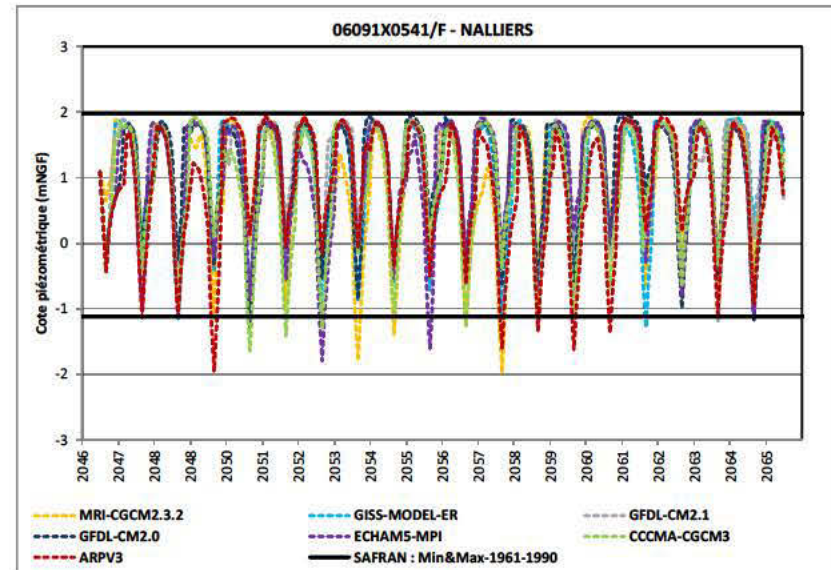


Evolution mensuelle de la piézométrie

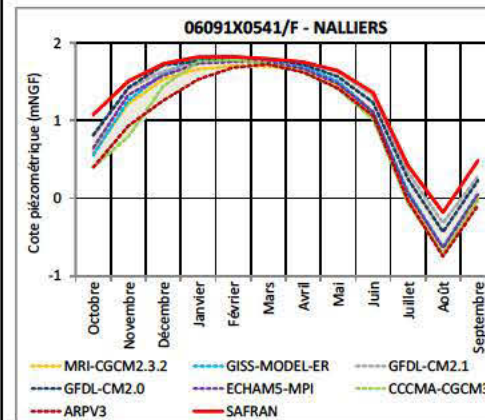


Piézométrie annuelle

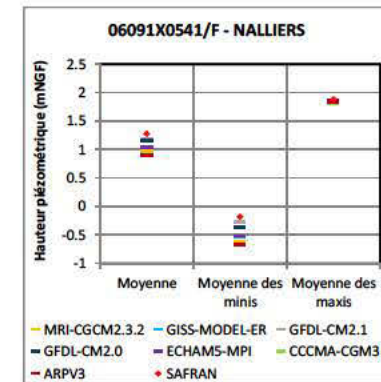
Futur



Chronique piézométrique



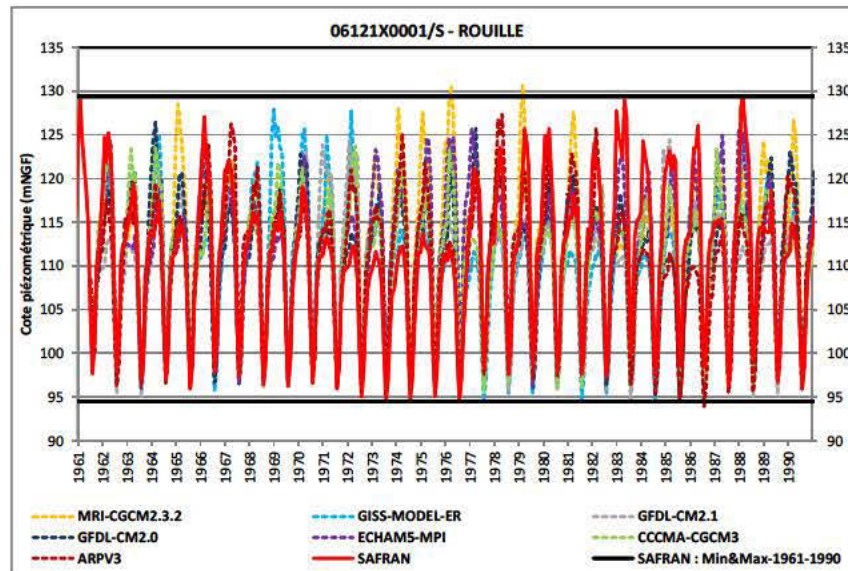
Piézométrie annuelle



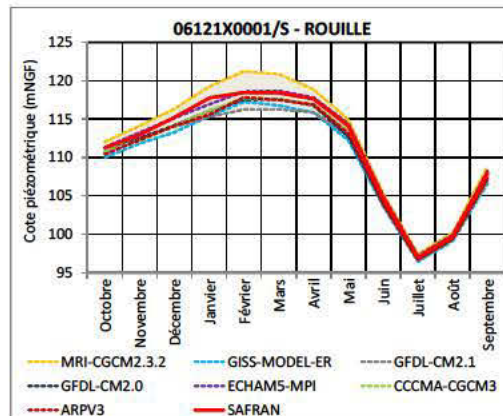
Piézométrie annuelle

Illustration 25 : résultats des simulations sur le piézomètre de Nalliers

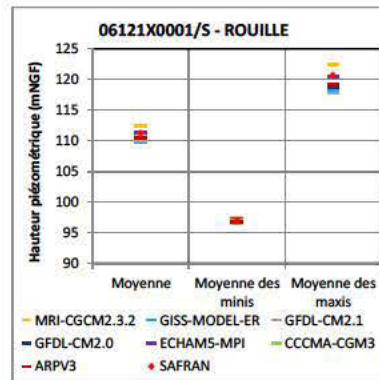
Temps présent



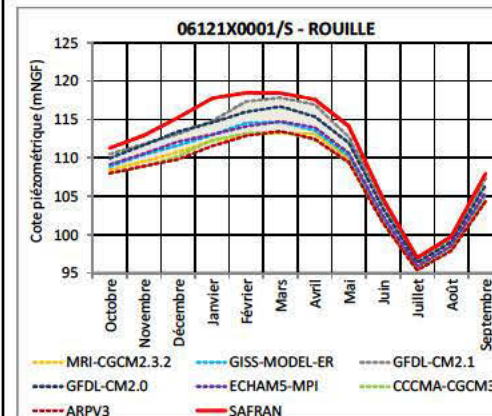
Chronique piézométrique



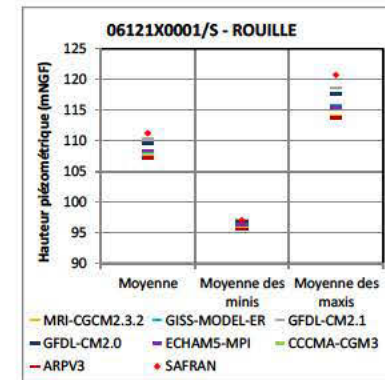
Evolution mensuelle de la piézométrie



Piézométrie annuelle



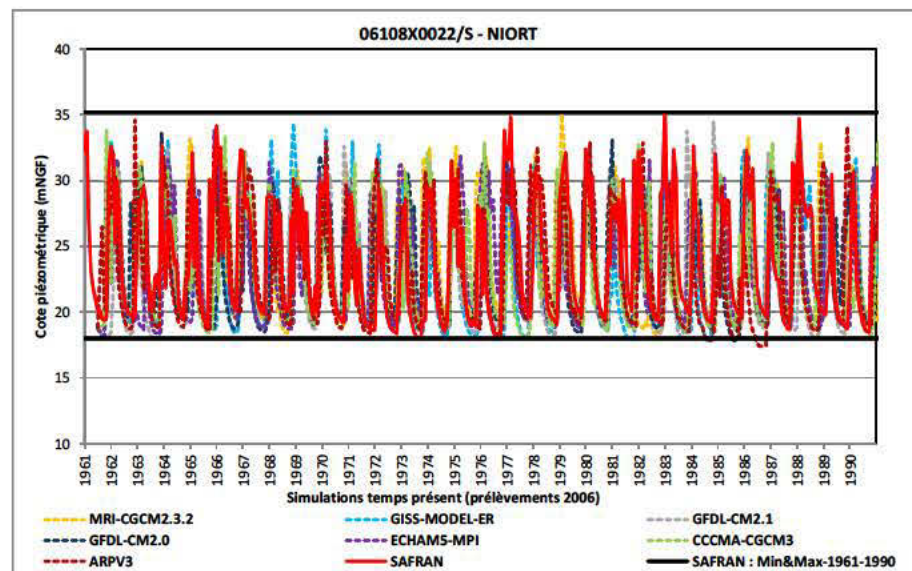
Piézométrie annuelle



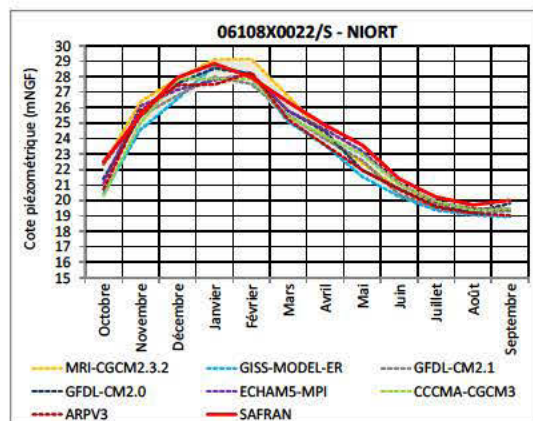
Piézométrie annuelle

Illustration 26 : résultats des simulations sur le piézomètre de Rouillé

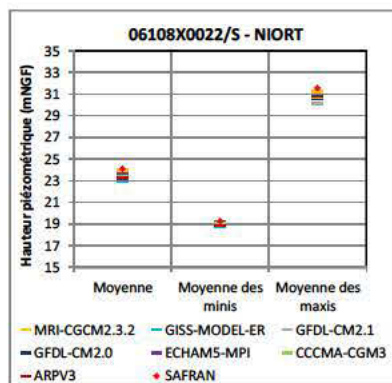
Temps présent



Chronique piézométrique

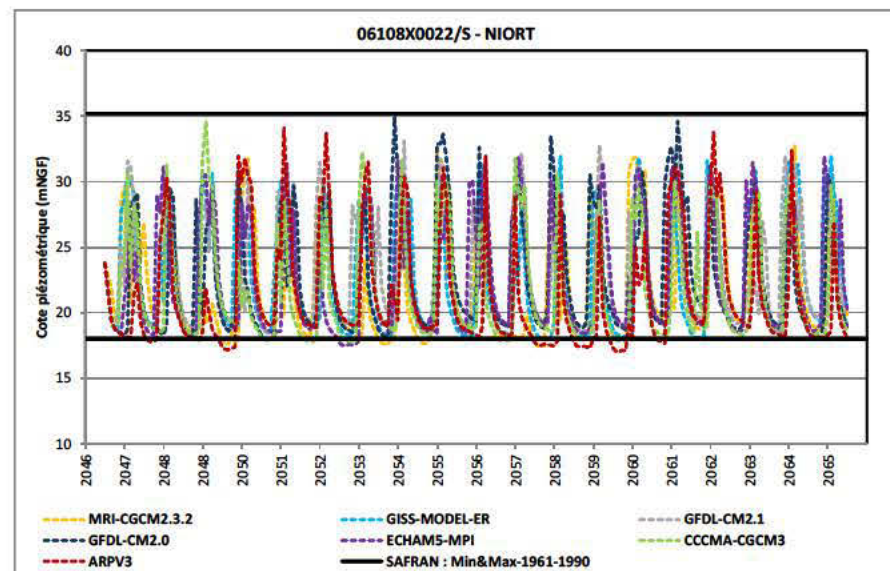


Evolution mensuelle de la piézométrie

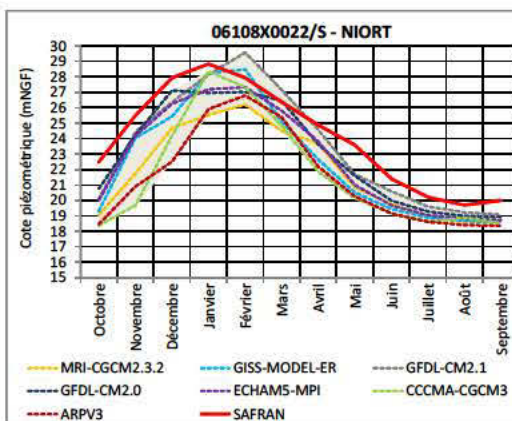


Piézométrie annuelle

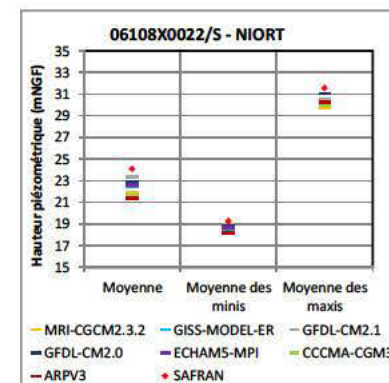
Futur



Chronique piézométrique



Piézométrie annuelle



Piézométrie annuelle

Illustration 27 : résultats des simulations sur le piézomètre de Niort

4.1.2. Approche cartographique

Afin d'évaluer l'écart moyen entre les résultats des simulations prospectives (temps futur) et des simulations sur la période de référence (temps présent), différentes cartes ont été générées :

- Cartes de différence de la moyenne interannuelle pour chaque piézomètre et pour chaque simulation (Illustration 28) ;
- Cartes de la différence de la moyenne interannuelle de la surface piézométrique pour les simulations ARPV3 et MRI-CGCM 2.3.2 (simulations les plus pessimistes) et GFDL-CM2.1 (simulation la moins pessimiste) pour chaque grandes nappes modélisées du Jurassique (Illustration 29 à Illustration 31).

Ces cartes montrent, pour la simulation GFDL-CM2.1 la moins pessimiste, des niveaux légèrement inférieurs à la référence dans certains secteurs (-0,5 m en moyenne) mais également des niveaux plus hauts dans la zone centrale modélisée (0 à +0,5 m) pour les 3 nappes cartographiées.

Pour les simulations les plus « pessimistes » (données de ARPV3 et MRI-CGCM 2.3.2), quel que soit l'aquifère, la baisse des niveaux piézométriques est importante sur les zones de plateaux et assez faible dans les vallées (en général - 0,5 à -1 mètre mais avec des conséquences sur le débit des rivières). Pour le Jurassique supérieur et sur les zones hautes, cette baisse pourrait atteindre -8 à -10 mètres. Pour le Dogger, la baisse sur certains secteurs affleurants serait supérieure à -4 à -5 mètres. Enfin, pour l'Infra-Toarcien et sur les secteurs d'affleurement situés sur les plateaux, la baisse serait du même ordre que pour le Dogger. Pour les zones captives des nappes du Dogger et de l'Infra-Toarcien, cette diminution est de plus en plus faible au fur et à mesure que l'on s'éloigne des secteurs d'affleurement.

La variabilité des résultats sur la piézométrie est donc importante en fonction des données météorologiques générées par les différents modèles climatiques.

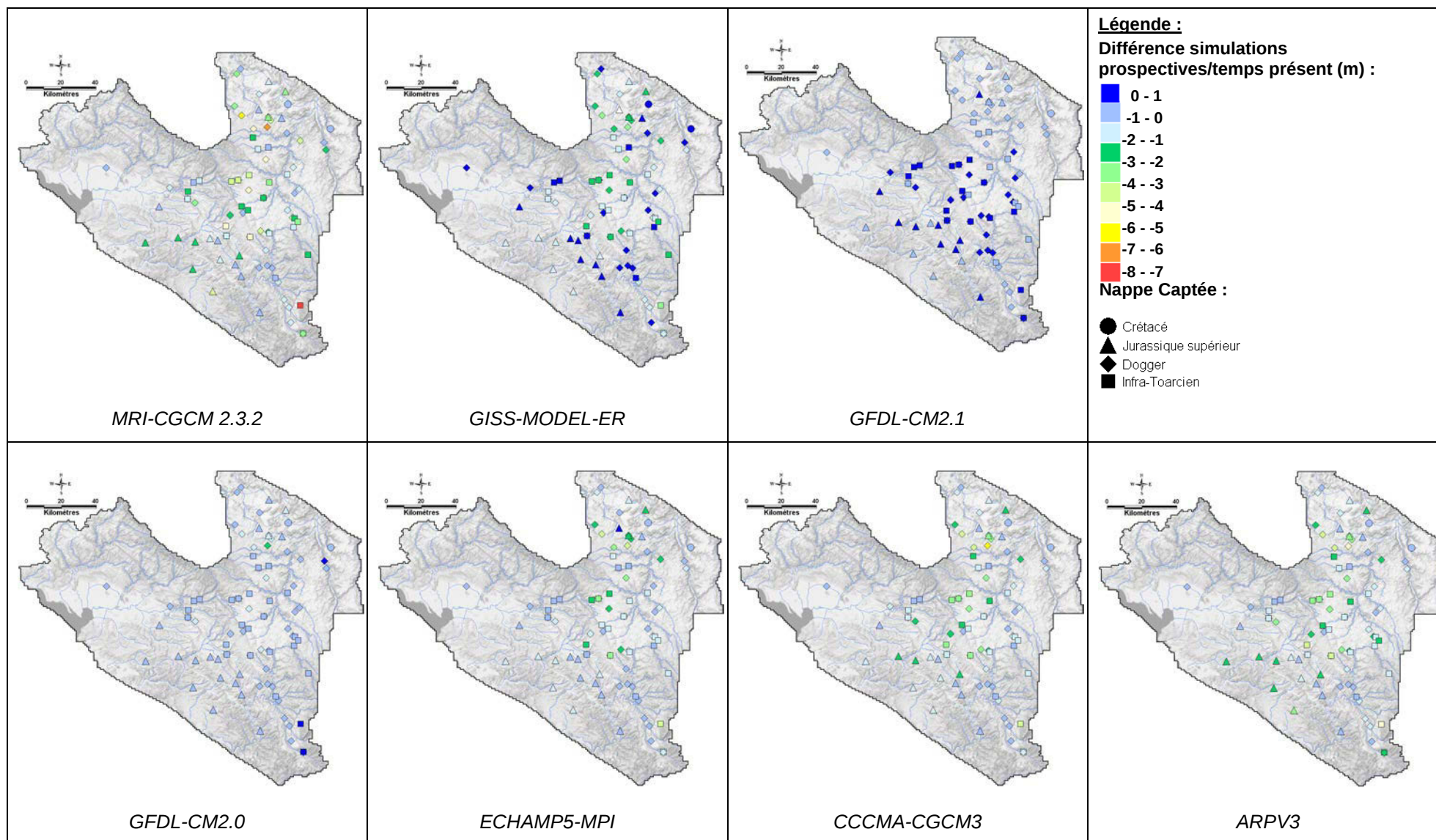


Illustration 28 : répartition spatiale de l'impact sur les piézomètres

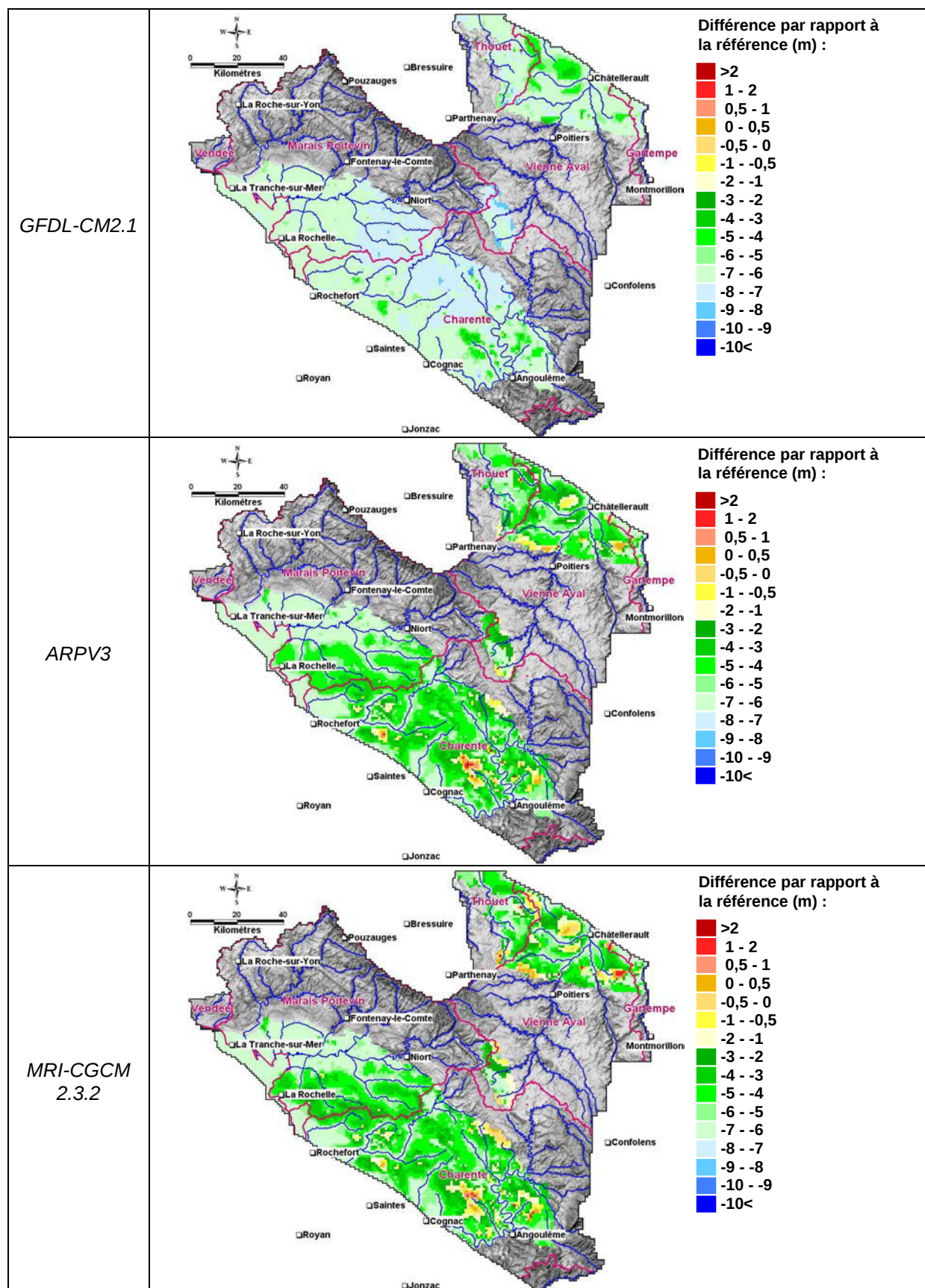


Illustration 29 : Jurassique supérieur - baisse du niveau moyen de la nappe sur la période 2046-2065 par rapport à la période de référence (1961-1990)

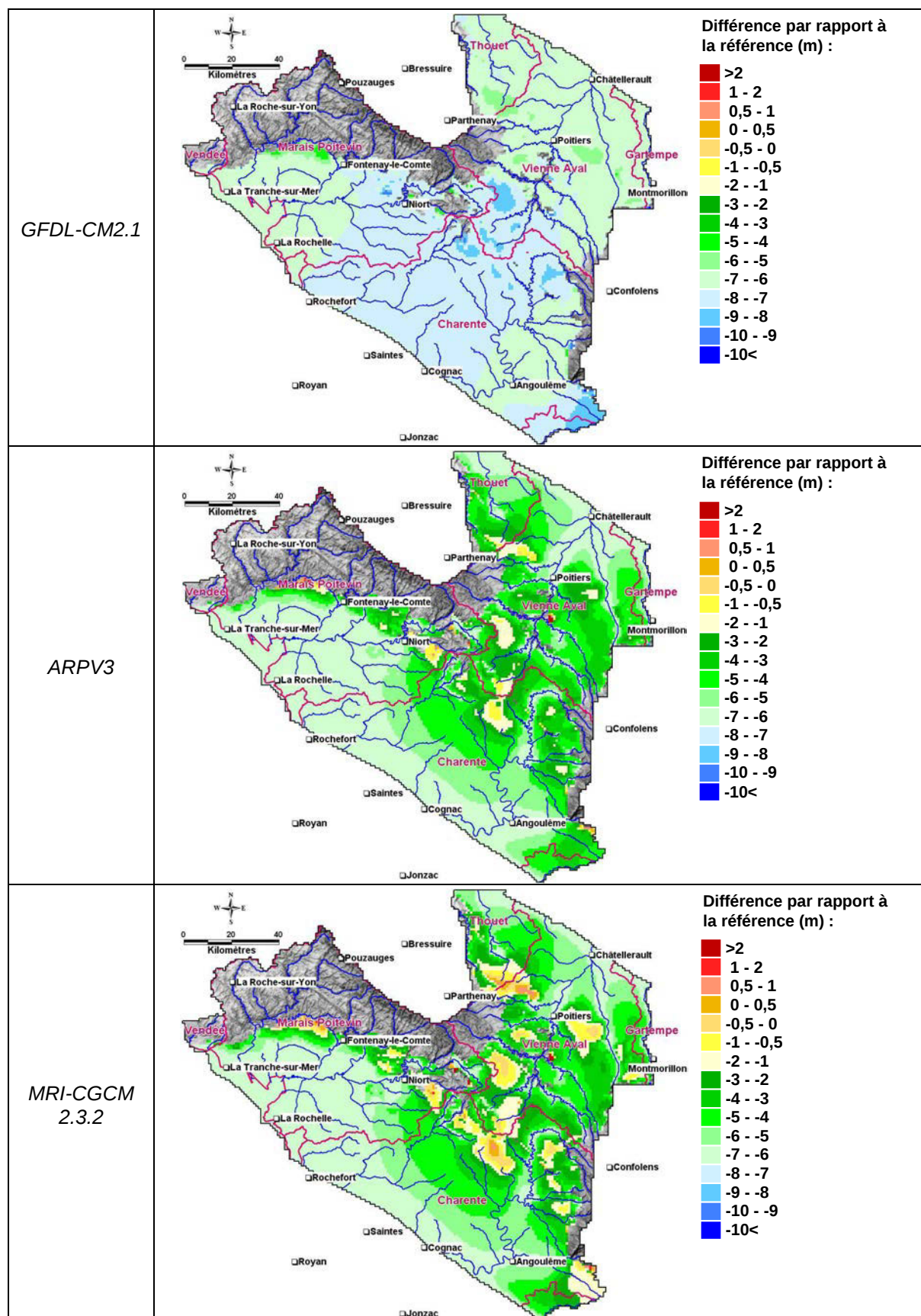


Illustration 30 : Dogger - baisse du niveau moyen de la nappe sur la période 2046-2065 par rapport à la période de référence (1961-1990)

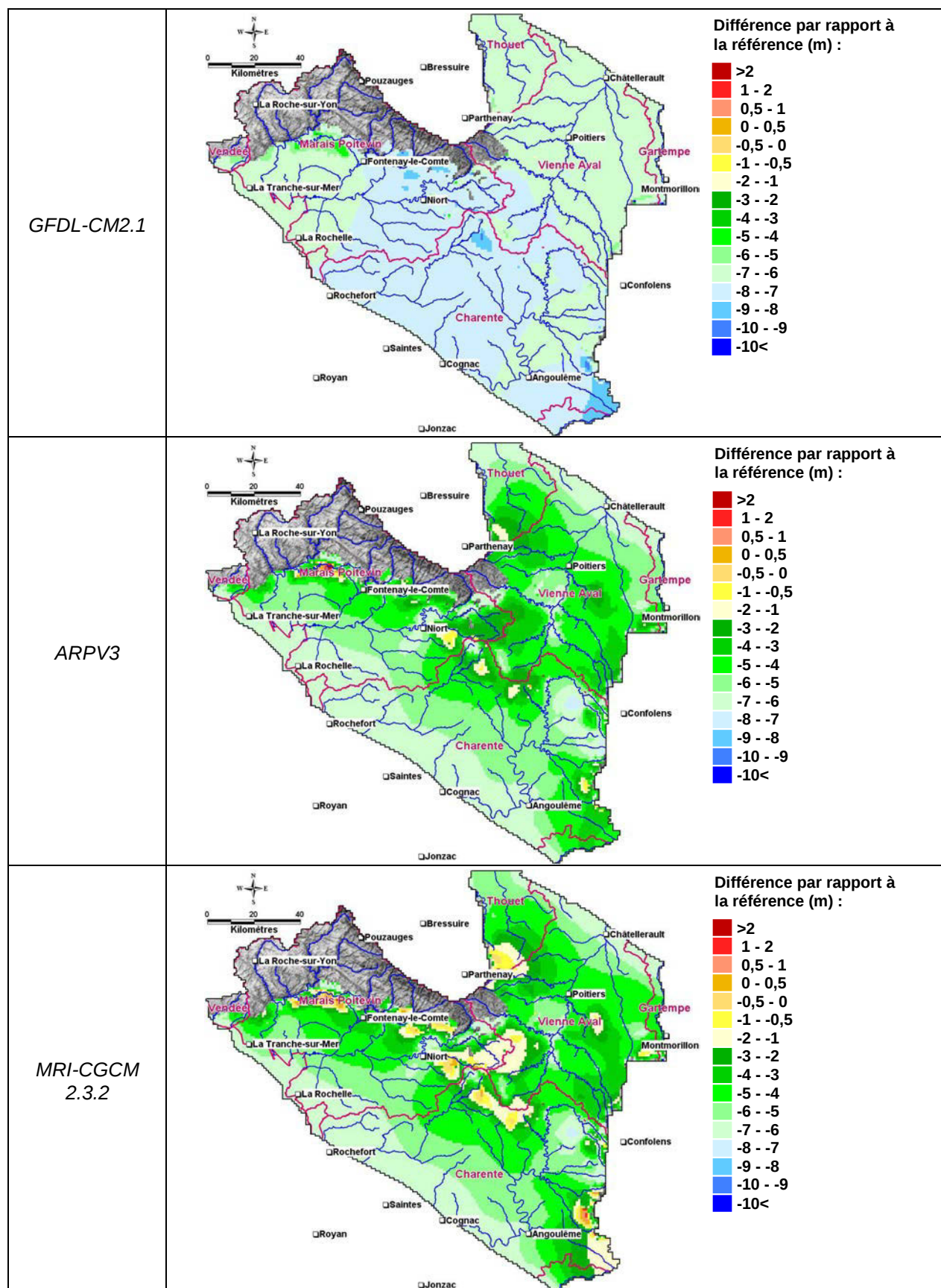


Illustration 31 : Infra-Toarcien - baisse du niveau moyen de la nappe sur la période 2046-2065 par rapport à la période de référence (1961-1990)

4.2. EVOLUTION DES DEBITS DES COURS D'EAU

Globalement, les résultats des différentes simulations indiquent tous une diminution des débits des cours d'eau mais avec des ordres de grandeur très différents (pour un même scénario climatique). Ainsi, pour les différents cours d'eau présentés ici, la baisse du débit moyen annuel serait de l'ordre de -10% à -40%.

En ce qui concerne les étiages, ils devraient être plus sévères. Pour les différents cours d'eau, la baisse du débit moyen en période d'étiage pourrait atteindre -70% à -80%, voire plus (modèle ARPV3 et CCCMA-CGM3 pour la Sèvre Niortaise et la Boutonne).

La moyenne des débits maximums devrait être également à la baisse. A noter que, sur quelques simulations, des pics sont visibles et correspondent pour certains cours d'eau à des débits observés en période d'inondations (1977, 1983, 1988). Néanmoins, le pas de temps mensuel lisse les résultats et les phénomènes de crues ne peuvent être réellement simulés.

A chaque bassin représenté par ces graphes correspond cependant un comportement particulier.

La station sur la Vienne à Ingrandes est très intégratrice d'un vaste bassin versant dont une partie correspond à des terrasses sédimentaires calcaires avec des nappes karstiques (Clain...) et une autre partie, la plus importante, où la Vienne s'écoule sur des terrains de socle (Massif Central principalement) et où les ruissellements sont prépondérants. Les débits sont donc directement influencés par les pluies qui tombent sur le Massif Central. A noter également l'existence d'aménagements sur la Vienne amont (barrage) qui soutiennent les débits estivaux. Globalement, le débit de la Vienne à Ingrandes paraît assez peu impacté par le réchauffement climatique en hautes eaux (baisse de -10% à -20% pour les modèles les plus pessimistes), certaines simulations indiquent même des débits moyens supérieurs à ceux de la période de référence (GFLD-CM2.1 et GFLD-CM2.0) (Illustration 32 et Illustration 33). A contrario, sur la période estivale et pour toutes les simulations le débit moyen mensuel interannuel est inférieur à ceux de la période de référence ; pour les simulations ARPV3 et CCCMA-CGM3 cette diminution serait de l'ordre de -60%.

Composante « sédimentaire » des débits mesurés sur la station d'Ingrandes, le Clain à Poitiers apparaît globalement plus impacté par le réchauffement climatique que la Vienne sur cette station (Illustration 34 et Illustration 35). En ce qui concerne les débits hivernaux, les simulations tendent à montrer sur le Clain une baisse de débit plus importante que sur la Vienne (en relatif). Ainsi, la diminution selon les modèles les plus pessimistes serait de l'ordre de -30% à -40%. Seule la simulation avec les données climatiques issues du modèle GFDL-CM2.1 montre des débits moyens en hiver pouvant être très supérieurs à la période de référence (~ +20%). A noter des débits de printemps également plus faibles.

Les étiages seraient sévères en particulier pour les scénarios ARPV3 et MRI-CGCM2.3.2, essentiellement sur la période octobre-novembre (sur la Vienne : de juin à octobre) ; en été, il semble donc que l'inertie du système permette de « garder » des débits plus « importants » par rapport à l'automne. A noter cependant que les débits d'étiages sont impactés par les prélèvements (l'impact est estimé à environ 500 l.s^{-1} pour une année sèche [Douez et *al.*, 2011]). Dans la mesure où les prélèvements de 2006 (prélèvements pour une année climatique moyenne) ont été appliqués dans le modèle pour les simulations, il faut donc considérer avec prudence les débits d'étiage.

En effet, se mettent en place actuellement sur ces bassins des politiques (retenues de substitution, économie d'eau...) qui font que les prélèvements au milieu du 21^{ème} siècle seront vraisemblablement très différents de ceux observés dans les années 2000.

Même si les débits sont plus faibles par rapport aux deux cours d'eau précédents, l'impact du changement climatique sur la Sèvre à Echiré est assez similaire à celui observé sur le Clain à Poitiers (Illustration 36 et Illustration 37). Les bassins versants présentent en effet des caractéristiques semblables avec 2 principaux aquifères : calcaires du Dogger et de l'Infra-Toarcien. On note donc des débits moyens interannuels plus faibles par rapport à la période référence. Pour les données mensuelles interannuelles des débits de la période hiver-printemps été, les résultats des simulations les plus pessimistes montrent une baisse maximale de l'ordre de -40% à -50% par rapport à la période de référence. Pour la simulation la plus « optimiste », les débits d'hiver pourraient être supérieurs de +20 à +40% en moyenne (GFDL-CM2.1).

Malgré les lâchers du barrage de la Touche-poupard à l'amont du bassin versant de la Sèvre Niortaise, les étiages seraient sévères ; toutes les simulations indiquent des débits inférieurs à la période de référence (baisse de -20% à -80% selon les simulations).

Des débits moyens interannuels plus faibles sont également observés pour les simulations à la station de Vindelle sur la Charente (Illustration 38 et Illustration 39). La Charente à Vindelle est également très intégratrice de situations hydrogéologiques différentes : terrains de socle à l'amont avec des ruissellements prépondérants, nappes karstiques du Dogger (et de l'infra-Toarcien), nappes à faible inertie du Jurassique supérieur. Les étiages sont très impactés par les lâchers de barrage à l'amont (les lâchers de 2006 ont été introduits). Les périodes d'étiages apparaissent plus sévères (simulations ARPV3 notamment). Il convient aussi de souligner que durant les hivers/printemps secs, les lacs de barrage ne peuvent être totalement remplis et par conséquent les lâchers estivaux sont réduits, ce qui n'a pas été le cas en 2006.

Même si l'on observe une diminution des débits moyens interannuels (Illustration 40 et Illustration 41), l'impact du changement climatique sur la Touvre à Foulpougne, resurgence principale du système karstique de la Rochefoucauld, est assez atténué par rapport aux cours d'eau précédents. Cette évolution est à rapprocher des chroniques simulées sur le piézomètre de St-Projet. Les débits

d'étiage seraient globalement plus faibles que ceux simulés au cours de la période de référence, mais la baisse reste modérée. Les baisses de débits en hiver, printemps et été sont de quelques % à -10% pour les modèles les plus pessimistes. C'est en automne que la diminution serait la plus importante du fait de l'inertie du système (-30% pour les simulations les plus pessimistes).

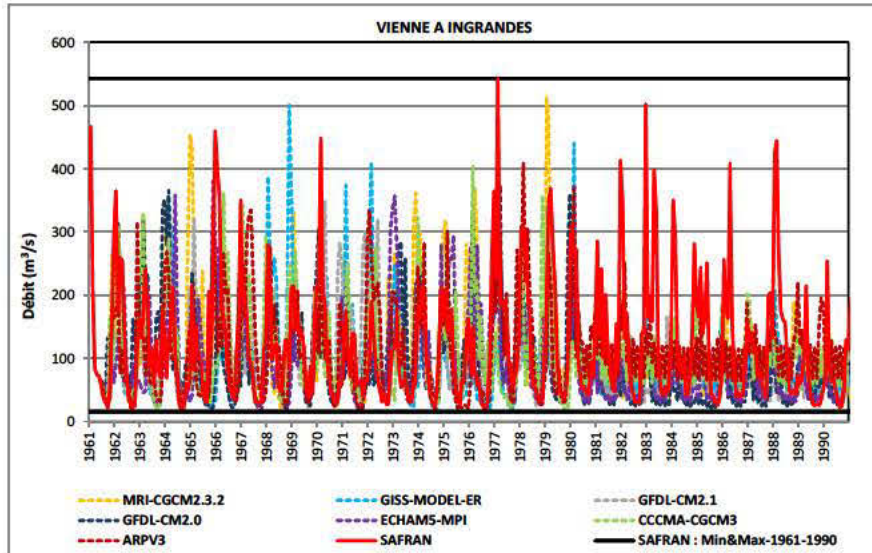
Dans le bassin de la Boutonne (Illustration 42 et Illustration 43), la station de St-Séverin, située au milieu du bassin versant, caractérise surtout la partie amont avec essentiellement les apports des nappes du Dogger et de l'Infra-Toarcien. En cela, cette station se rapproche des stations d'Echiré sur la Sèvre Niortaise et du Clain à Poitiers. Ainsi, les débits moyens interannuels des diminutions prospectives sont plus faibles que sur la période de référence. Les données moyennes mensuelles interannuelles sur la période hiver-printemps-été indiquent des réductions de débits autour de -40% à -70%. Seule la simulation GFDL-CM2.1 montre des débits pouvant être supérieurs à ceux de la période de référence (maxi +60%). Sur la période d'étiage du début de l'automne, les graphes les plus pessimistes indiquent des baisses de débit de -80% à -90% (CCCMA-CGCM3, ARPV3 et MRI-CGCM2.3.2).

Sur ce cours d'eau les étiages sont très marqués par les prélèvements agricoles [Douez et *al.* (2011)]. A noter que se mettent en place sur ce bassin versant des politiques de réduction importante de prélèvements estivaux en nappe qui pourraient venir contrebalancer les impacts du changement climatique.

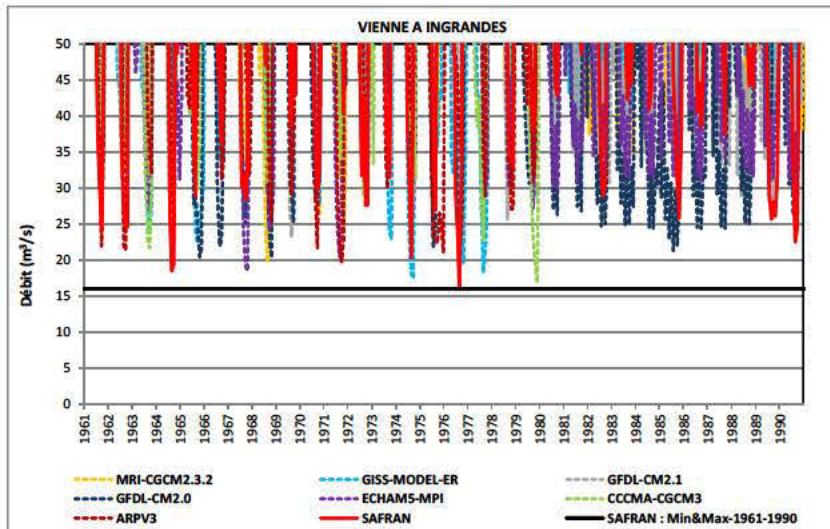
Su ce bassin versant, l'augmentation des débits sur la période hivernale (GFDL-CM2.1) pourrait induire des crues plus importantes par rapport à la période de référence. Ces débits s'ajoutant aux apports vraisemblablement plus importants des nappes de fissure du Jurassique supérieur (parties aval et moyenne du bassin versant) pourraient entraîner des phénomènes de crues à l'aval (St-Jean-d'Angely) plus catastrophiques encore que ceux observés actuellement.

Sur ce dernier bassin versant, et sur ceux ayant la même typologie (Aume-Couture, Antenne, Curé, Mignon, Auxance...), selon la simulation GFDL-CM2.1, il faudrait s'attendre à devoir gérer des épisodes de crues plus intenses qu'actuellement plutôt que des étiages plus sévères dans la mesure où les politiques actuelles tendent à réduire significativement les prélèvements estivaux sur ces bassins (par exemple, il existe des projets de 6 millions de m³ de stockage sur la partie moyenne de la Boutonne).

Temps présent

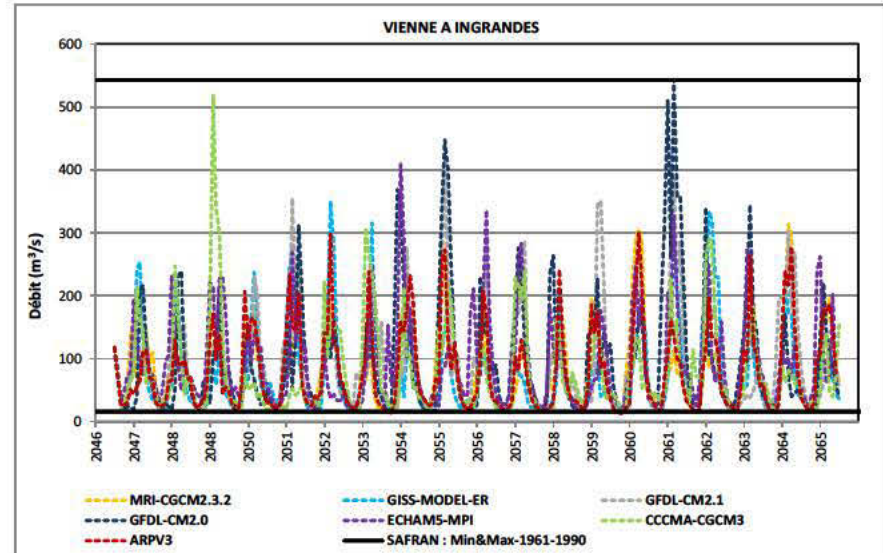


Chroniques de débits

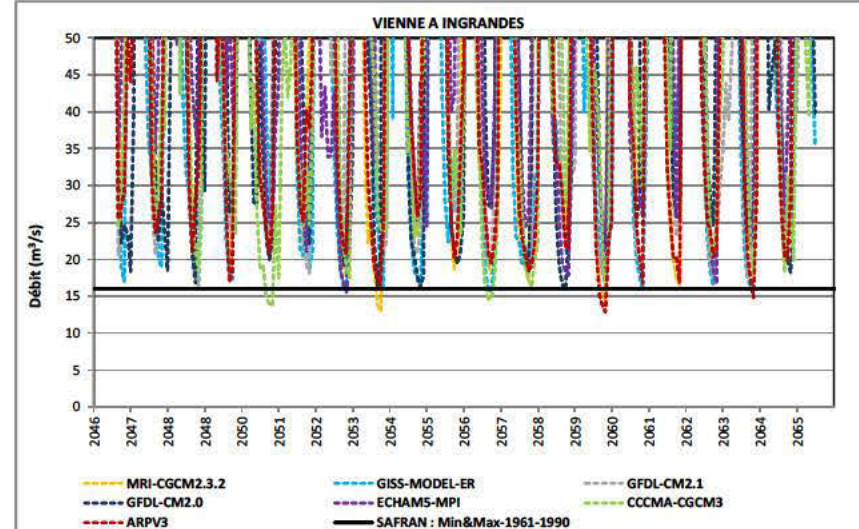


Chroniques de débits (zoom sur les bas débits)

Temps futur



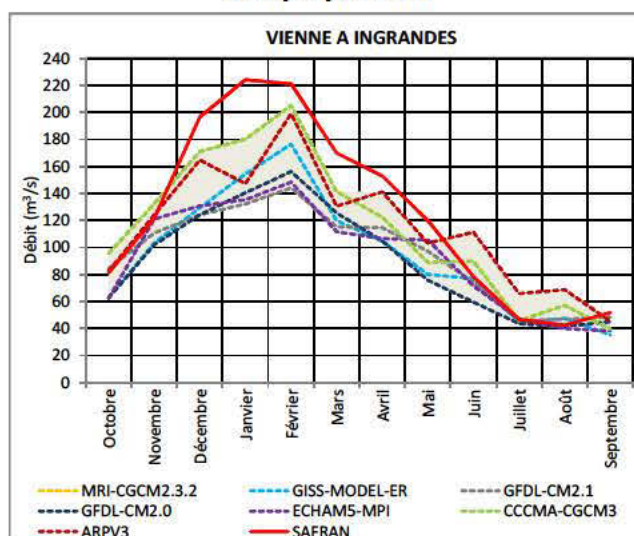
Chroniques de débits



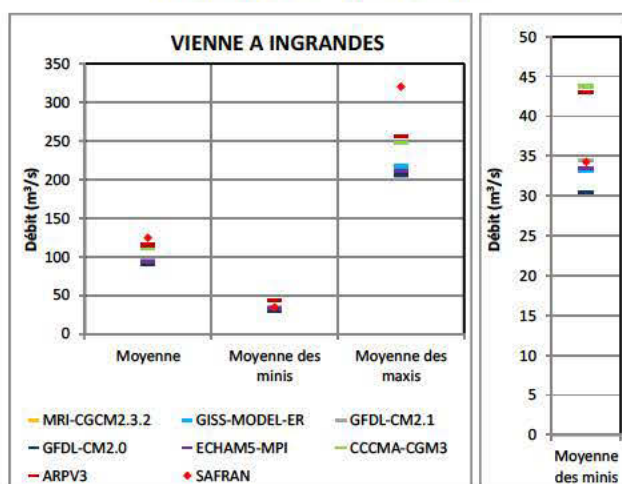
Chroniques de débits (zoom sur les bas débits)

Illustration 32 : résultats des simulations sur le débit de la Vienne à Ingrandes 1/2

Temps présent

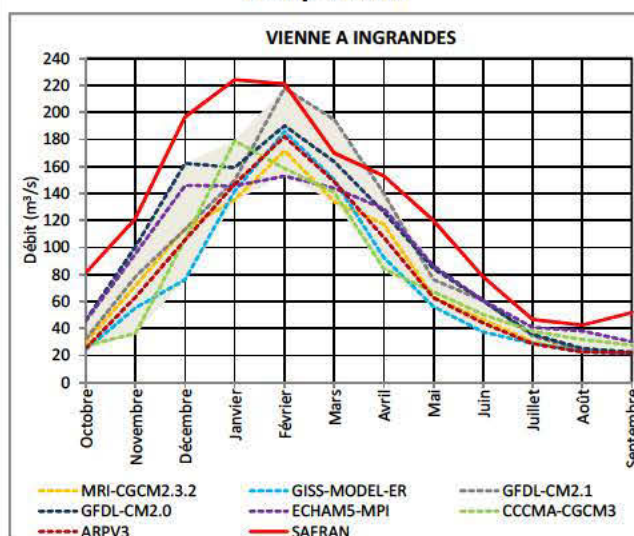


Evolution mensuelle du débit

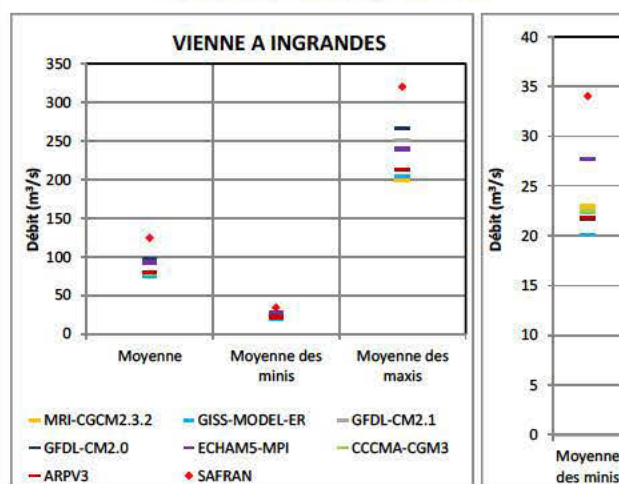


Débit annuel

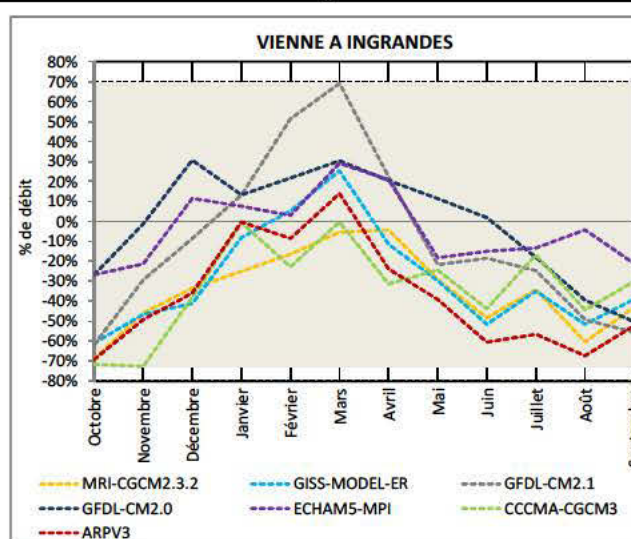
Temps futur



Evolution mensuelle du débit



Débit annuel

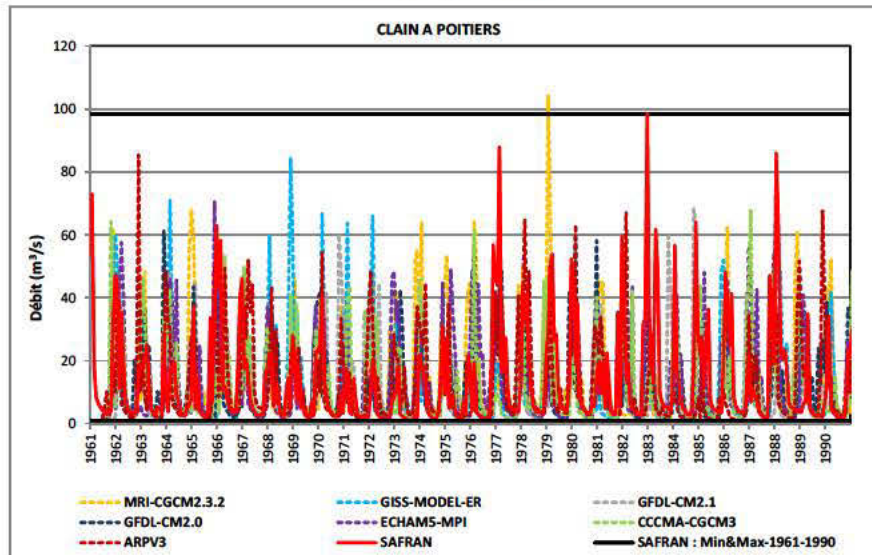


Evolution mensuelle du débit par rapport au débit de référence

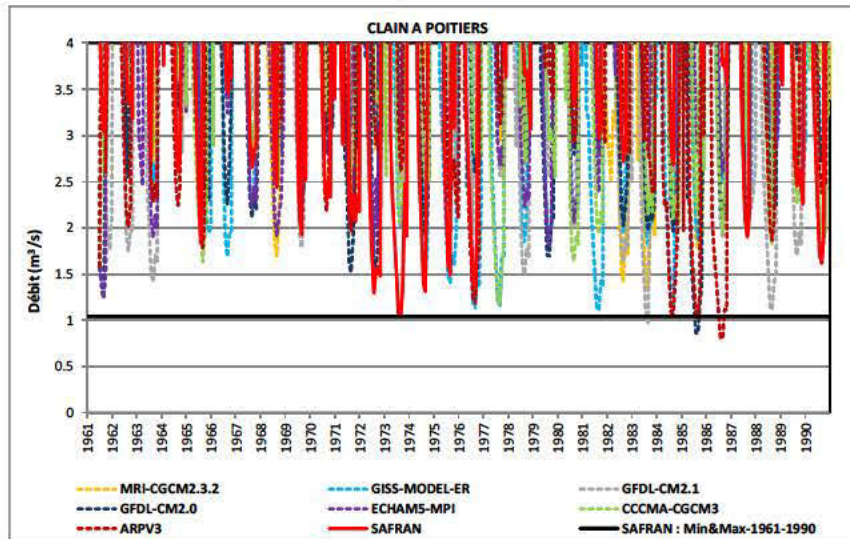
Illustration 33 : résultats des simulations sur le débit de la Vienne à Ingrandes 2/2

Evaluation de l'impact du changement climatique – Projet Explore 2070 –
à l'aide du Modèle Jurassique du Poitou-Charentes

Temps présent

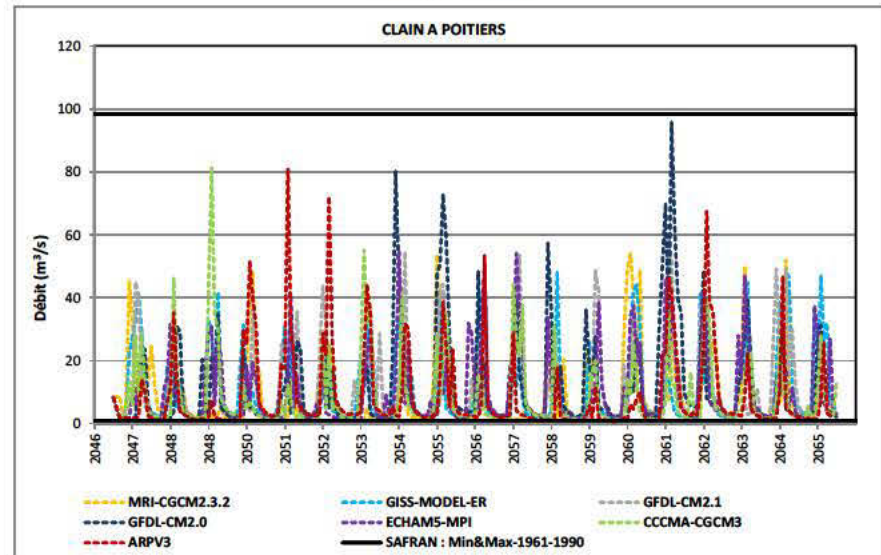


Chroniques de débits

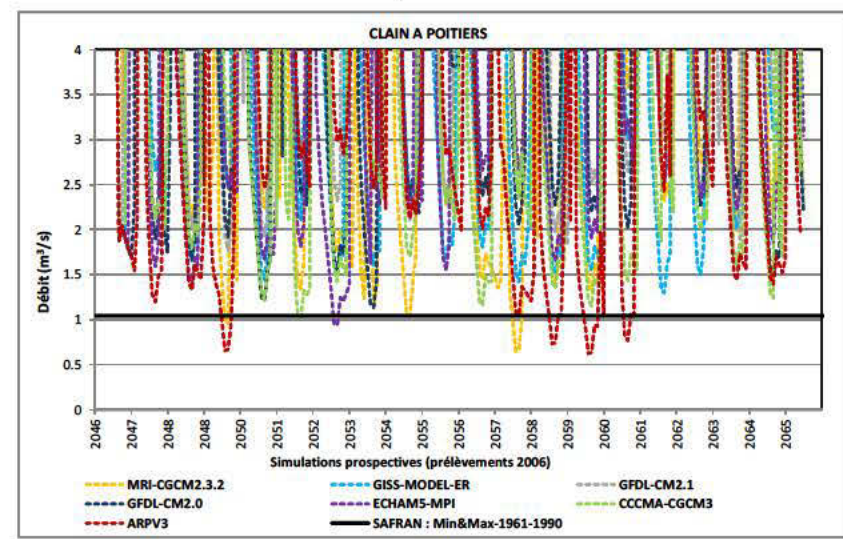


Chroniques de débits (zoom sur les bas débits)

Temps futur



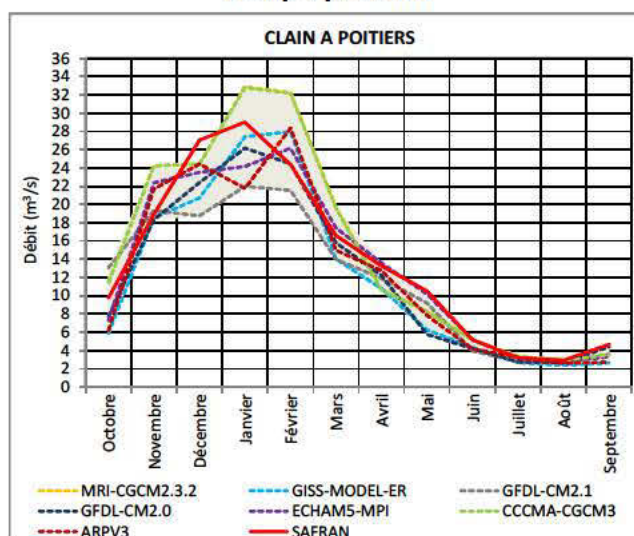
Chroniques de débits



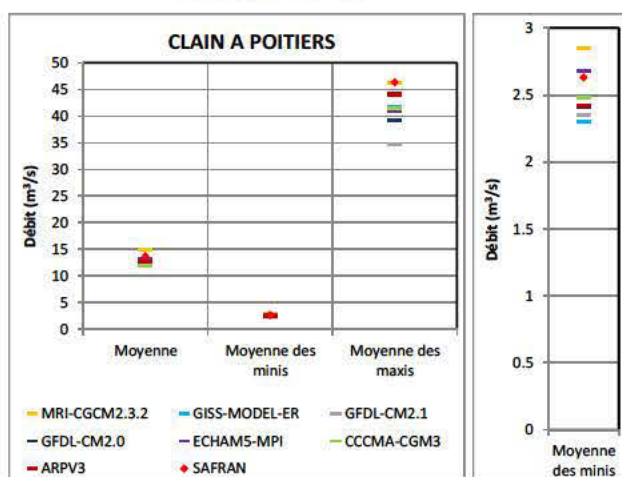
Chroniques de débits (zoom sur les bas débits)

Illustration 34 : résultats des simulations sur le débit du Clain à Poitiers 1/2

Temps présent

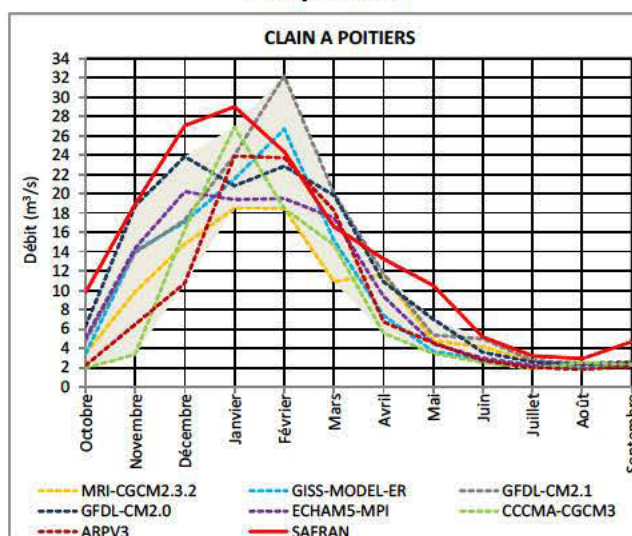


Evolution mensuelle du débit

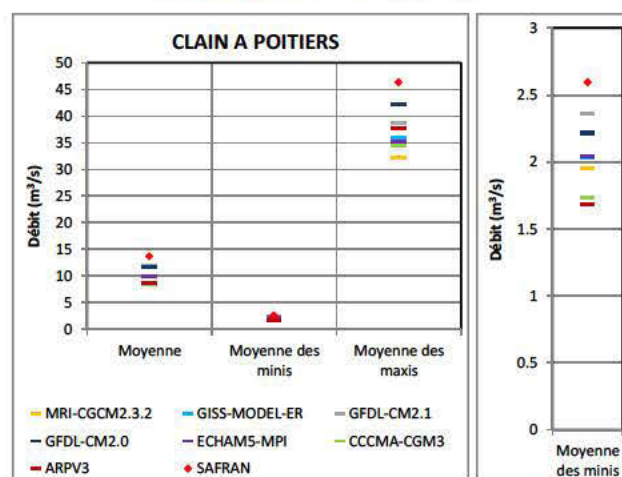


Débit annuel

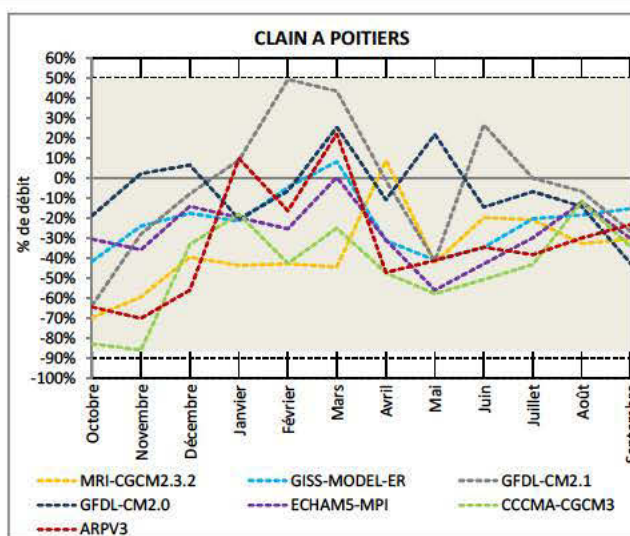
Temps futur



Evolution mensuelle du débit



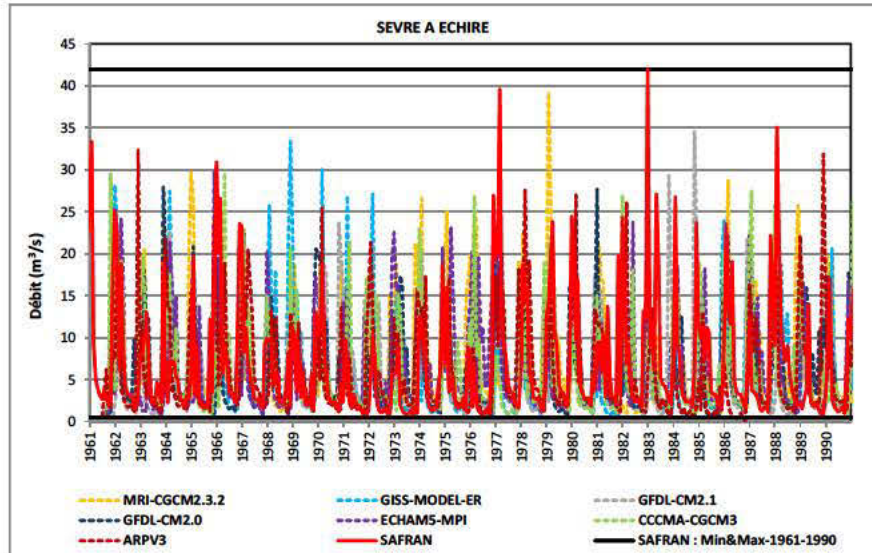
Débit annuel



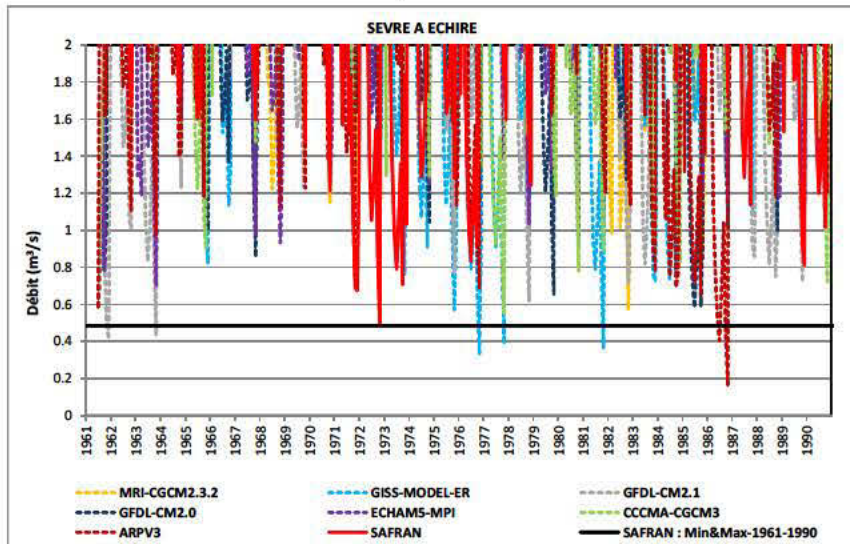
Evolution mensuelle du débit par rapport au débit de référence

Illustration 35 : résultats des simulations sur le débit du Clain à Poitiers 2/2

Temps présent

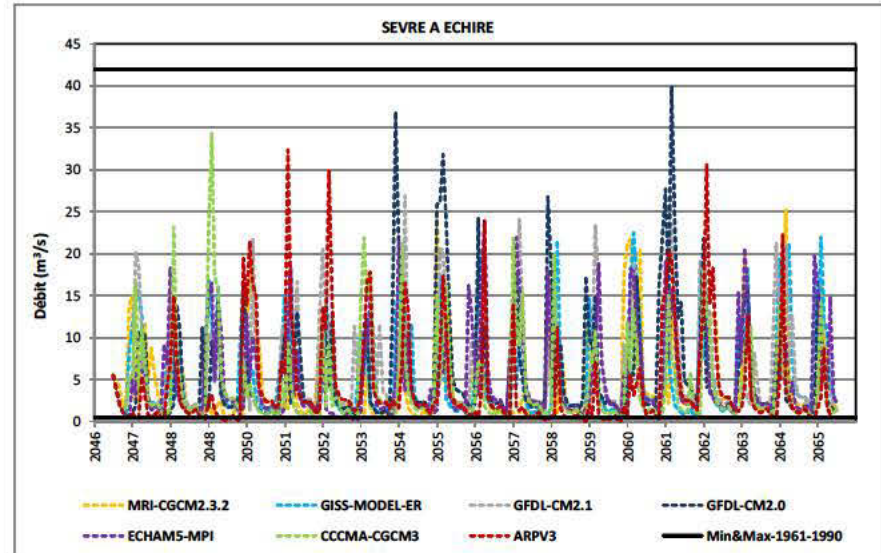


Chroniques de débits

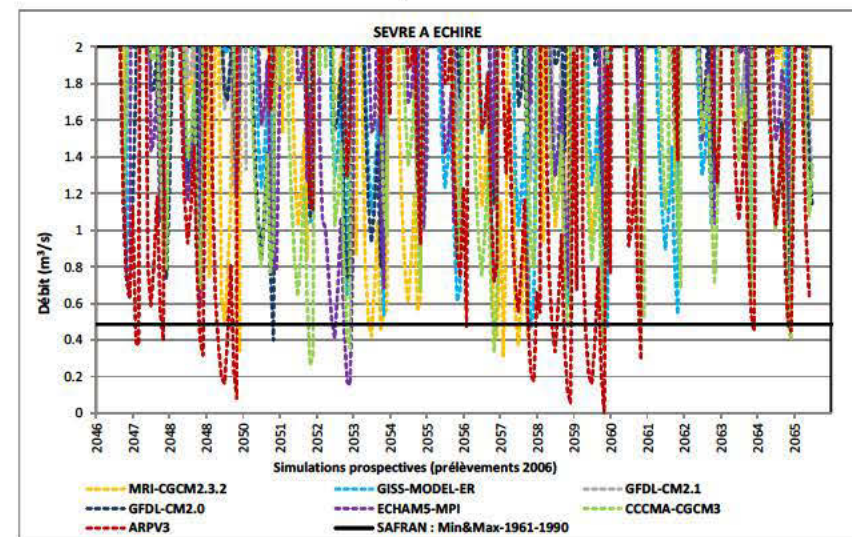


Chroniques de débits (zoom sur les bas débits)

Temps futur



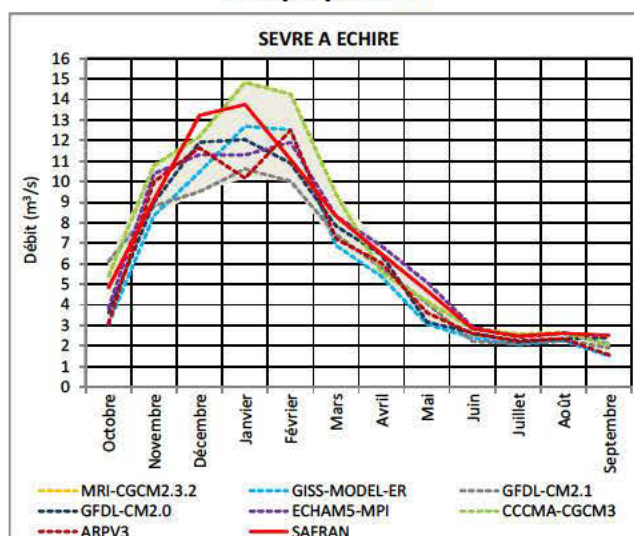
Chroniques de débits



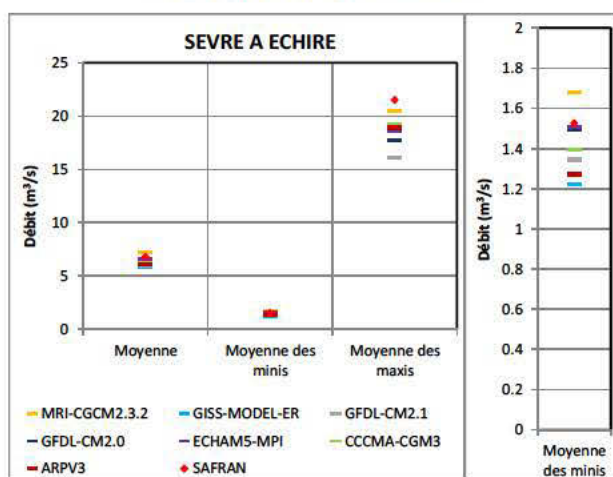
Chroniques de débits (zoom sur les bas débits)

Illustration 36 : résultats des simulations sur le débit de la Sèvre à Echiré 1/2

Temps présent

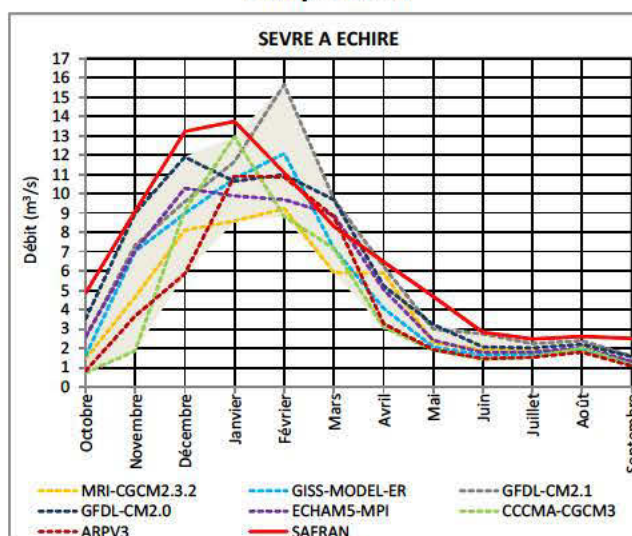


Evolution mensuelle du débit

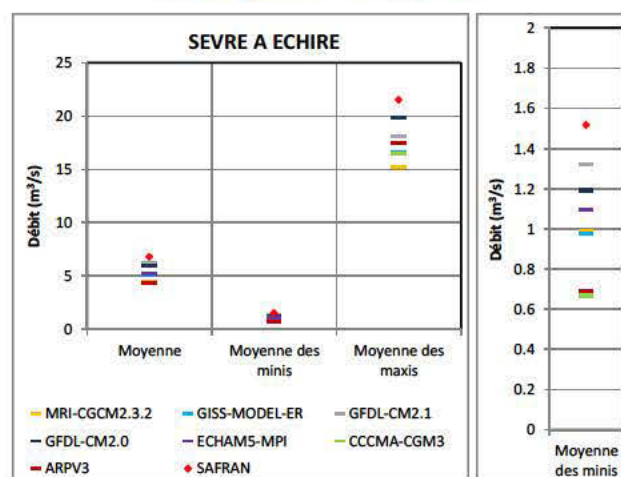


Débit annuel

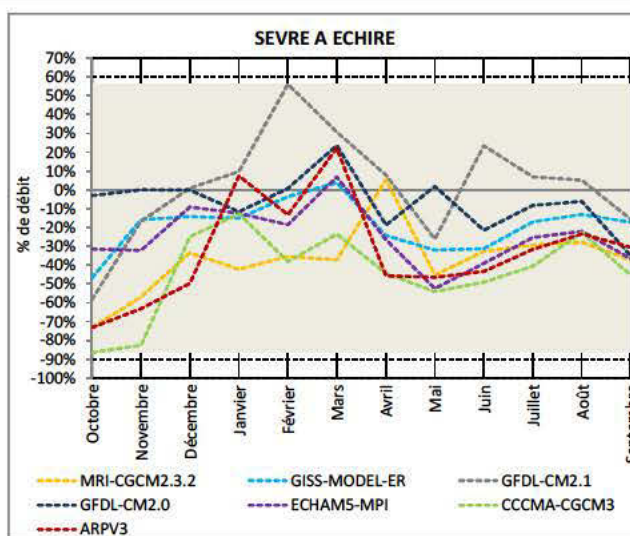
Temps futur



Evolution mensuelle du débit



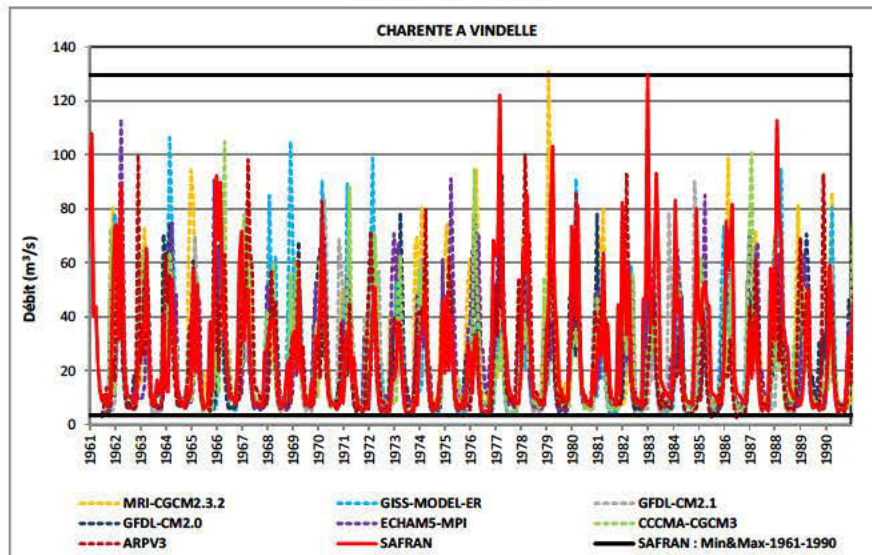
Débit annuel



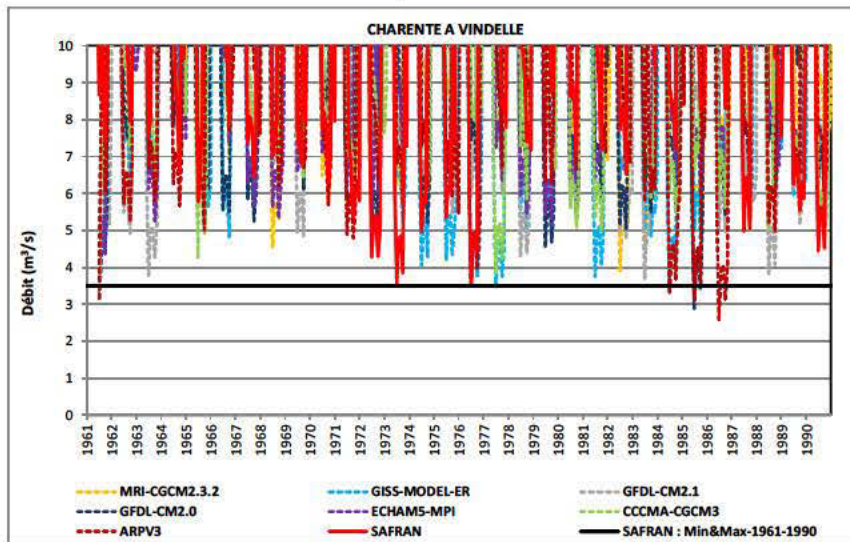
Evolution mensuelle du débit par rapport au débit de référence

Illustration 37 : résultats des simulations sur le débit de la Sèvre à Echiré 2/2

Temps présent

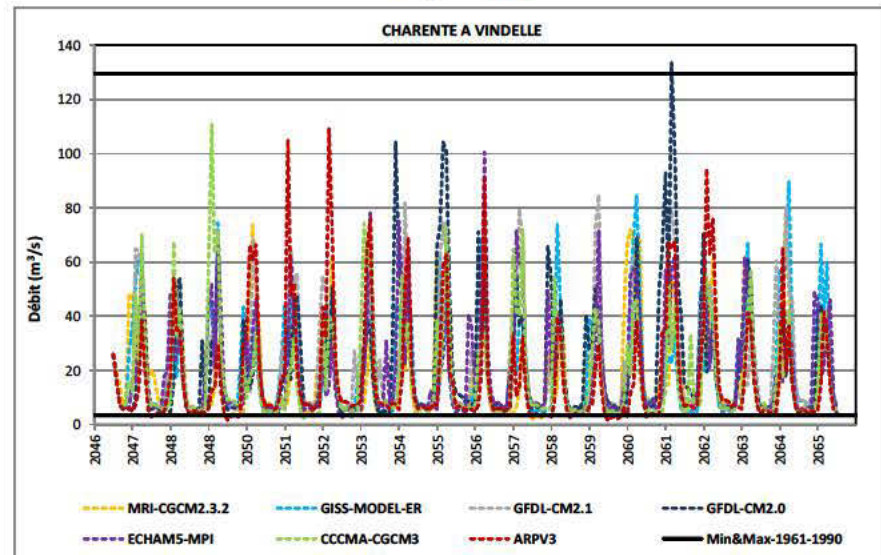


Chroniques de débits

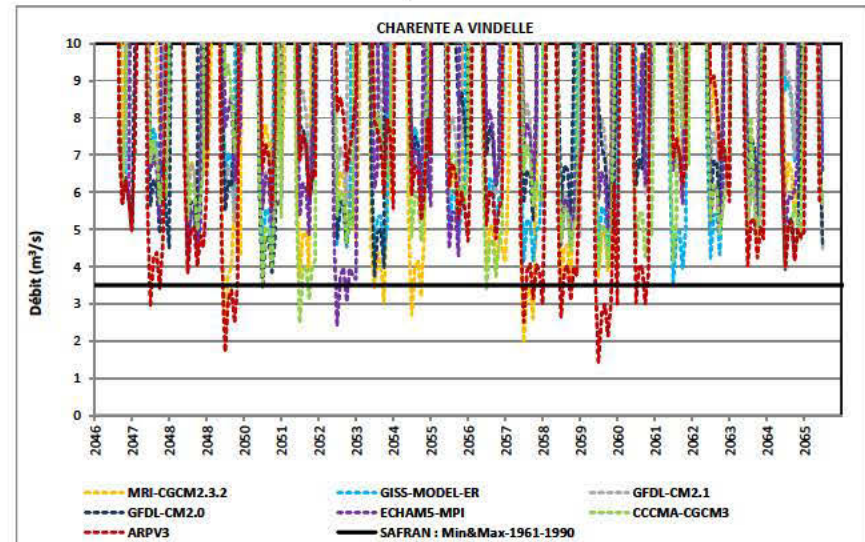


Chroniques de débits (zoom sur les bas débits)

Temps futur



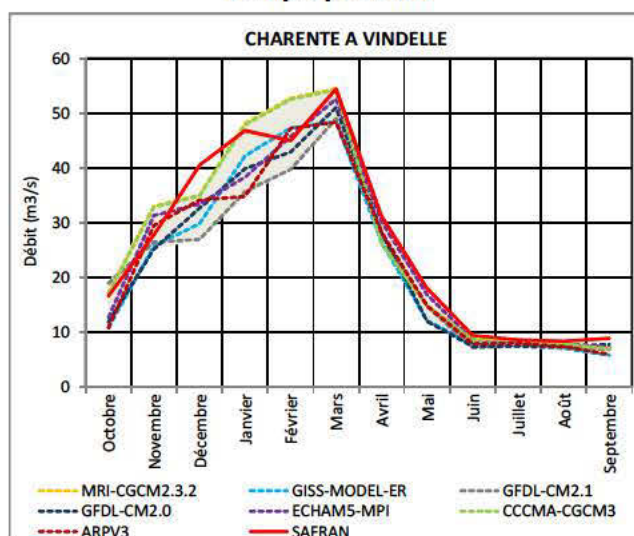
Chroniques de débits



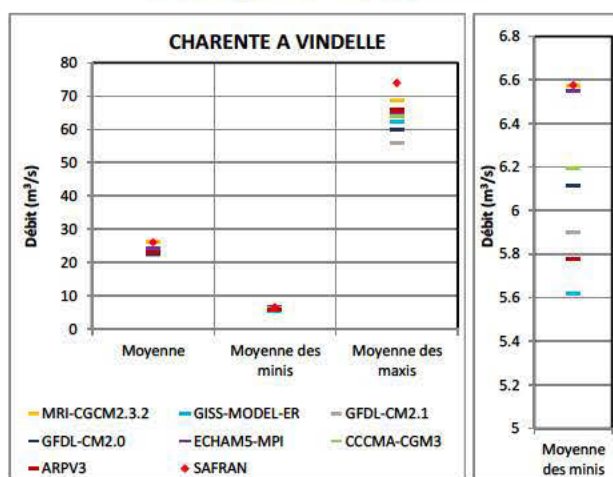
Chroniques de débits (zoom sur les bas débits)

Illustration 38 : résultats des simulations sur le débit de la Charente à Vindelle 1/2

Temps présent

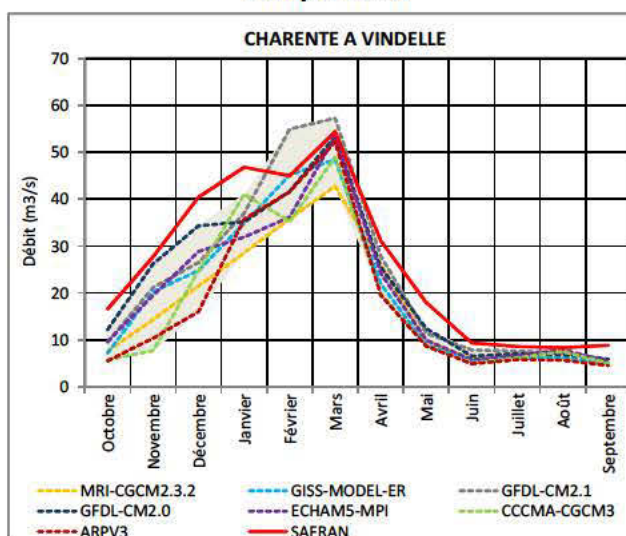


Evolution mensuelle du débit

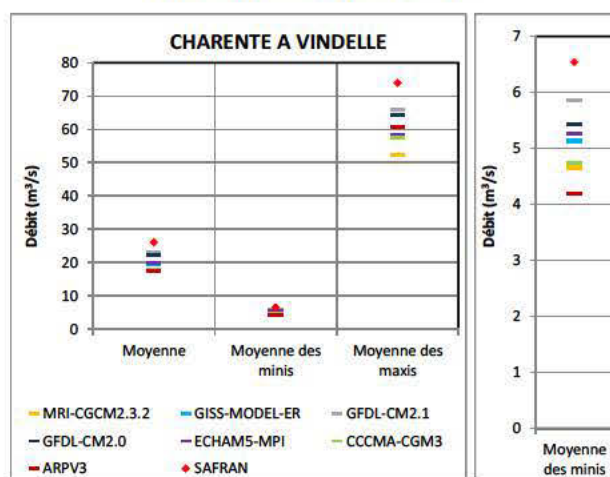


Débit annuel

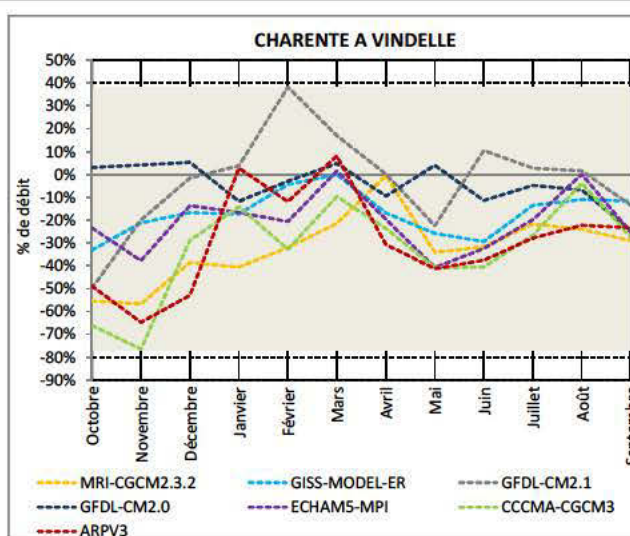
Temps futur



Evolution mensuelle du débit



Débit annuel

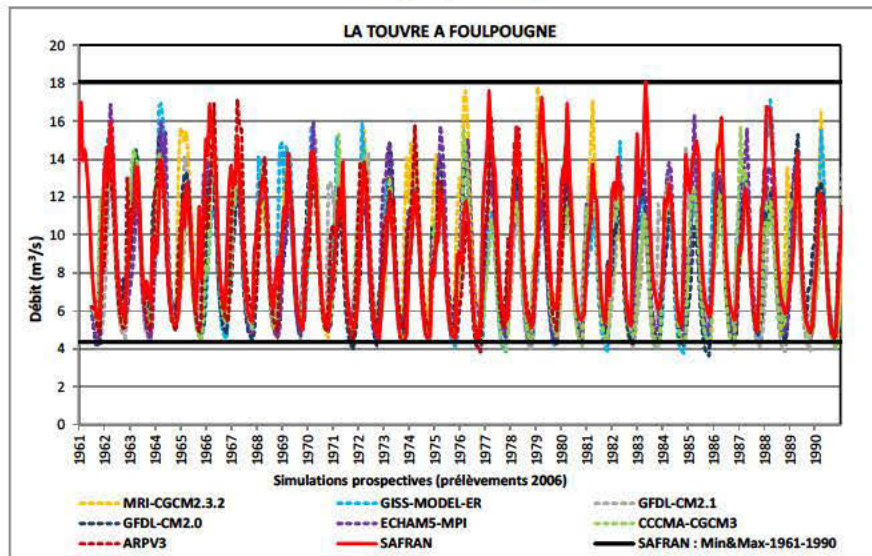


Evolution mensuelle du débit par rapport au débit de référence

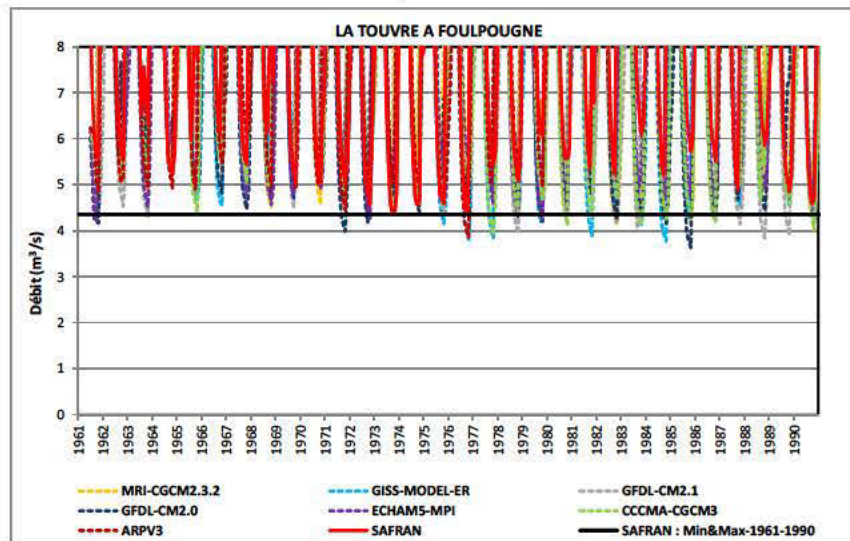
Illustration 39 : résultats des simulations sur le débit de la Charente à Vendelle 2/2

Evaluation de l'impact du changement climatique – Projet Explore 2070 –
à l'aide du Modèle Jurassique du Poitou-Charentes

Temps présent



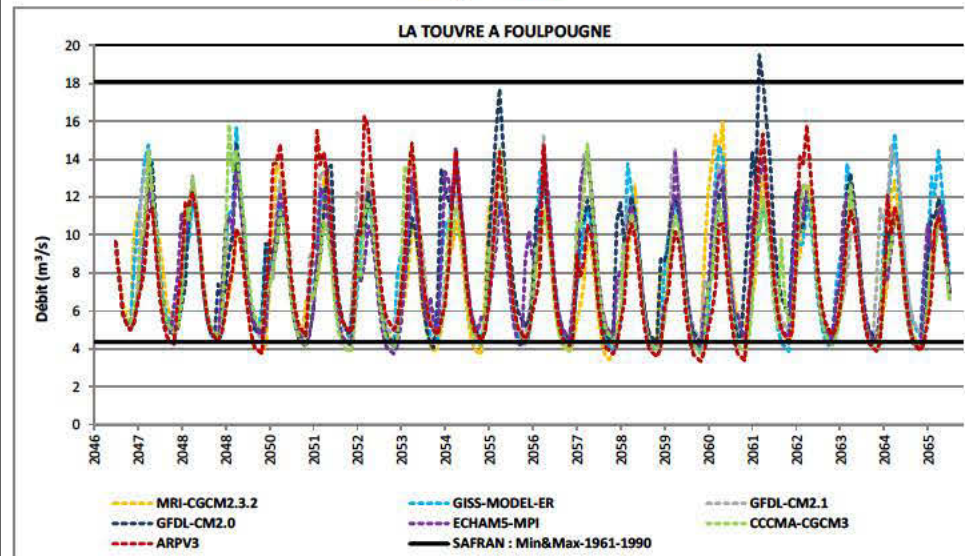
Chroniques de débits



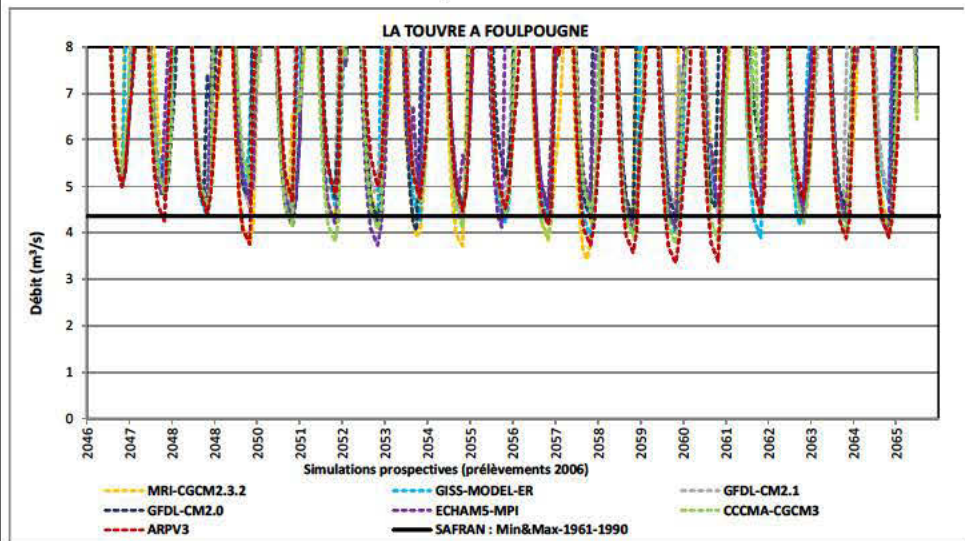
Chroniques de débits (zoom sur les bas débits)

Illustration 40 : résultats des simulations sur le débit de la Touvre à Foulpougne 1/2

Temps futur

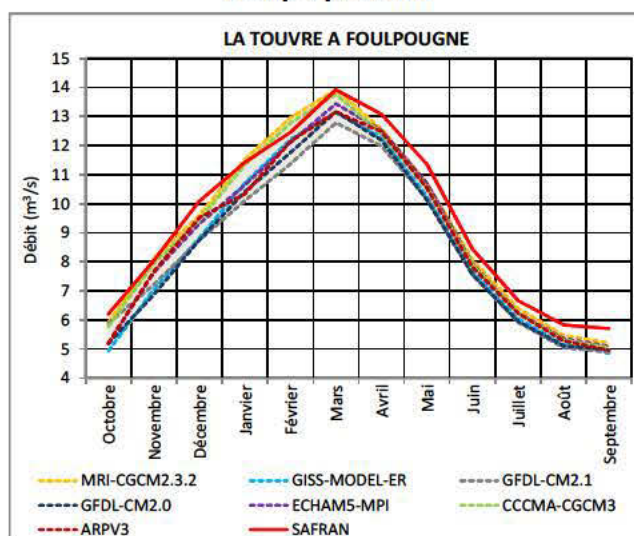


Chroniques de débits

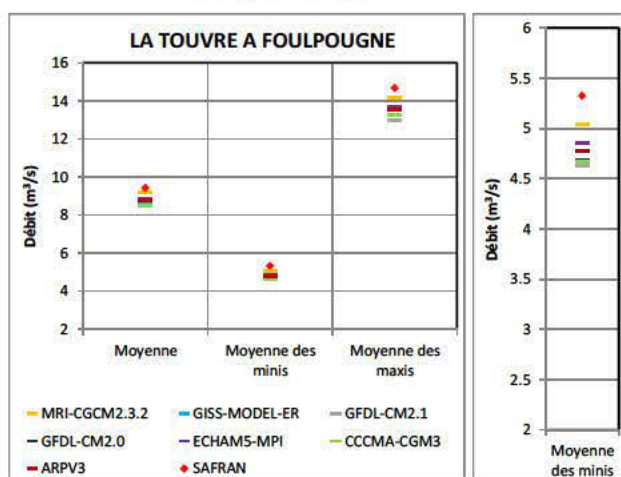


Chroniques de débits (zoom sur les bas débits)

Temps présent

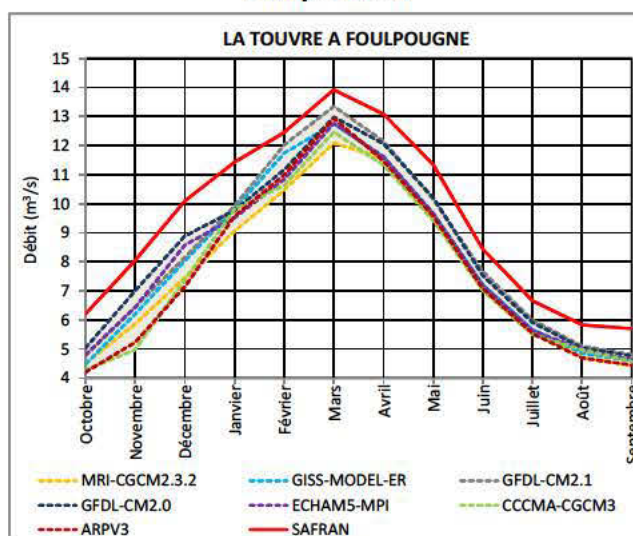


Evolution mensuelle du débit

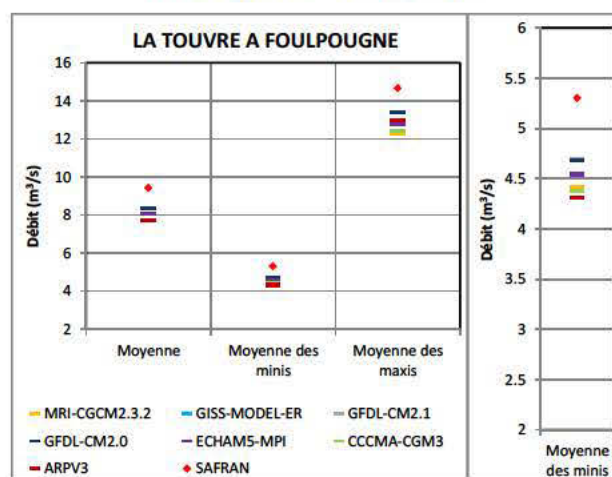


Débit annuel

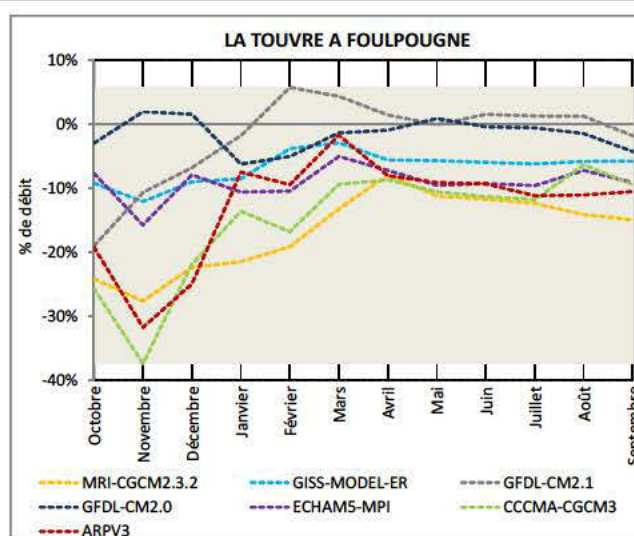
Temps futur



Evolution mensuelle du débit



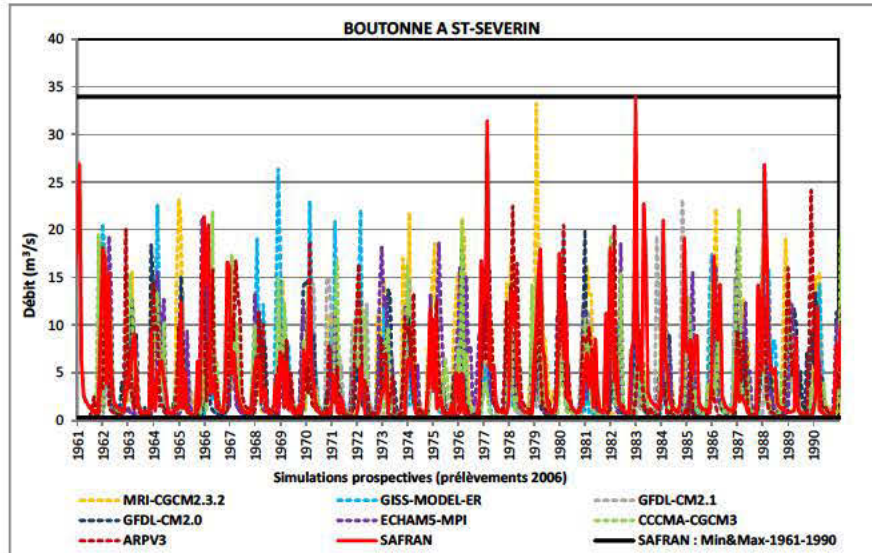
Débit annuel



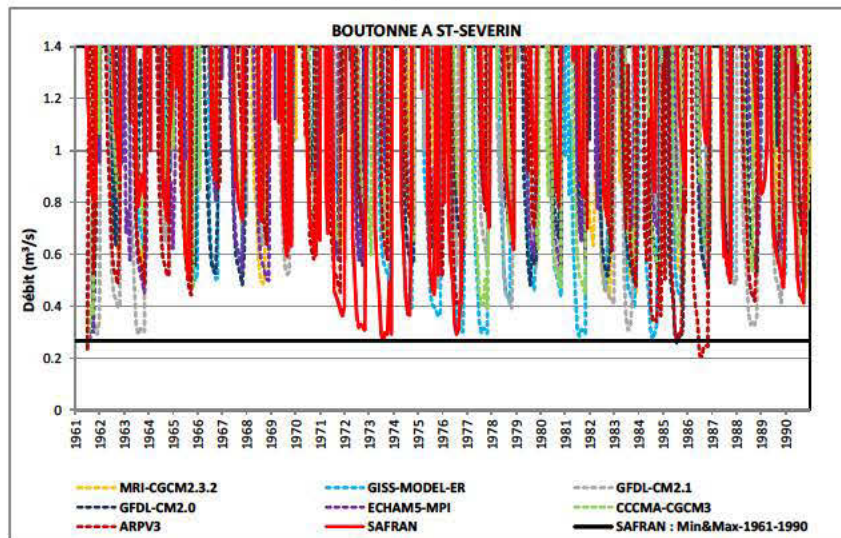
Evolution mensuelle du débit par rapport au débit de référence

Illustration 41 : résultats des simulations sur le débit de la Touvre à Foulpougne 2/2

Temps présent

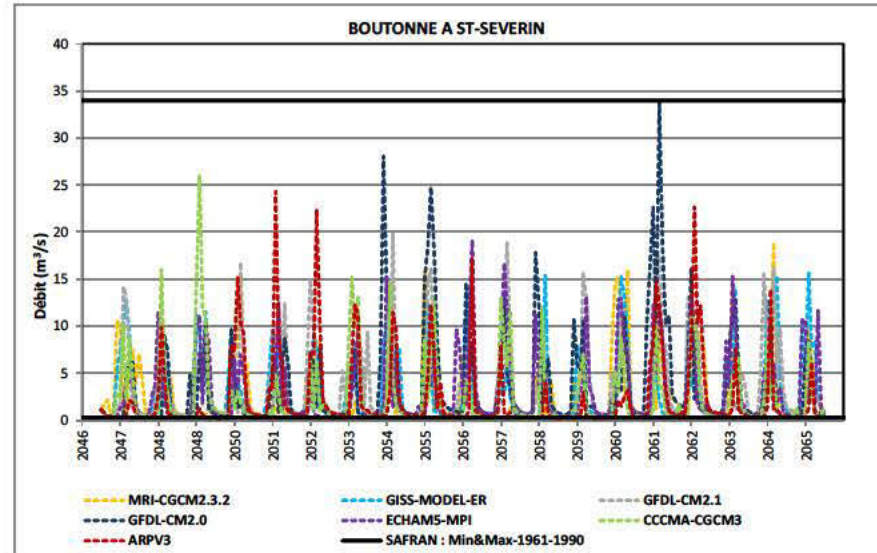


Chroniques de débits

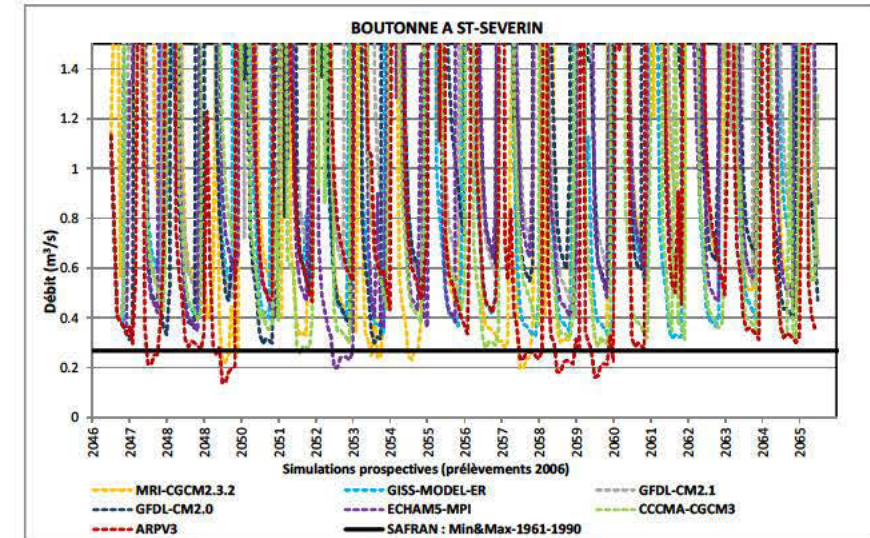


Chroniques de débits (zoom sur les bas débits)

Temps futur



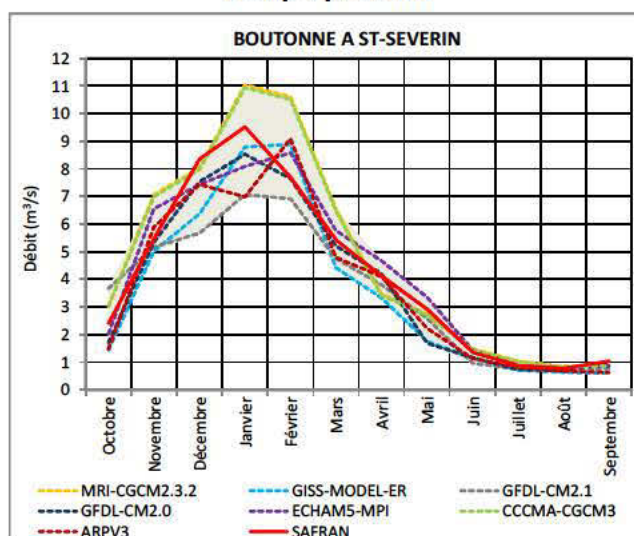
Chroniques de débits



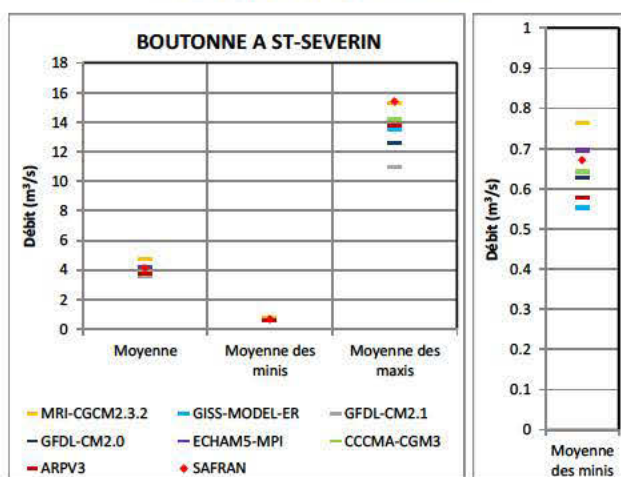
Chroniques de débits (zoom sur les bas débits)

Illustration 42 : résultats des simulations sur le débit de la boutonne à St-Séverin 1/2

Temps présent

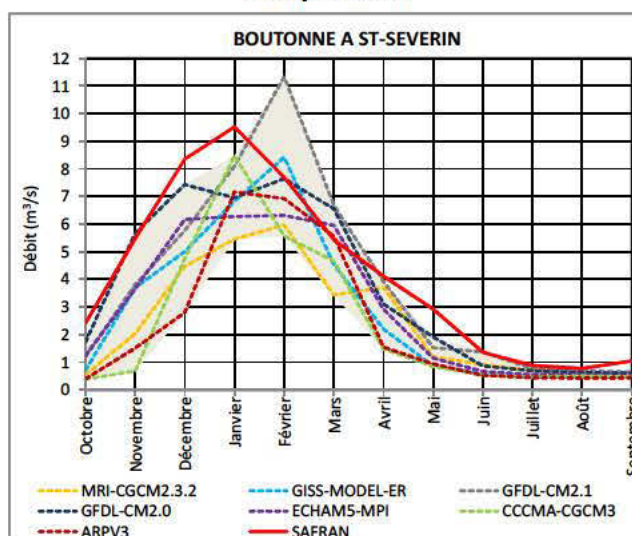


Evolution mensuelle du débit

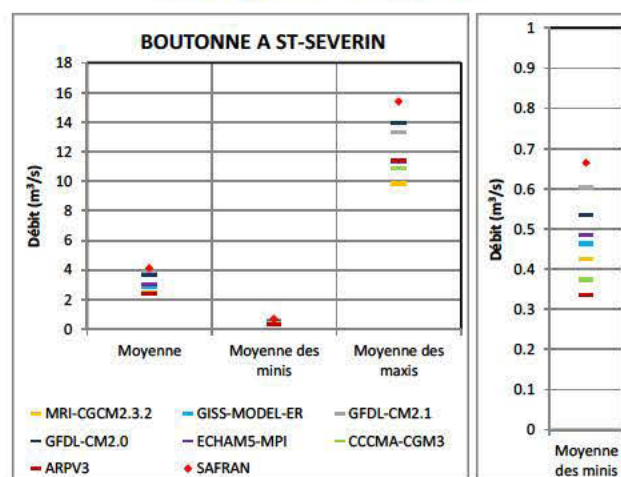


Débit annuel

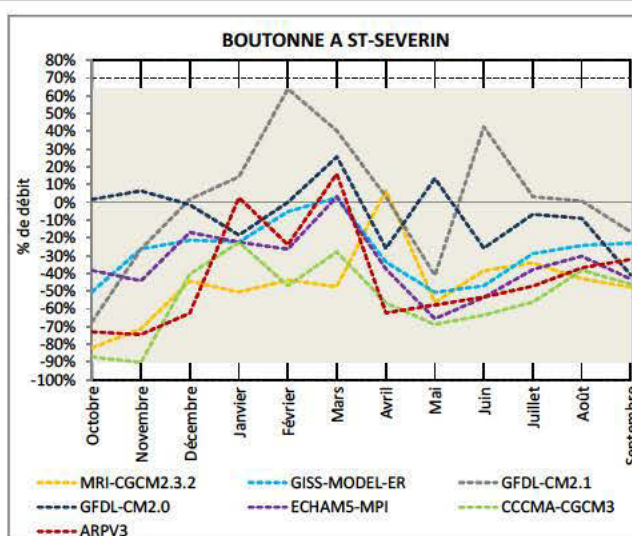
Temps futur



Evolution mensuelle du débit



Débit annuel



Evolution mensuelle du débit par rapport au débit de référence

Illustration 43 : résultats des simulations sur le débit de la boutonne à St-Séverin 2/2

5. Résultats des simulations : impact des prélèvements

Les résultats des simulations sont présentés pour 2 simulations, la plus optimiste (GFDL-CM2.1) et la plus pessimiste (MERI-CGCM2.3.2) en soulignant les différences par rapport aux résultats précédents entre périodes présente (référence) et prospective (futur).

5.1. EVOLUTION DE LA PIEZOMETRIE – PERIODE FUTURE AVEC EVOLUTION DES PRELEVEMENTS

5.1.1. Analyse par piézomètre

Seuls quelques graphiques exemples montrant les résultats sur différents piézomètres sont visibles des illustrations 44 à 48 . Il n'y a pas de différence sur les piézomètres du réseau régional si ce n'est de l'ordre de quelques dizaines de centimètres à Bourdet, Oiron et Guesnes.

Ces résultats paraissent tout à fait cohérent par rapport à la diminution des prélèvements intégrés dans le modèle issus des données du BIPE et en particulier de la très faible baisse ou plutôt de la non évolution des prélèvements agricoles.

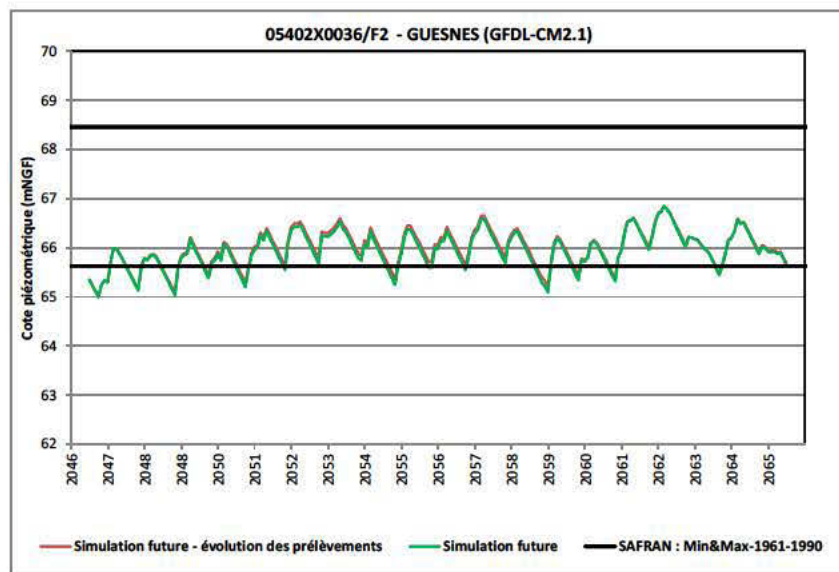
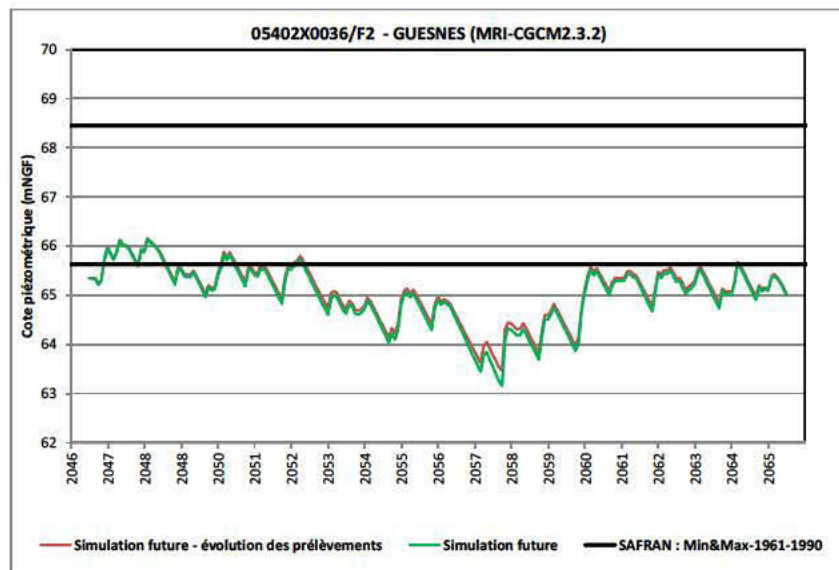


Illustration 44: résultats des simulations sur le piézomètre de Guesnes

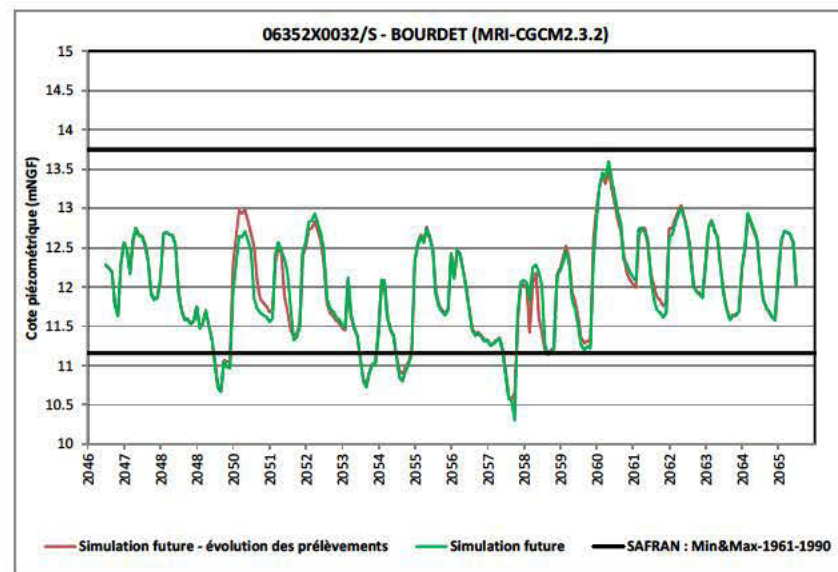
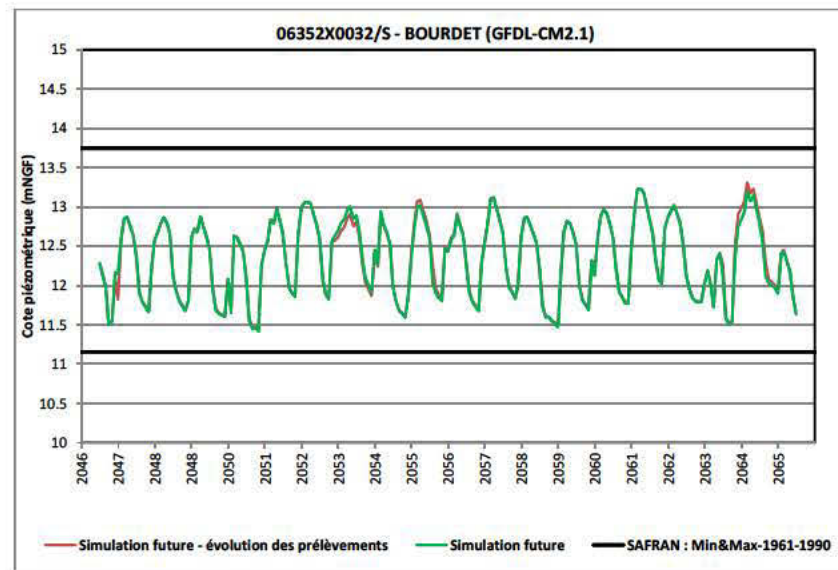


Illustration 45: résultats des simulations sur le piézomètre du Bourdet

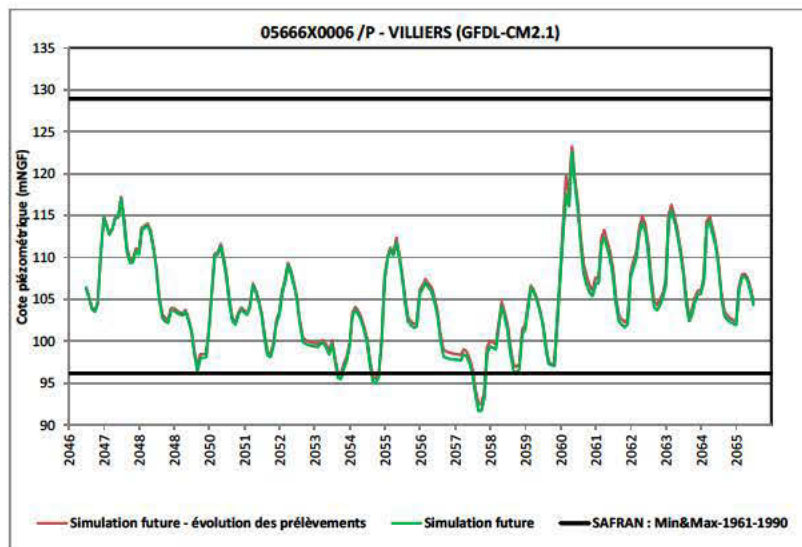


illustration 46 : : résultats des simulations sur le piézomètre de Villiers

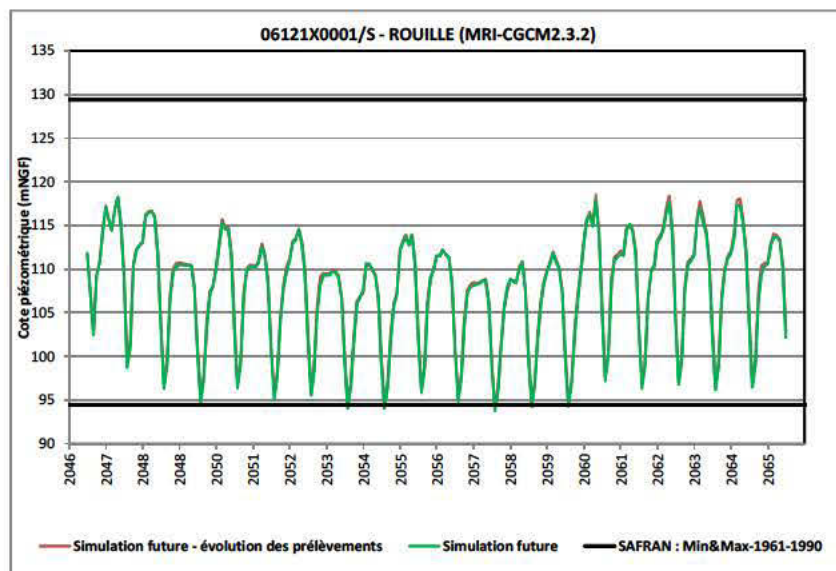


Illustration 47: résultats des simulations sur le piézomètre de Rouillé

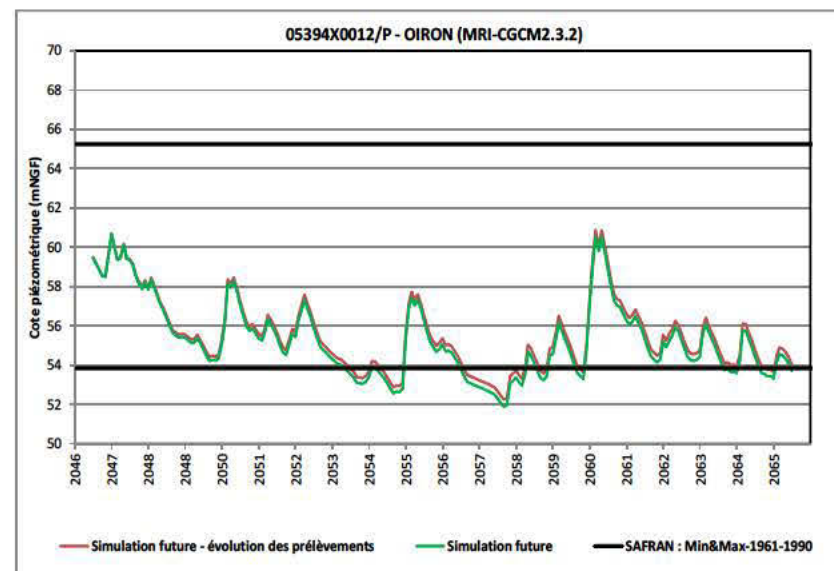
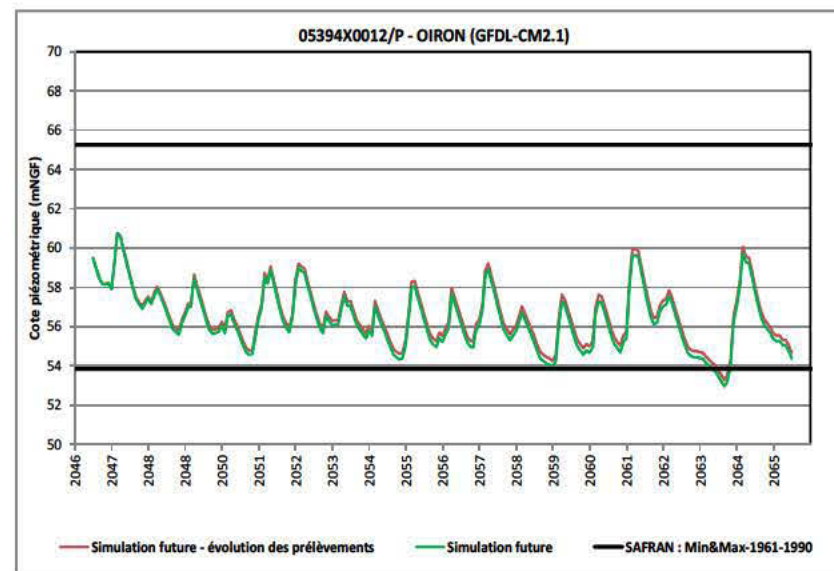


Illustration 48: résultats des simulations sur le piézomètre de Oiron

5.1.2. Approche cartographique

Tout comme au chapitre 4.1.2, des cartes par piézomètre de la différence de la charge moyenne interannuelle entre simulation prospective (prélèvement 2006) et simulation prospective avec évolutions des prélèvements ont été réalisées (Illustration 49) ainsi que des cartes de différence des surfaces piézométriques (Illustration 50 à l'Illustration 52).

Les cartes de l'Illustration 49 montrent des différences de moyennes interannuelles très faibles pour les différents piézomètres, de l'ordre d'une dizaine de centimètres au maximum.

En ce qui concerne les cartes de la surface piézométrique, et quel que soit l'aquifère, les baisses sont inférieures à 10 cm pour 90% de la surface couverte par chaque aquifère excepté sur les secteurs où il y a une forte densité d'ouvrages et/ou d'importants prélèvements pour l'AEP.

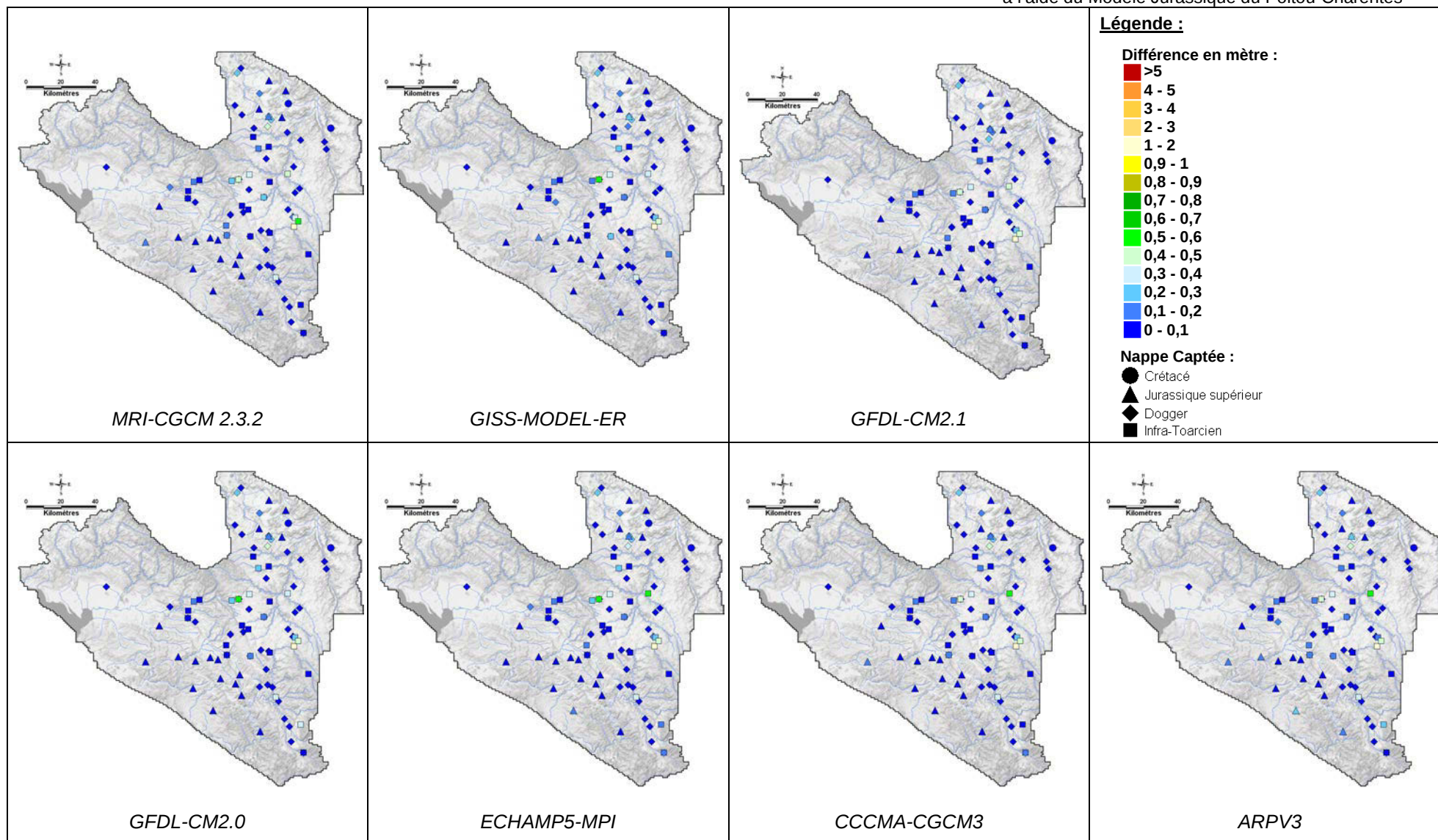


Illustration 49 : répartition spatiale de l'impact sur les piézomètres – différence entre simulation prospective et simulation prospective avec évolution des prélèvements

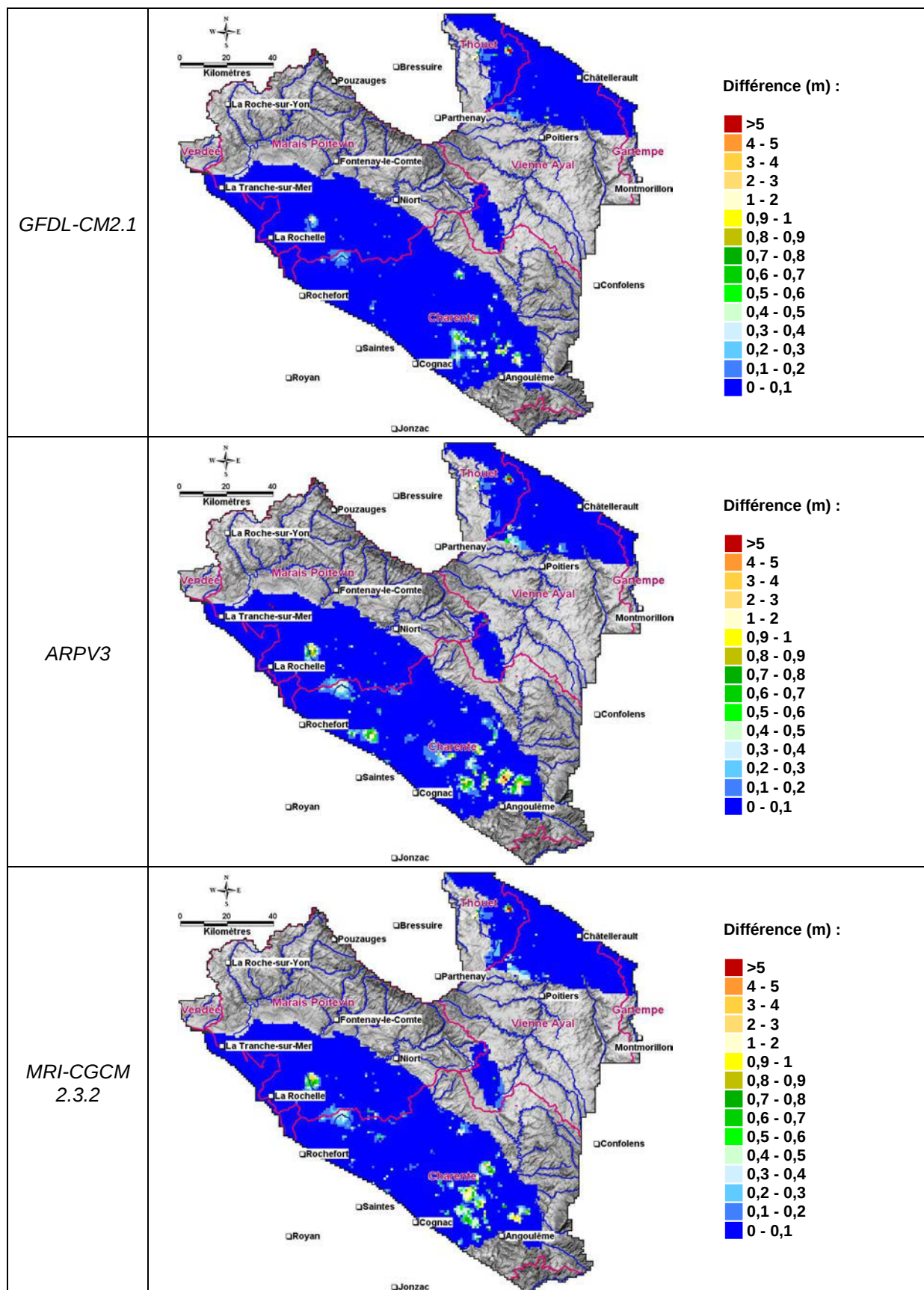


Illustration 50 : Jurassique supérieur - différence entre simulation prospective et simulation prospective avec évolution des prélèvements

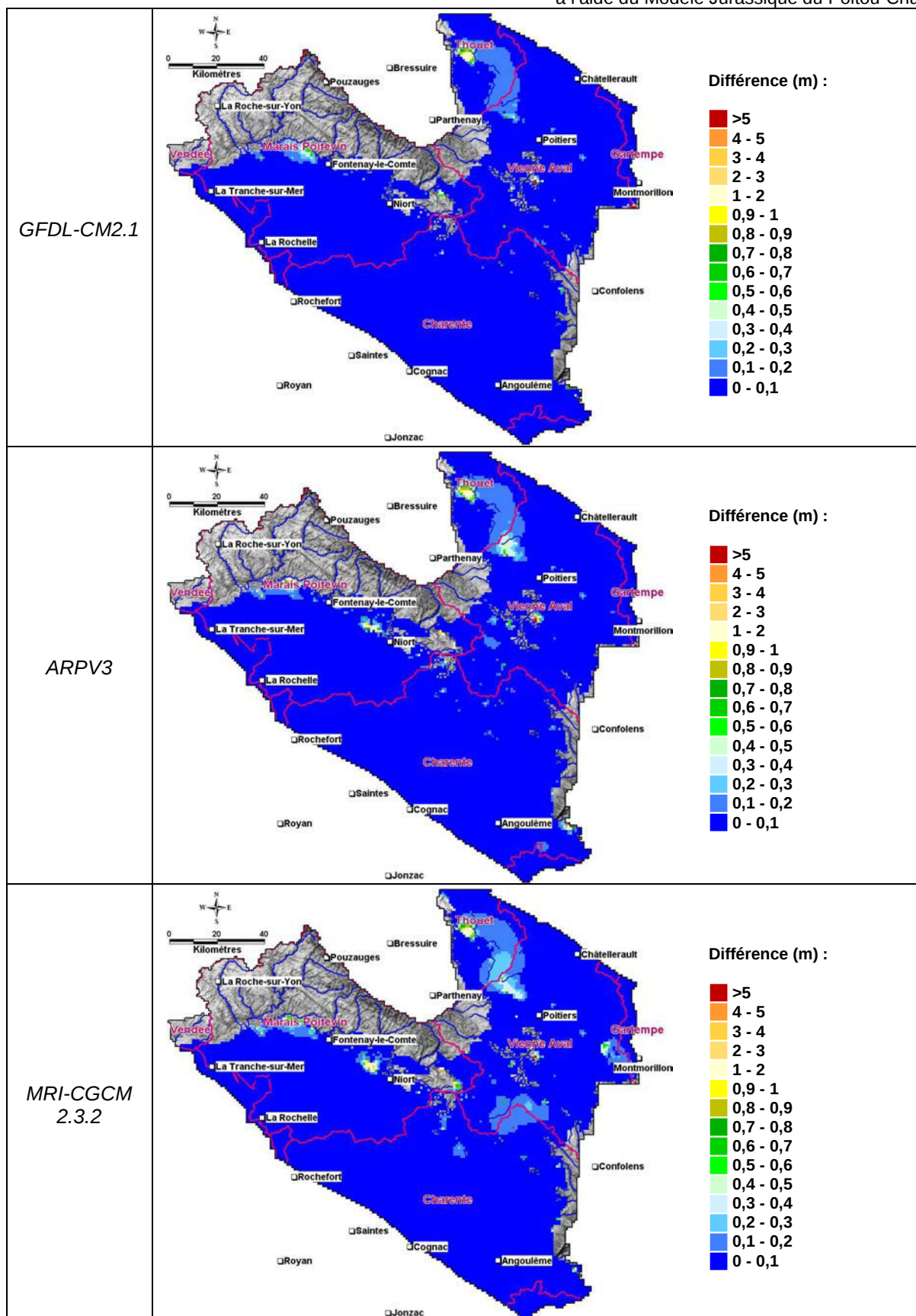


Illustration 51 : Dogger - différence entre simulation prospective et simulation prospective avec évolution des prélèvements

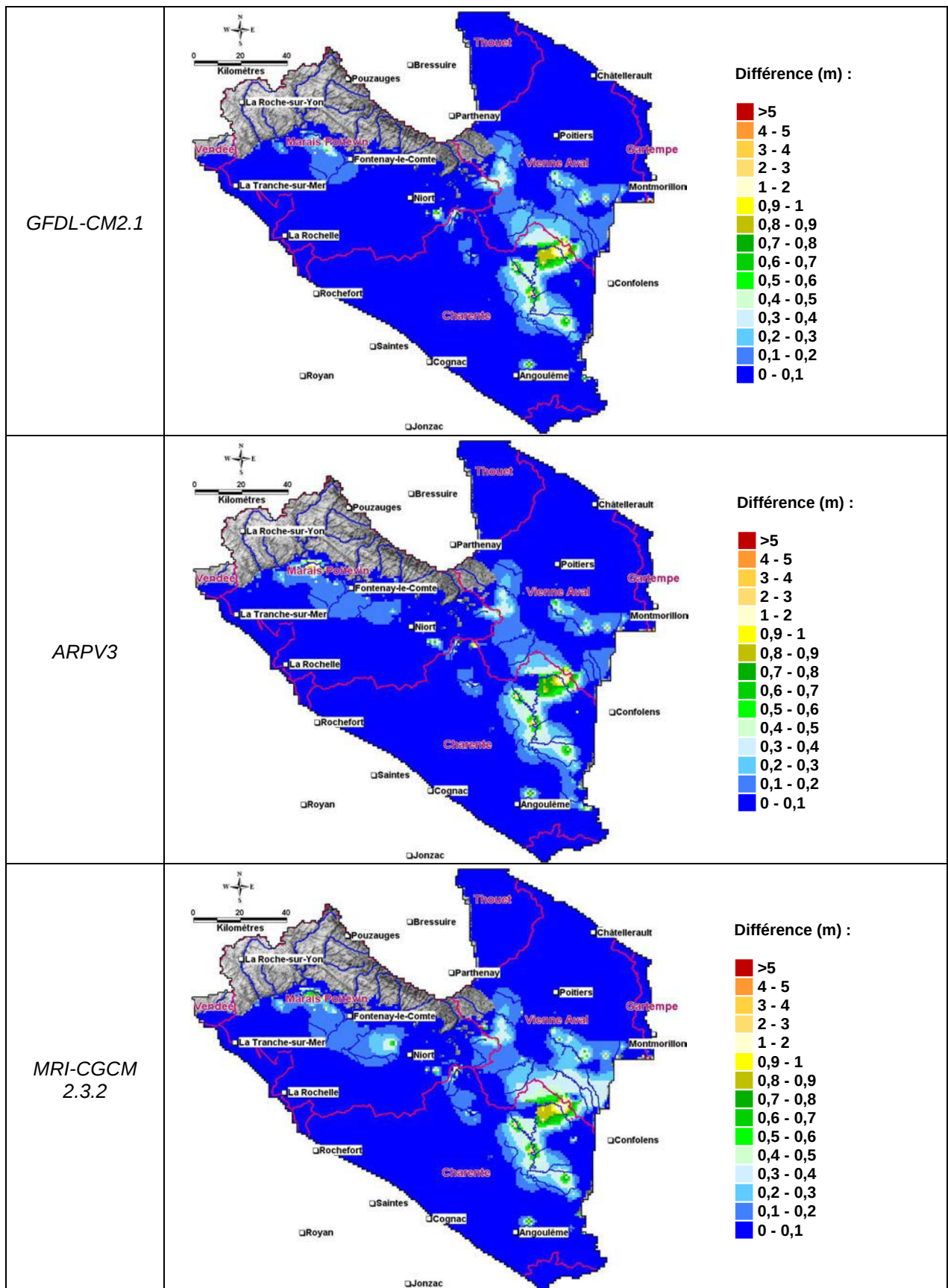


Illustration 52 : Infra-Toarcien - différence entre simulation prospective et simulation prospective avec évolution des prélèvements

5.2. EVOLUTION DES PRELEVEMENTS ET DEBITS DES COURS D'EAU

D'une façon globale, tout comme les aquifères qui sont peu impactés par la faible baisse des prélèvements simulés, les cours d'eau le sont également. Ainsi, les différences de débits sur les chroniques ne sont pas visibles, c'est pourquoi, sur ces graphes, le gain de débit (courbe bleue) a été ajouté. Par ailleurs, des graphiques d'évolution du gain de débit en % ont été réalisés à partir des moyennes mensuelles interannuelles.

Sur la station de la Vienne à Ingrandes, la baisse des prélèvements (BIPE) n'apporterait qu'un gain de 200 à 300 litres par seconde au maximum, soit une augmentation de débit inférieure à +0,1 % sur l'année (Illustration 53 et Illustration 54). A préciser ici que les débits de la rivière sont soutenus en étiage par différents aménagement en amont de la Vienne.

Le Clain, dont le bassin est très impacté par les prélèvements agricoles en particulier, montre une augmentation de débit sur la période estivale (centaine de litres par seconde au maximum) ce qui représente sur les mois de juin à août un accroissement du débit de l'ordre de +1% (Illustration 55 et Illustration 56).

Sur la Sèvre à Echiré, le même constat que sur le cours d'eau précédent peut être fait, soit une augmentation du débit de l'ordre de +1% en étiage correspondant à environ +50 l/s (Illustration 57 et Illustration 58).

Sur la Charente à Vindelle, l'augmentation des débits est légèrement plus sensible, de l'ordre de +2% en période d'étiage ce qui correspond à un gain de débit au maximum de +400 l/s à +500 l/s (Illustration 59 et Illustration 60).

Pour la Touvre le gain de débit se fait sur l'ensemble de l'année avec une augmentation plus significative sur la période d'étiage : +1% soit + 40 l/s en moyenne (Illustration 61 et Illustration 62).

Enfin, pour la Boutonne qui est fortement impactée par les prélèvements, l'augmentation des débits est également plus importante en étiage, jusqu'à 4% selon certaines simulations (Illustration 63 Illustration 64).

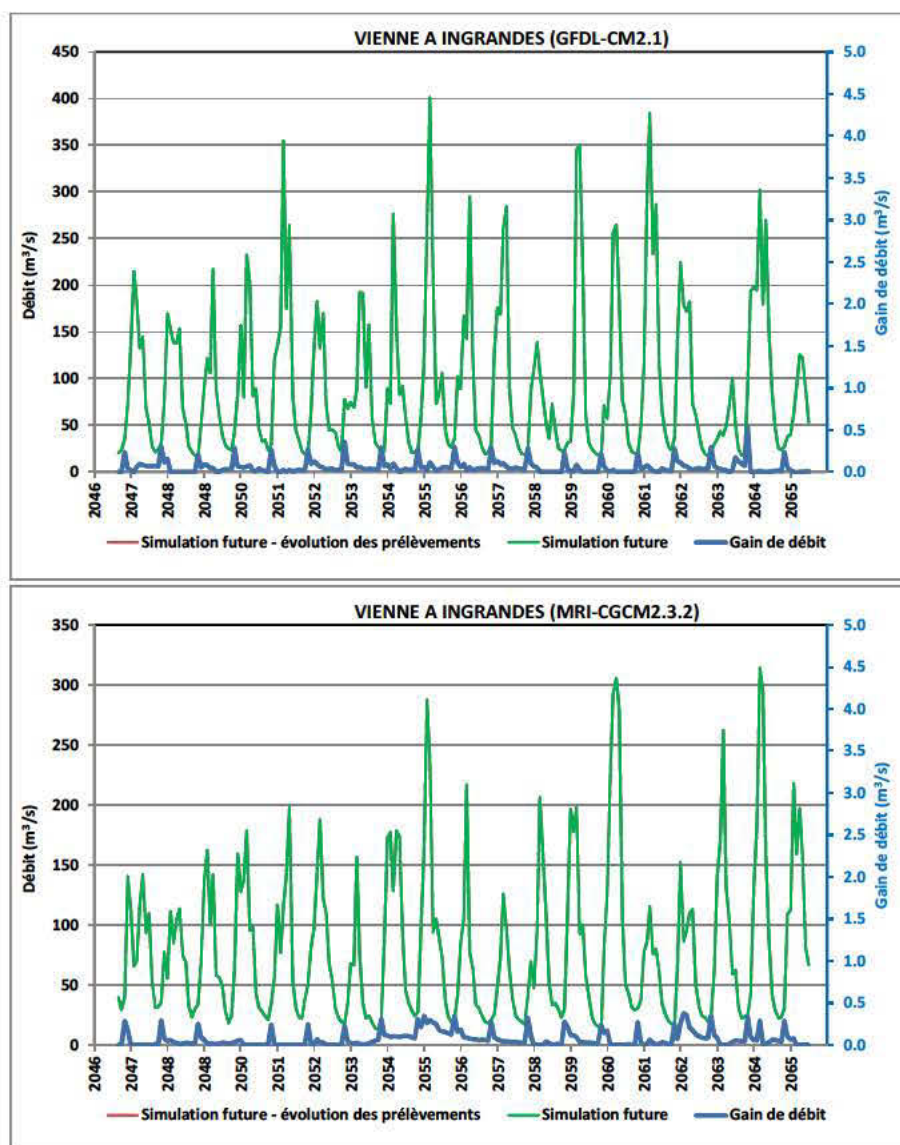


Illustration 53 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Vienne à Ingrandes (simulations GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2)

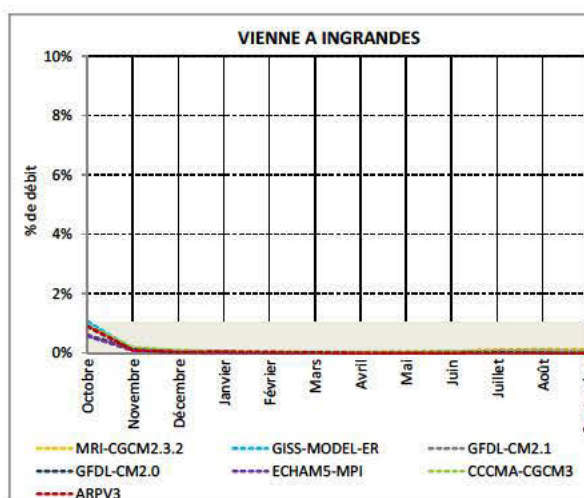


Illustration 54 : impact de l'évolution des prélèvements sur les débits de la Vienne à Ingrandes en relatif pour toutes les simulations

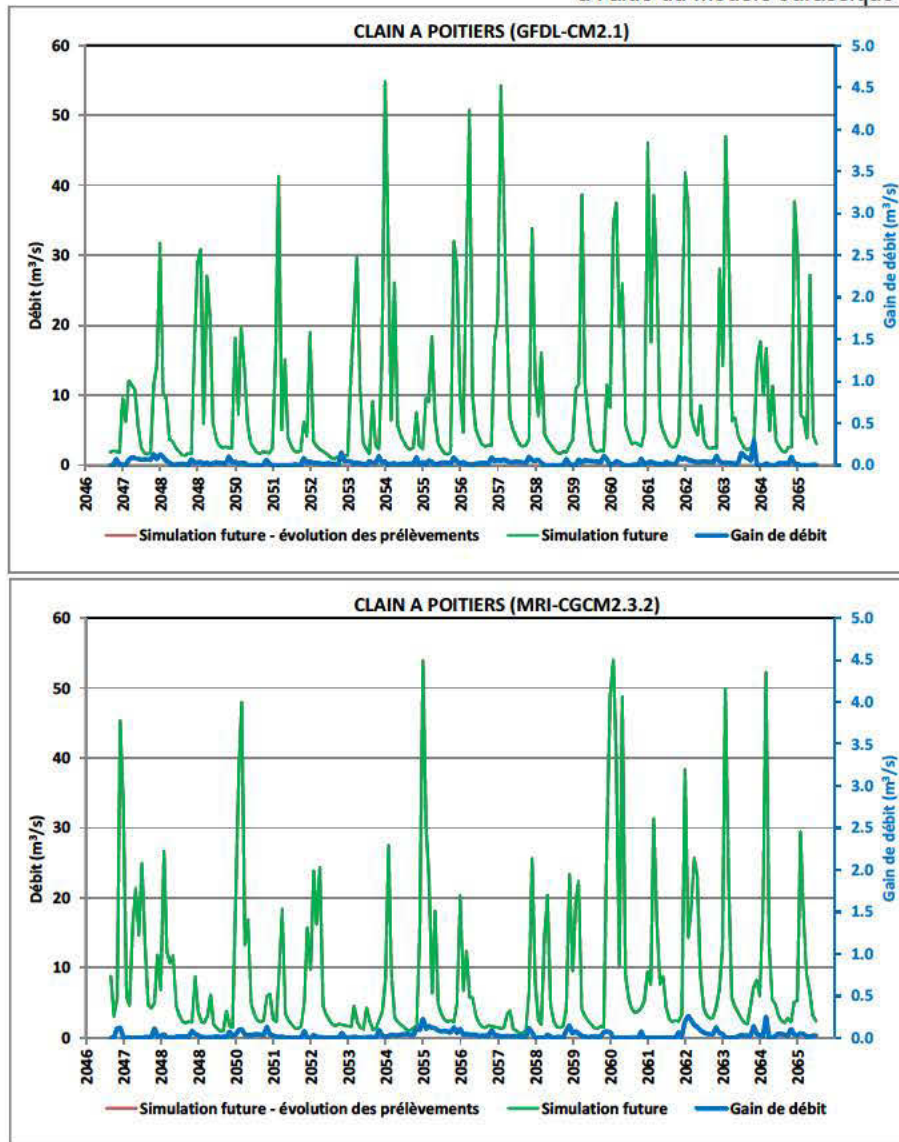


Illustration 55 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits du Clain à Poitiers (simulations GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2)

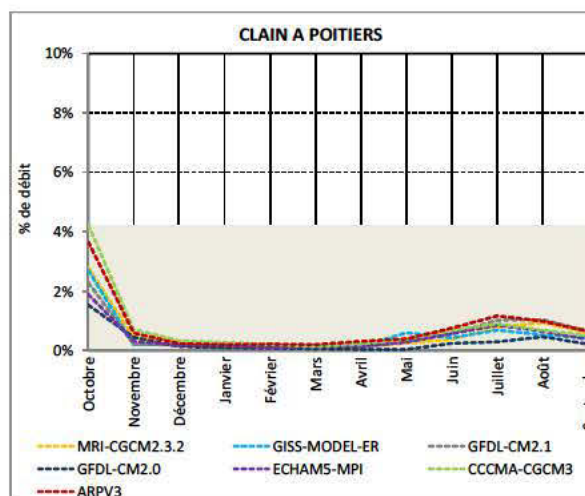


Illustration 56 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits du Clain à Poitiers en relatif pour toutes les simulations

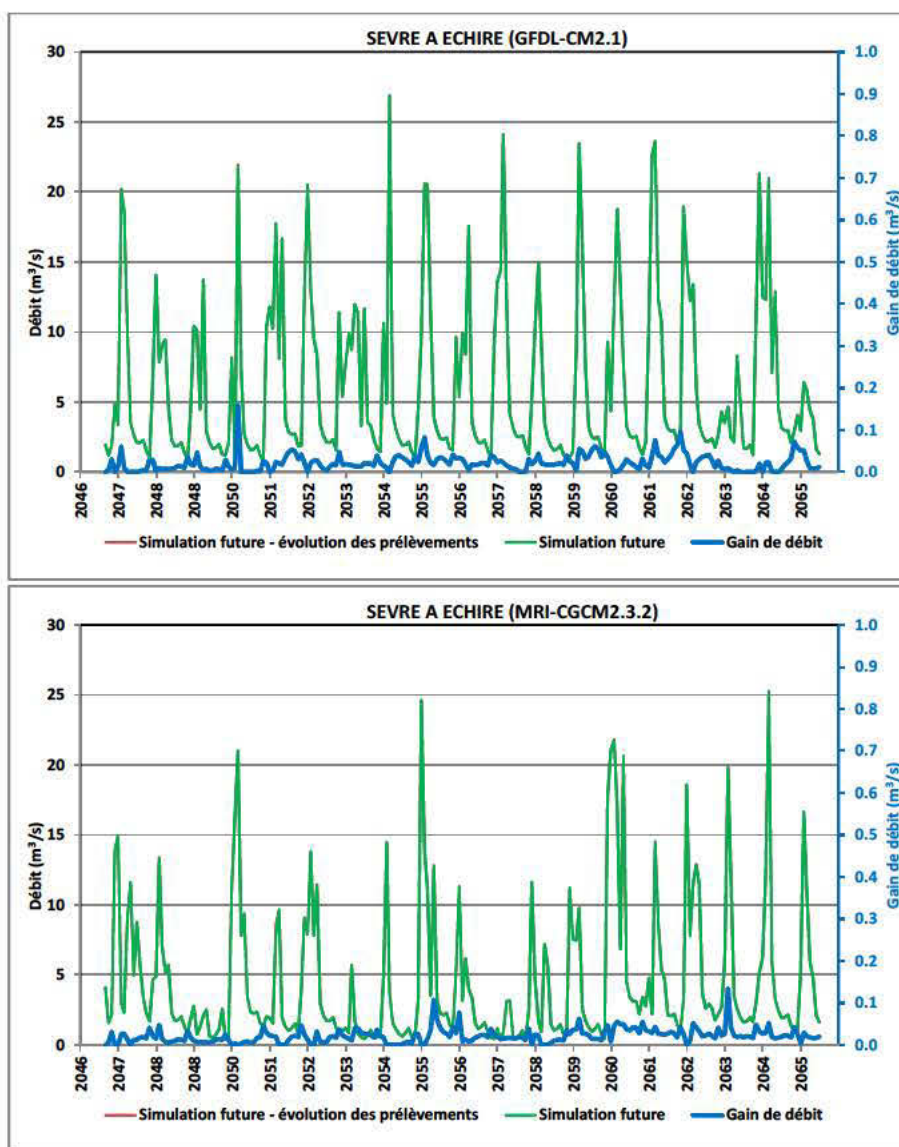


Illustration 57 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Sèvre à Echiré (simulations GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2)

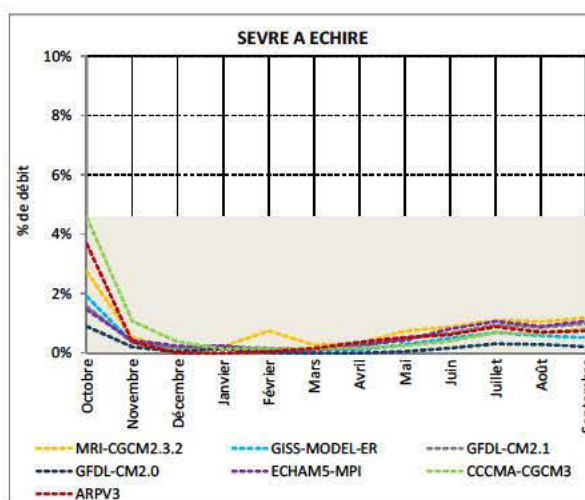


Illustration 58 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Sèvre à Echiré en relatif pour toutes les simulations

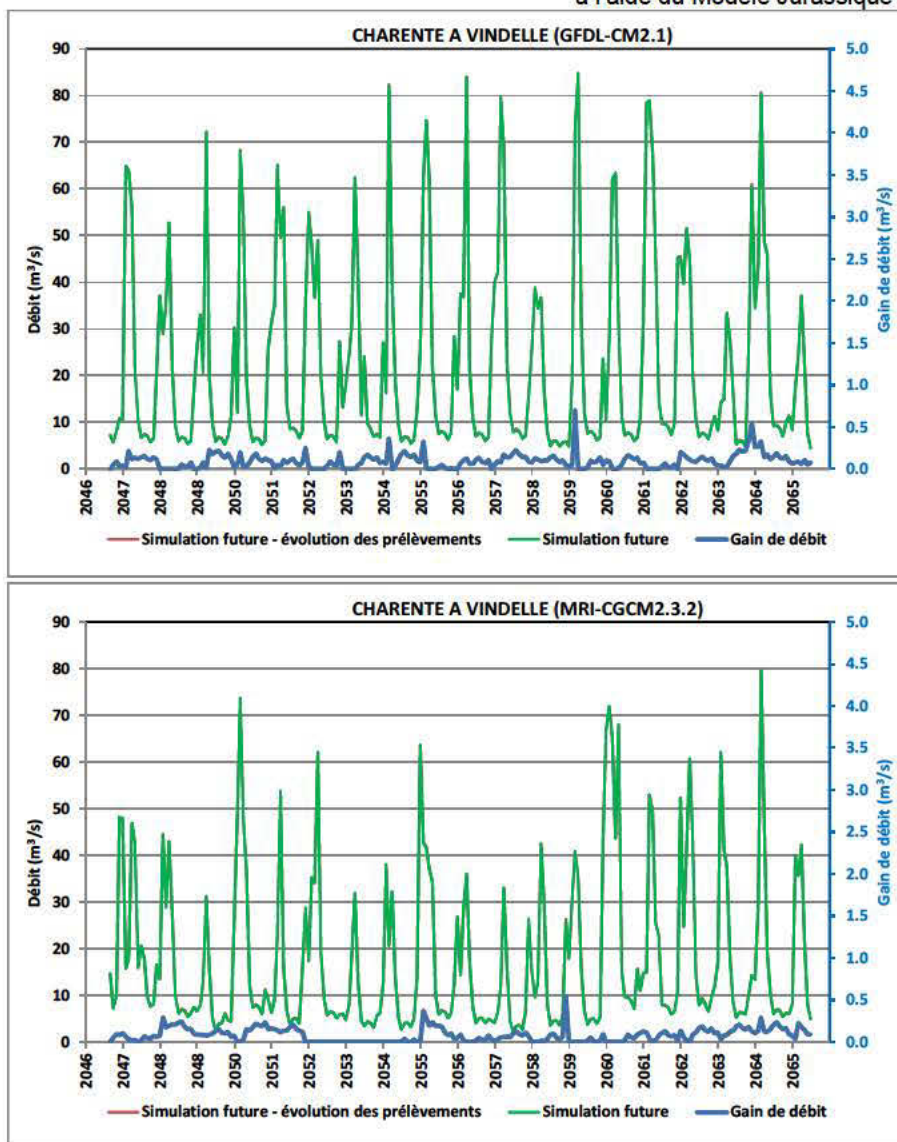


Illustration 59 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Charente à Vindelle (simulations GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2)

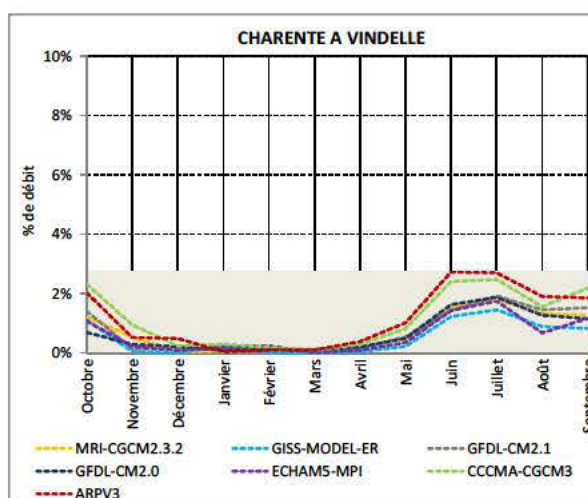


Illustration 60 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Charente à Vindelle en relatif pour toutes les simulations

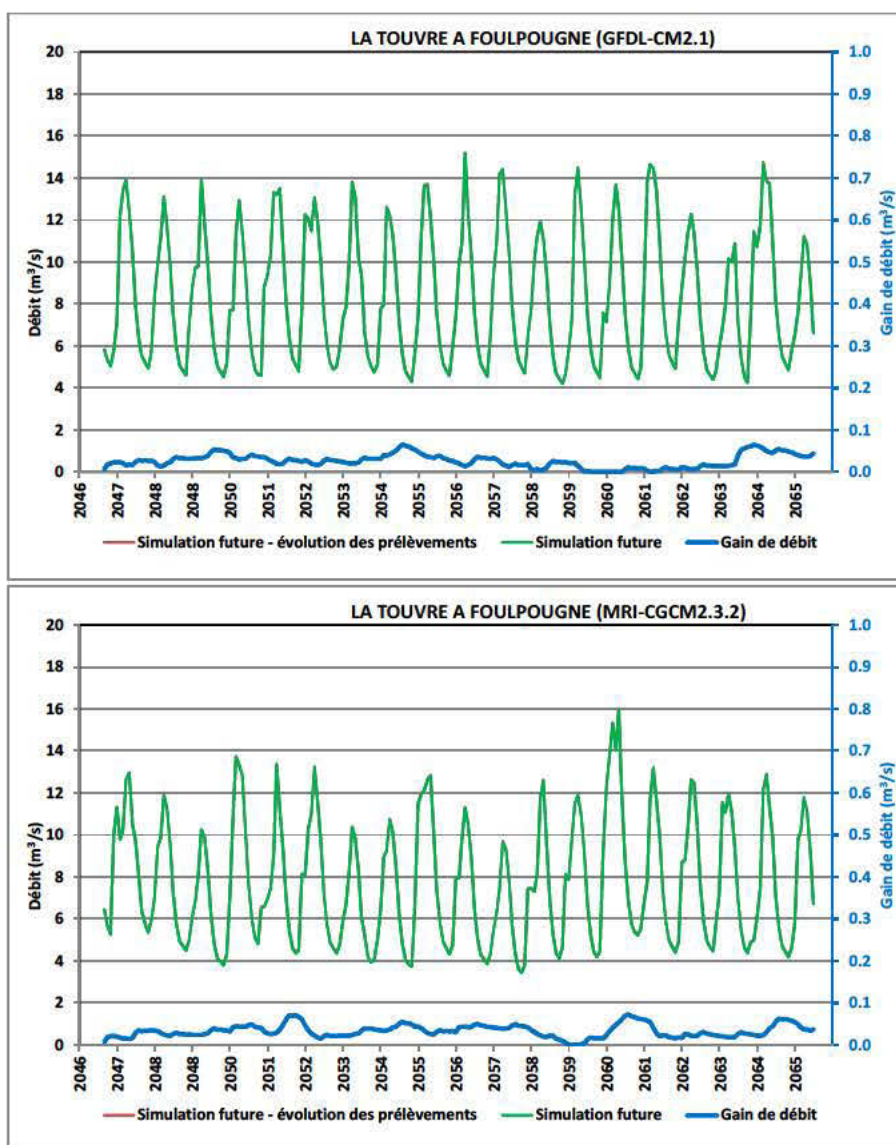


Illustration 61 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Touvre à Foulpougne (simulations GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2)

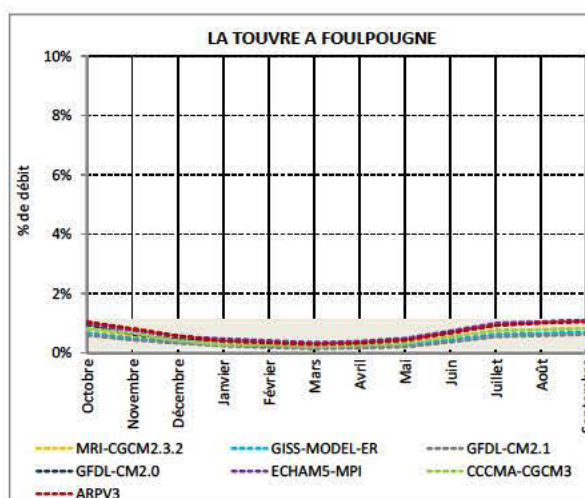


Illustration 62 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Touvre à Foulpougne en relatif pour toutes les simulations

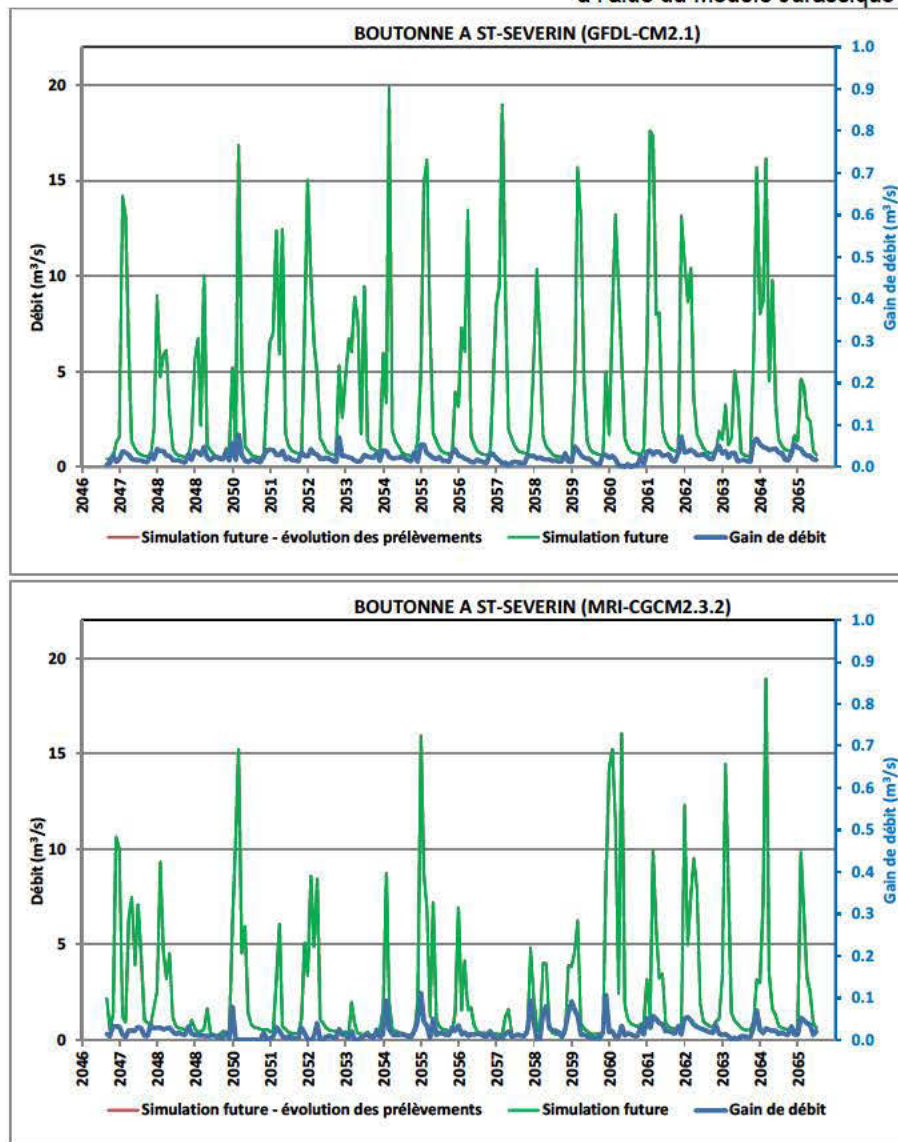


Illustration 63 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Boutonne à St-Séverin (simulations GFDL-CM2.1 et MRI-CGCM2.3.2)

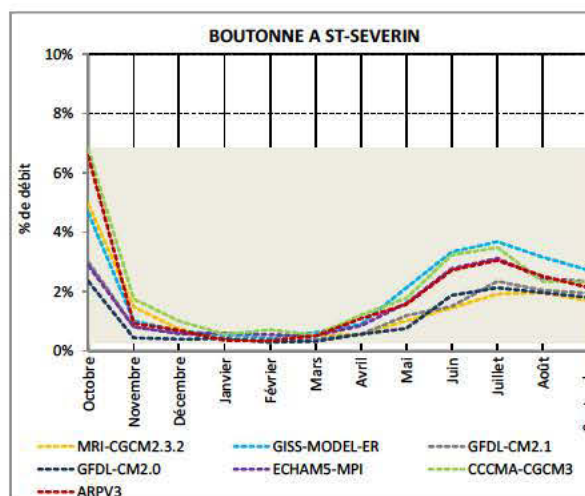


Illustration 64 : impact de l'évolution des prélèvements sur le débits de la Boutonne à St-Séverin en relatif pour toutes les simulations

6. Conclusion

Les résultats des simulations réalisées avec le modèle des nappes du Jurassique de Poitou-Charentes pour tester des scénarios de réchauffement climatique sur la période 2046-2065 montrent des situations assez différentes (en nappe comme en rivière) selon les bassins versants.

Sur les bassins versants à forte inertie, en particulier la Dive du Nord et les bassins voisins (Palu...) en nord Vienne, les débits de rivières devraient se trouver fortement impactés en hiver comme en été (même en supprimant toute irrigation).

L'impact serait légèrement moindre dans la partie centrale de la Région, de part et d'autres du seuil du Poitou, caractérisée par l'existence des nappes karstiques du Dogger et de l'Infra-Toarcien à inertie « moyenne ». Selon les scénarios simulés, on peut s'attendre à des débits plus faibles sur l'année, des débits d'étiages beaucoup plus sévères, et pour la simulation GFDL-CM2.1, des épisodes de crues plus importants en hiver. Dans ces secteurs, les prélèvements en nappe (et en rivière) sont importants et les politiques de réduction qui se mettent actuellement en place (retenues, modifications des assolements...) devraient en partie compenser l'impact du réchauffement climatique par rapport aux débits d'étiage. Certaines sources utilisées pour l'eau potable (Vivier à Niort par exemple), pourraient toutefois connaître des situations critiques encore plus importantes qu'actuellement.

Au niveau du Marais-Poitevin, les niveaux des nappes périphériques étant fortement marqués par les prélèvements, la réduction de ces derniers devrait améliorer nettement la situation des nappes en été. Ce qui est à craindre surtout, à en croire les résultats des simulations, ce sont les niveaux de nappes plus bas en hiver et surtout au printemps, ce qui réduirait les apports à la zone humide.

Enfin, le karst de la Touvre serait l'aquifère (et le cours d'eau) le moins impacté par l'évolution climatique. Toutefois, il convient de moduler ce constat issu des simulations, dans la mesure où les pertes des rivières Tardoire et Bandiat principalement contribuent en grande partie à l'alimentation de l'aquifère. L'introduction dans le modèle pour les simulations de chroniques de débits observés en 2006 peut donc fausser les résultats. Il en est de même pour les bassins impactés par les lâchers de barrage pour lesquels les

chroniques 2006 rentrées ne sont pas forcément significatives des situations hivernales et printanières futures.

Les simulations avec évolution des prélèvements fournie par le BIPE sont peu pertinentes du fait des faibles différences par rapport à la situation actuelle (2006) (en particulier agricole qui représentent presque 70% des prélèvements en Poitou-Charentes). Les simulations résultantes ne présentent donc pas de réelles variations avec les premières simulations réalisées avec les données de prélèvements 2006 et apportent donc peu à l'étude.

L'ensemble de ces simulations montrent que les résultats obtenus combinent à la fois l'impact du changement climatique, fonction de la typologie du bassin versant, et des facteurs anthropiques (prélèvements et lâchers de barrage) qui peuvent être plus facilement maîtrisables mais qui restent une grande inconnue pour la paramétrisation du modèle en ce qui concerne la période 2046-2065. De ce fait, les situations d'étiage pourraient être finalement plus facilement maîtrisées que les crues hivernales.

7. Bibliographie

DOUEZ O., BICHOT F., PETIT L. (2011) – *Contribution à la gestion quantitative des ressources en eau à l'aide du modèle Jurassique de Poitou-Charentes*. BRGM/RP-59288-FR, 411 p., 286 ill., 2 ann., 4 planches hors texte.

THIERY D. (1990) - *Logiciel MARTHE. Modélisation d'Aquifère par un maillage rectangulaire en régime transitoire pour un calcul hydrodynamique des écoulements - version 4.3*. Rapport BRGM R 32210 EAU 4S 90, 356 p.