

Livrable des projections hydrologiques

Problématique

Débits d'étiage et assecs des cours d'eau en amont des stations de rejet des eaux traitées

Chaire Eaux et Territoires

Dans le cadre de la thèse de doctorat de

Ronan Abhervé

Sous la direction de

Luc Aquilina, Jean-Raynald de Dreuzy, Stéphane Louaisil

Intégration du changement climatique dans la gestion de la ressource en eau : exemple du bassin rennais



1 Système approvisionnement en eau potable d'Eau du Bassin Rennais

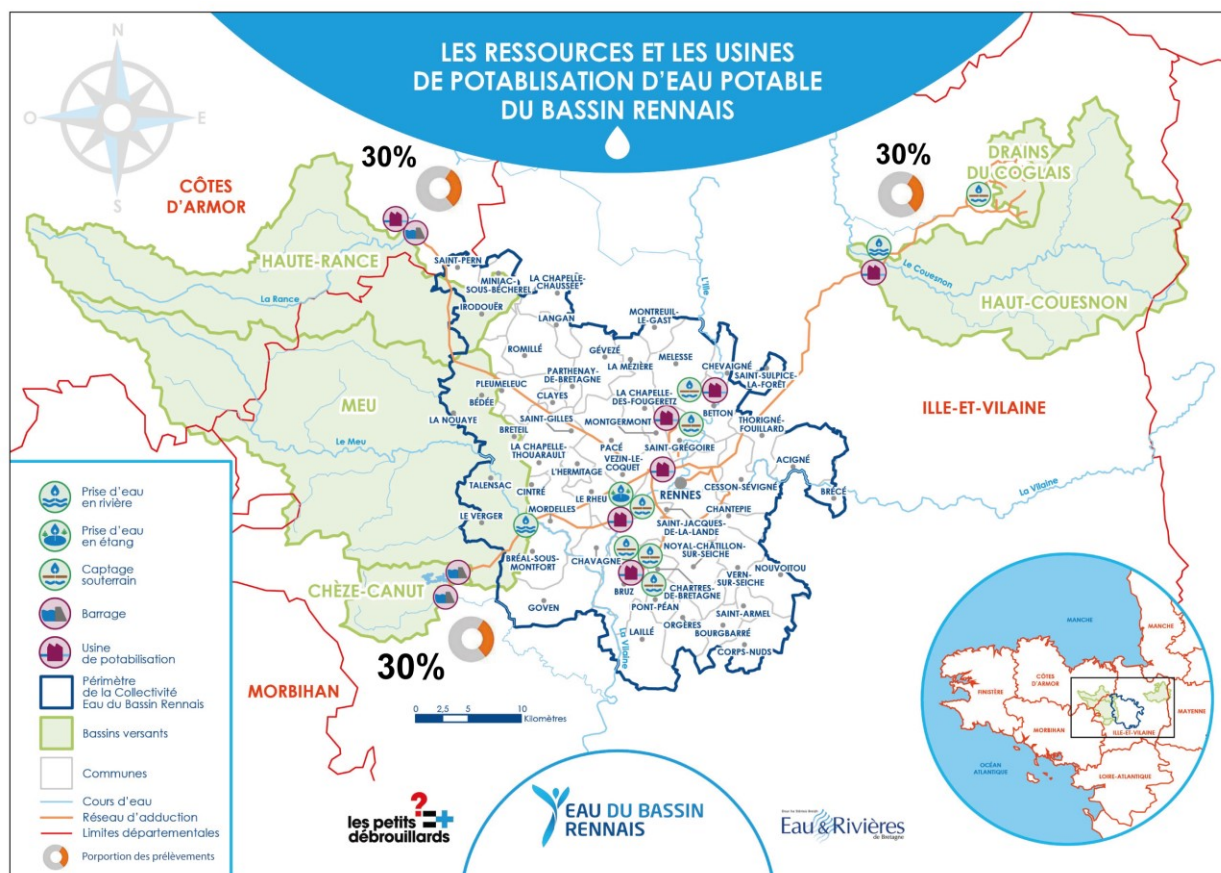


Figure 1. Système d'approvisionnement en eau potable du bassin rennais. Source : CEBR.

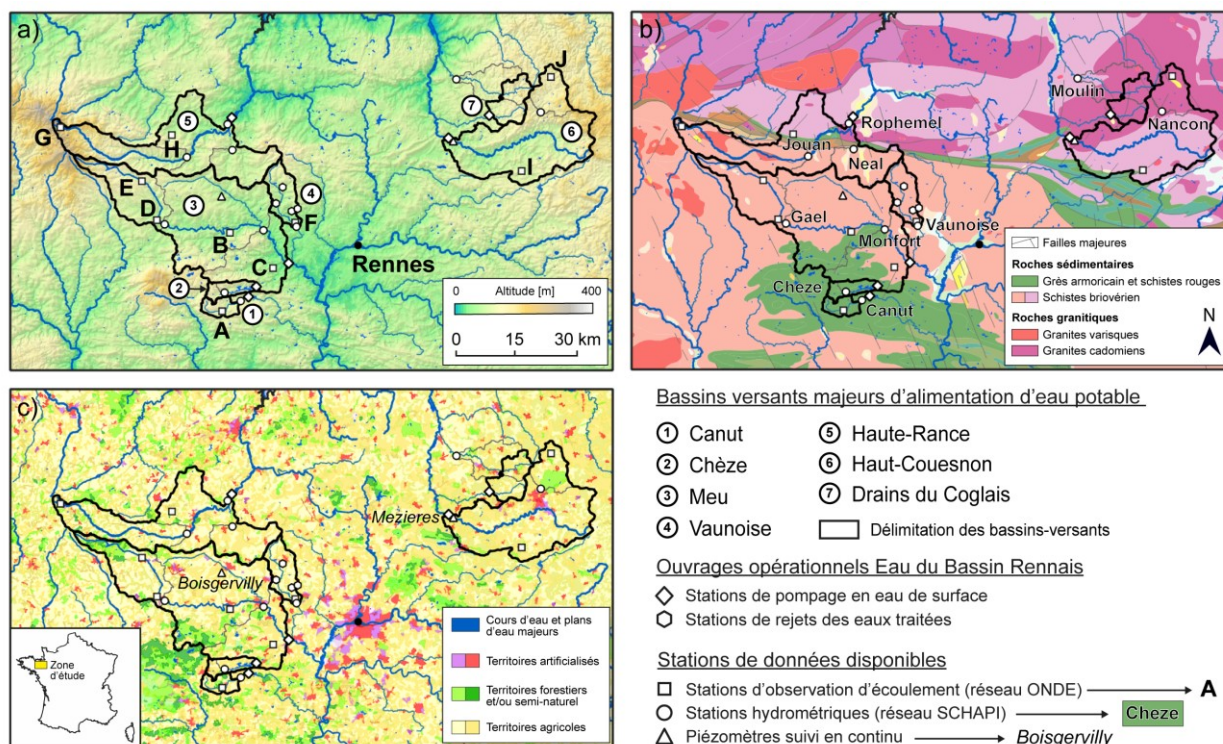


Figure 2. a) Topographie, b) lithologie (1 : 1 000 000), c) occupation du sol des aires d'alimentation en eau potable.

2 Démarche de modélisation et bassin versant modélisés pour EBR

Dans le cadre de la chaire Eaux et Territoires, 6 bassins-versants d'intérêts principaux pour l'approvisionnement en eau potable ont initialement été modélisés pour Eau du Bassin Rennais (Figure 2 et 3). Ils sont développés à partir de la topographie (données satellite) où l'on applique une épaisseur d'aquifère de 30 m, généralement retrouvée en Bretagne. Les modèles hydrogéologiques ont été calibrés à partir de données observées : débits des cours d'eau, observation de l'intermittence et cartes de réseau hydrographique (voir manuscrit de thèse Abhervé, 2022). En calant ces modèles, on optimise les propriétés hydrauliques du milieu souterrain : conductivité hydraulique K (capacité à laisser traverser l'eau) et la porosité θ (capacité de stockage). Nous travaillons avec des propriétés hydrauliques effectives, que l'on peut qualifier de « moyennes » à l'échelle du bassin versant. Ainsi, pour chaque bassin-versant, une valeur de K et de θ sont estimées. Les données climatiques intégrées aux modèles hydrogéologiques sont des valeurs de recharge, c'est-à-dire la quantité d'eau qui atteint la nappe d'eau souterraine. Ces données sont produites et fournies par Météo-France (Le Moigne et al., 2020), que ce soit pour l'historique ou pour les scénarios climatiques futurs.

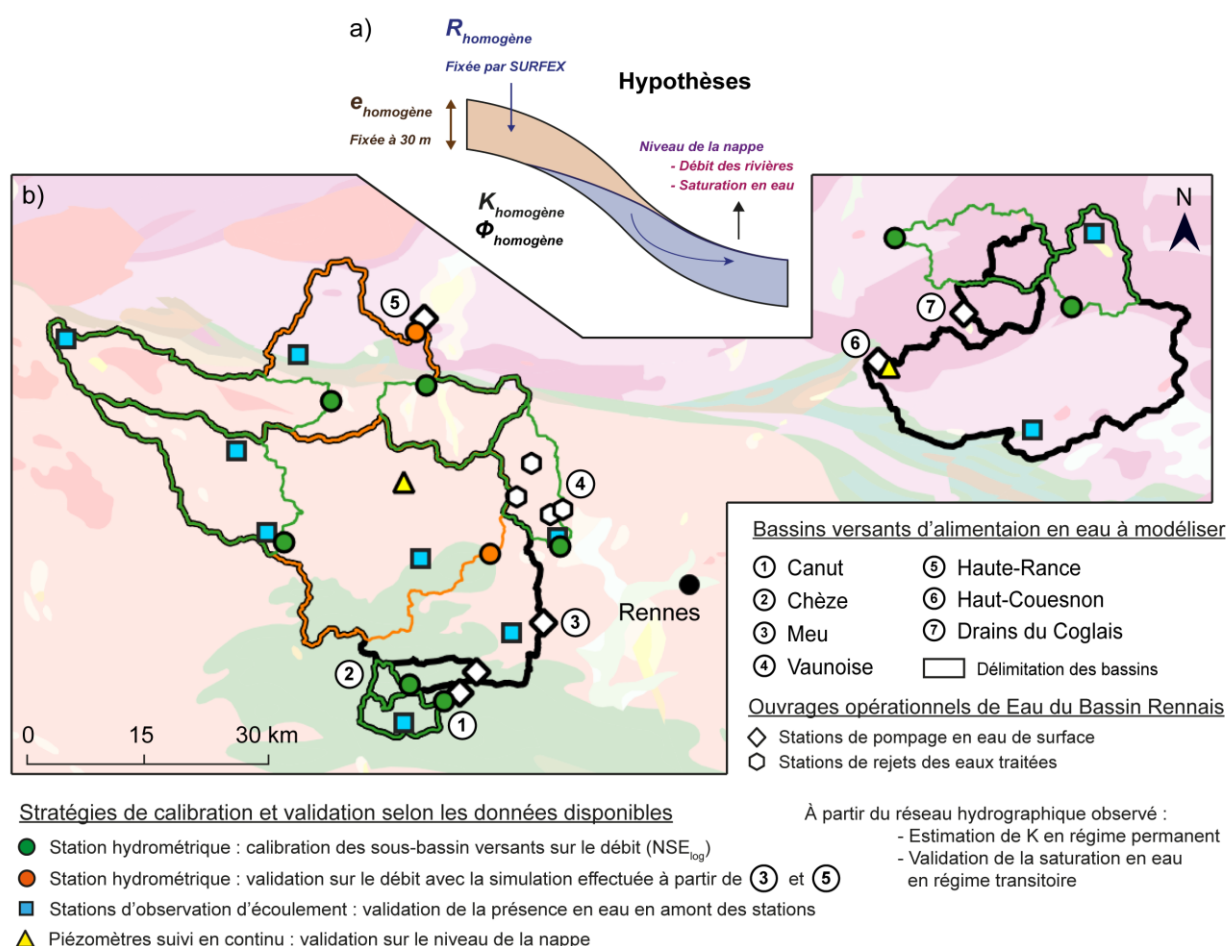


Figure 3. a) Hypothèses et schéma conceptuel du cas de modélisation de référence appliqué aux modèles. b) Données disponibles pour la calibration et la validation des modèles des 6 bassins-versants majeurs d'alimentation en eau potable (hors Vaunoise, bassin-versant ciblé pour les problématiques de Rennes Métropole).

3 Sous-bassins versants modélisés pour la problématique Rennes Métropole

Pour les bassins-versants ciblés par Rennes Métropole (Figure 4), nous avons pu appliquer la méthode de calibration à partir du réseau hydrographique (Figure 5), en régime permanent (modélisation à l'équilibre). Néanmoins, le manque de stations hydrométriques exploitables ne nous permet pas d'estimer la porosité. Etant donné que les propriétés hydrauliques de l'aquifère dépendent principalement de la lithologie, nous proposons d'extrapoler la porosité des bassins-versants déjà calés (bassins-versants Eau du Bassin Rennais de la Figure 2 et 3). À cette échelle, les sites d'études sont principalement composés de schistes (briovérien ou paléozoïques), où la capacité de stockage est relativement faible. De plus, on peut avancer que les sites relativement proches présentent des caractéristiques plutôt similaires : climat, topographie, occupation du sol. Afin de garder une certaine homogénéité entre les sites, une porosité de 0.2% a été appliquée pour chacun des bassins-versants modélisés.

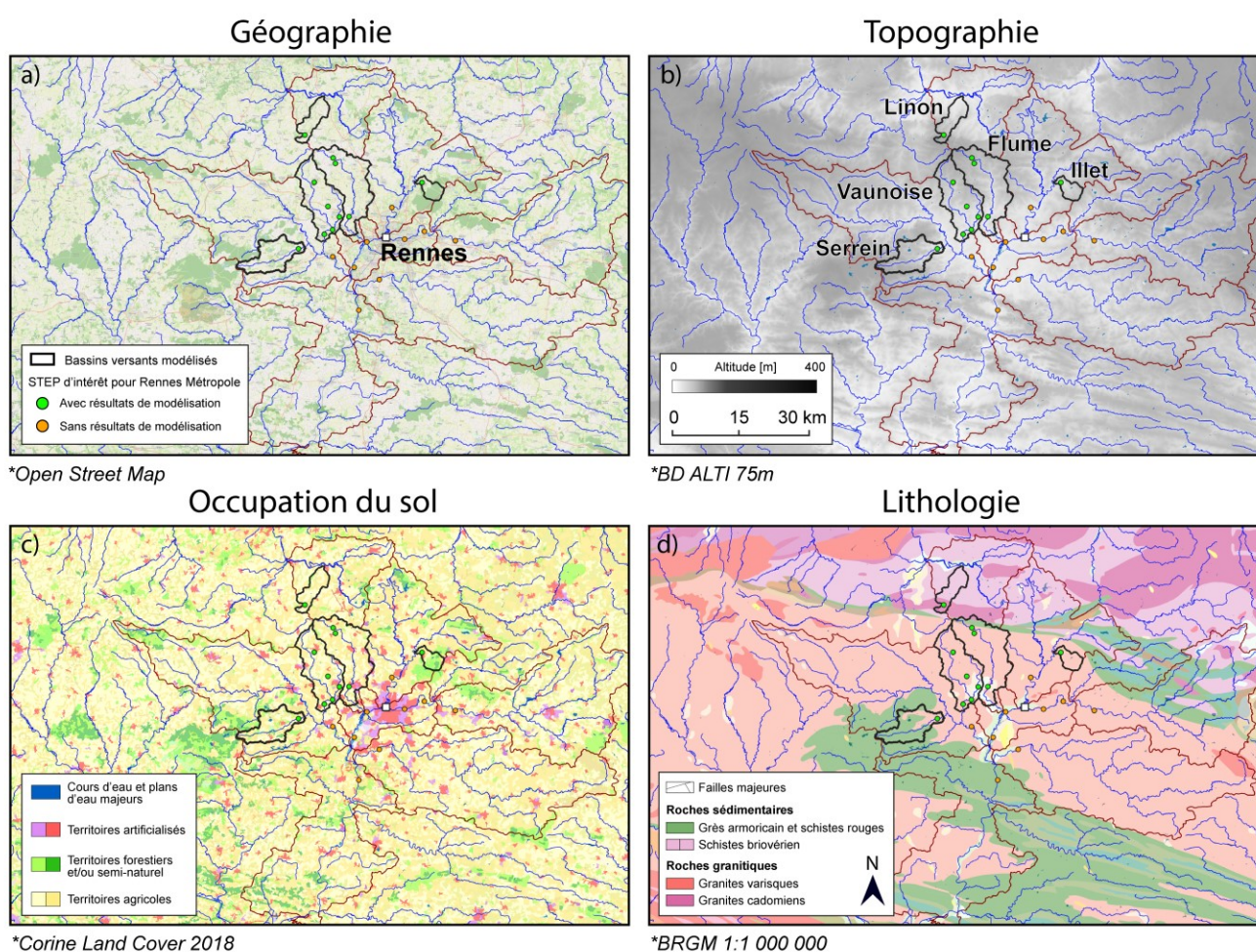


Figure 4. a) Géographie, b) topographie, c) occupation du sol, et d) lithologie des bassins-versants d'intérêts pour Rennes Métropole.

Dans le cadre de cette étude pour Rennes Métropole, seulement 5 bassins-versants ont pu être modélisés (Vaunoise, Flume, Linon, Illet, Serrein). Les autres bassins-versants d'intérêts n'ont pas été simulés pour 2 raisons majeurs :

- site trop influencé par les activités anthropiques en amont : urbanisation, pompages, barrages, etc.
- site avec une superficie trop importante ou cours d'eau majeur non adapté à notre démarche (Vilaine)

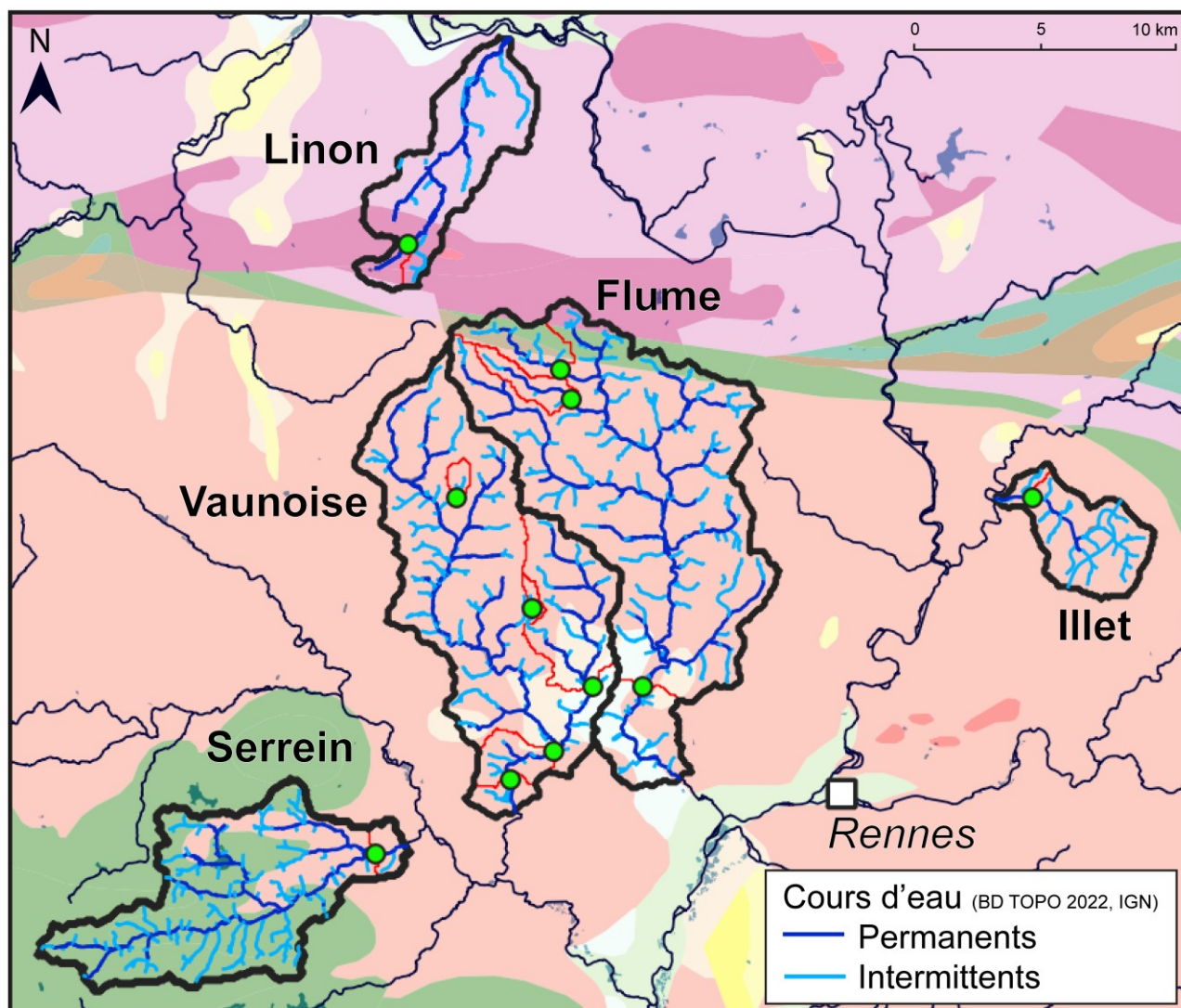


Figure 5. Zoom sur les bassins-versants modélisés et leur réseau de cours d'eau observé (permanent et intermittent).

4 Choix des projections climatiques utilisées dans cette étude

À l'échelle de la France, il existe 2 jeux de données de projections climatiques : DAYON-2015 (Dayon, 2015) et EXPLORE2-SIM2-2021 (Météo-France, 2021). Ces projections sont initialement issues de multiples modèles climatiques globaux, du projet CMIP5 (McSweeney et al., 2015), forcés par les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre construits par le GIEC (5^{ème} rapport, aujourd'hui le 6^{ème} est disponible (IPCC, 2021)), allant du RCP 2.6 (le plus optimiste) au RCP 8.5 (le plus pessimiste). Météo France a traité ces données et nous donne finalement accès à des projections hydroclimatiques, à l'échelle de la France (résolution de 8 x 8 km), de 1960 à 2100.

Tableau 1 Liste des projections climatiques disponibles à l'échelle de la France pour 2 ensembles multi-modèles : DAYON-2015 et EXPLORE2-SIM2-2021. Chaque projection climatique provient initialement d'un modèle climatique global (GCM (projet CMIP5) forcé par des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre construits par le GIEC, allant du RCP 2.6 (le plus optimiste) au RCP 8.5 (le plus pessimiste).

DAYON-2015					EXPLORE2-SIM2-2012						
Modèles (GCMs)	Labels	Historique 1960-2005	RCP2.6 2005-2100	RCP8.5 2005-2100	Institution	GCM	RCM	Scénarios	Périodes disponibles	Variables	Labels
ACCESS-3	ACC	1	-	1	CNRM	CNRM-CM5	ALADIN63	RCP8.5, RCP4.5, RCP2.6	1951-2100	9	CNR-ALA
BCC-CSM1-1-M	BCC	-	-	-	CLMcom	MPI-ESM	CCLM4-8-17	RCP8.5, RCP4.5, RCP2.6	1950-2100	7	MPI-CCL
BNU-ESM	BNU	-	-	-	ICTP	HadGEM2	RegCM4-6	RCP8.5, —, RCP2.6	1970-2099	7	HAD-REG
CAN-ESM2	CAN	3	3	3	SMHI	EC-EARTH	RCA4	RCP8.5, RCP4.5, RCP2.6	1970-2100	7	ECE-RCA
CNRM-CM5	CNR	1	1	-	IPSL	IPSL-CM5A	WRF381P	RCP8.5, RCP4.5, —	1951-2100	7	IPS-WRF
CSIRO-Mk3-6-0	CSI	1	-	1	GERICS	Nor-ESM1	REMO2015	RCP8.5, —, RCP2.6	1950-2100	7	NOR-R15
GFDL-CM3	GFD	-	-	-	CSC	MPI-ESM	REMO2009	RCP8.5, RCP4.5, RCP2.6	1970-2100	7	MPI-R09
IPSL-CM5A-MR	IPS	1	1	1	CLMcom	HadGEM2	CCLM4-8-17	RCP8.5, RCP4.5, —	1950-2099	7	HAD-CCL
MIROC5	MIR	3	-	3	KNMI	EC-EARTH	RACMO22E	RCP8.5, RCP4.5, RCP2.6	1950-2100	9	ECE-RAC
Nor-ESM1-M	NOR	1	1	1	SMHI	IPSL-CM5A	RCA4	RCP8.5, RCP4.5, —	1970-2100	7	IPS-RCA
Total	TOT	11	6	10	KNMI	CNRM-CM5	RACMO22E	RCP8.5, RCP4.5, RCP2.6	1950-2100	9	CNR-RCA
					DMI	Nor-ESM1	HIRHAM5 v3	RCP8.5, RCP4.5, —	1951-2100	7	NOR-HIR

Sans entrer dans les détails, déjà décrits dans le manuscrit de thèse (Abhervé, 2022), bien que les modèles s'accordent sur l'évolution de la température, la variabilité est extrêmement importante pour les précipitations. Généralement, les projections de DAYON-2015 sont plus pessimistes que les projections EXPLORE2-SIM2-2021. Bien que pour ces 2 ensembles, la baisse des débits lors de la période estivale est bien représentée, les projections EXPLORE2-SIM2-2021 affichent des précipitations plus importantes en hiver (voir excessives selon certains climatologues). Il faut noter que l'évolution des précipitations est particulièrement difficile à projeter en France (et encore plus en Bretagne), située dans une zone de transition majeure simulée par les modèles climatiques : tendance à l'augmentation des précipitations au nord de l'Europe (pays scandinaves) et à la baisse au sud (bassin méditerranéen). Pour cette étude, nous retenons 3 modèles de DAYON-2015 et 3 modèles d'EXPLORE2-SIM2-2021, pour le scénario RCP 2.6 et le RCP 8.5 (Figure 6).

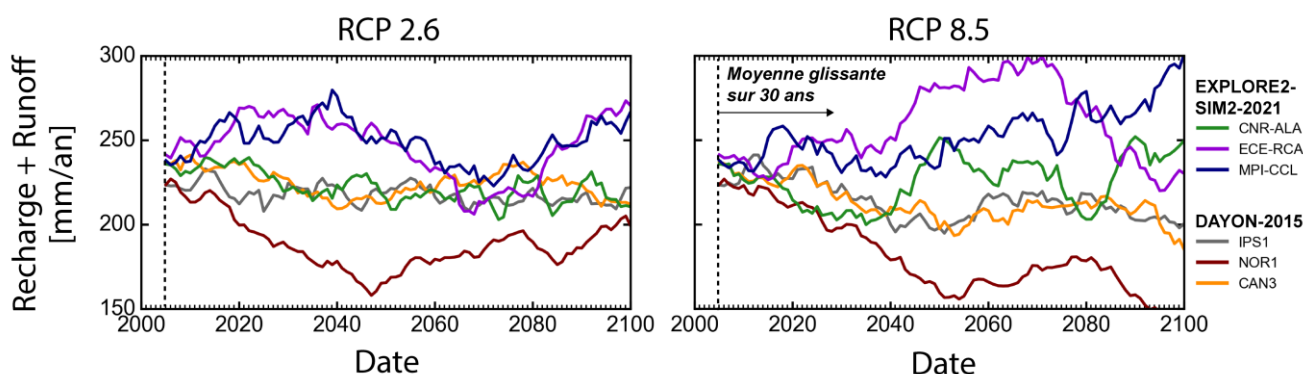


Figure 6 Evolution de la quantité de l'eau annuelle (moyenne glissante sur 30 ans) potentiellement disponible (recharge + ruissellement de surface), à l'échelle du bassin rennais, pour les projections climatiques sectionnées.

5 Projections hydrologiques en amont des stations d'épuration

Un format de planche de résultats prospectifs est proposé ci-dessous pour chaque bassin-versant. Cette planche a été conçue et organisée de manière à décrire les résultats issus des simulations hydrogéologiques et d'intérêts majeurs pour la problématique. Voici les quelques notes explicatives du contenu de la planche :

- En tête et pied de page

Nom du bassin versant et de la zone modélisée. Logos des partenaires et parties prenantes du projet. Un encart avertit sur l'utilisation de ces résultats, en raison des incertitudes associées.

- Paramètres des simulations

Paramétrisation du modèle hydrogéologique, projections utilisées en forçage d'entrée, et options des simulations.

- Débits annuels

Moyenne glissante sur 5 ans, de 1975 à 2100, des statistiques calculées sur l'ensemble des simulations, pour les débits annuels simulés.

- Distribution des débits

Graphique en boîte affichant les statistiques des débits simulés pour 4 périodes de 30 ans : « historique » de 1980 à 2010, « actuelle » de 2010 à 2040, « futur proche » de 2040 à 2070 et « futur lointain » de 2070 à 2100.

- QMNA

Les périodes de retour des débits (Q) mensuel (M) minimal (N) de chaque année civile (A) sont calculées de 1980 à 2010 pour la période historique, et comparés aux périodes 2025-2050, 2050-2075, 2075-2100, pour les 2 scénarios RCP. Le QMNA5 représente le débit mensuel minimal ayant la probabilité 1/5 de ne pas être dépassé une année donnée (période de retour de 5 ans). Ce débit statistique informe sur la sévérité de l'étiage. Il est spécifiquement utilisé pour les problématiques de rejet d'eaux traitées et de prélèvement en eau en fonction de la sensibilité des milieux concernés.

- Réseau hydrographique

L'évolution du réseau hydrographique futur par rapport à la période historique est représentée par différentes couleurs. Les résultats sont présentés pour chaque mois de l'année et pour la simulation issue du modèle climatique « IPS1 », forcé par le scénario RCP8.5 (période 2030-2070).

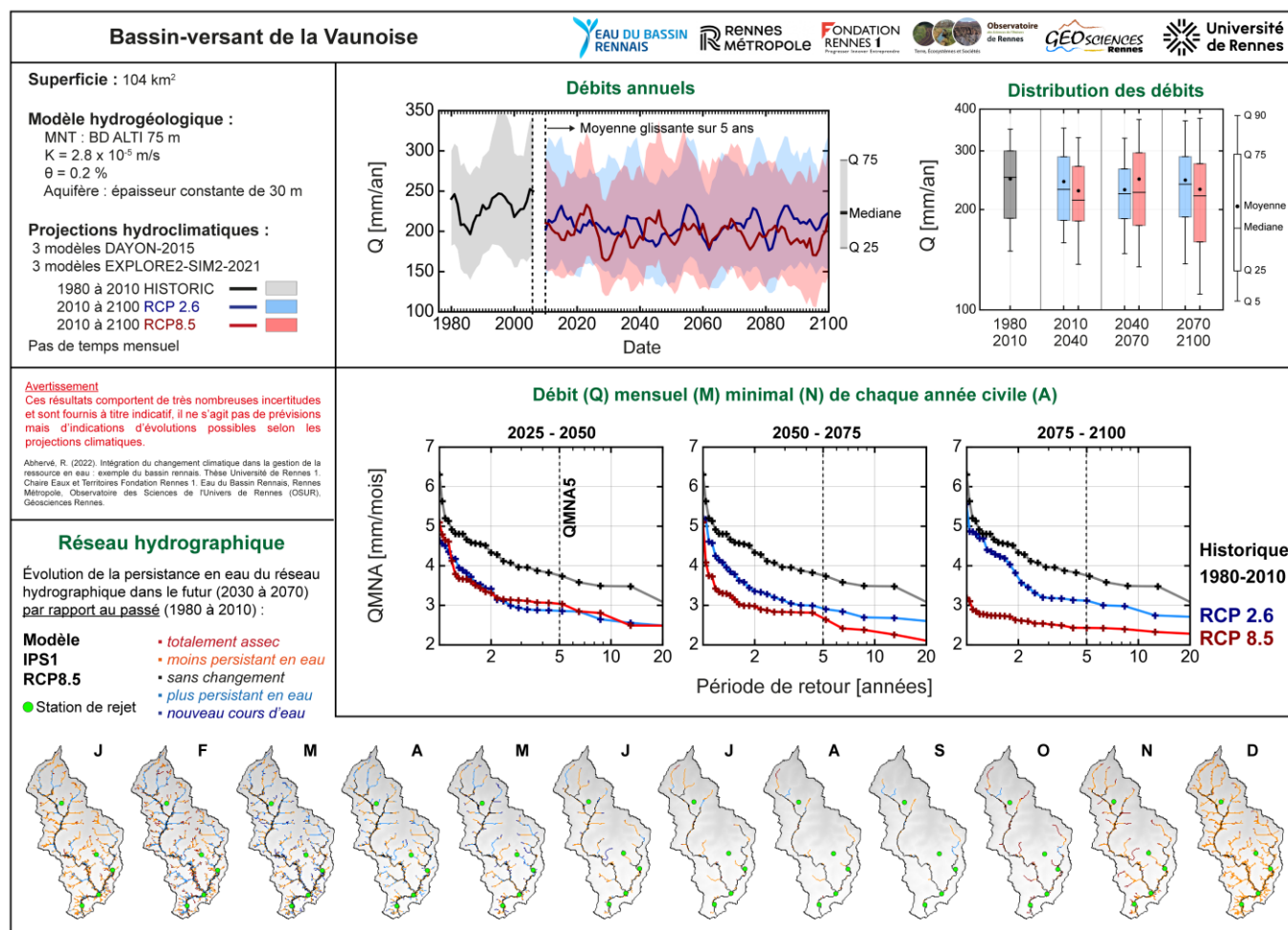


Figure 7. Planche des résultats de simulations du modèle hydrogéologique projetant l'évolution des débits et du réseau hydrographique sous l'effet de conditions climatiques futures, pour le bassin-versant de la Vaunoise.

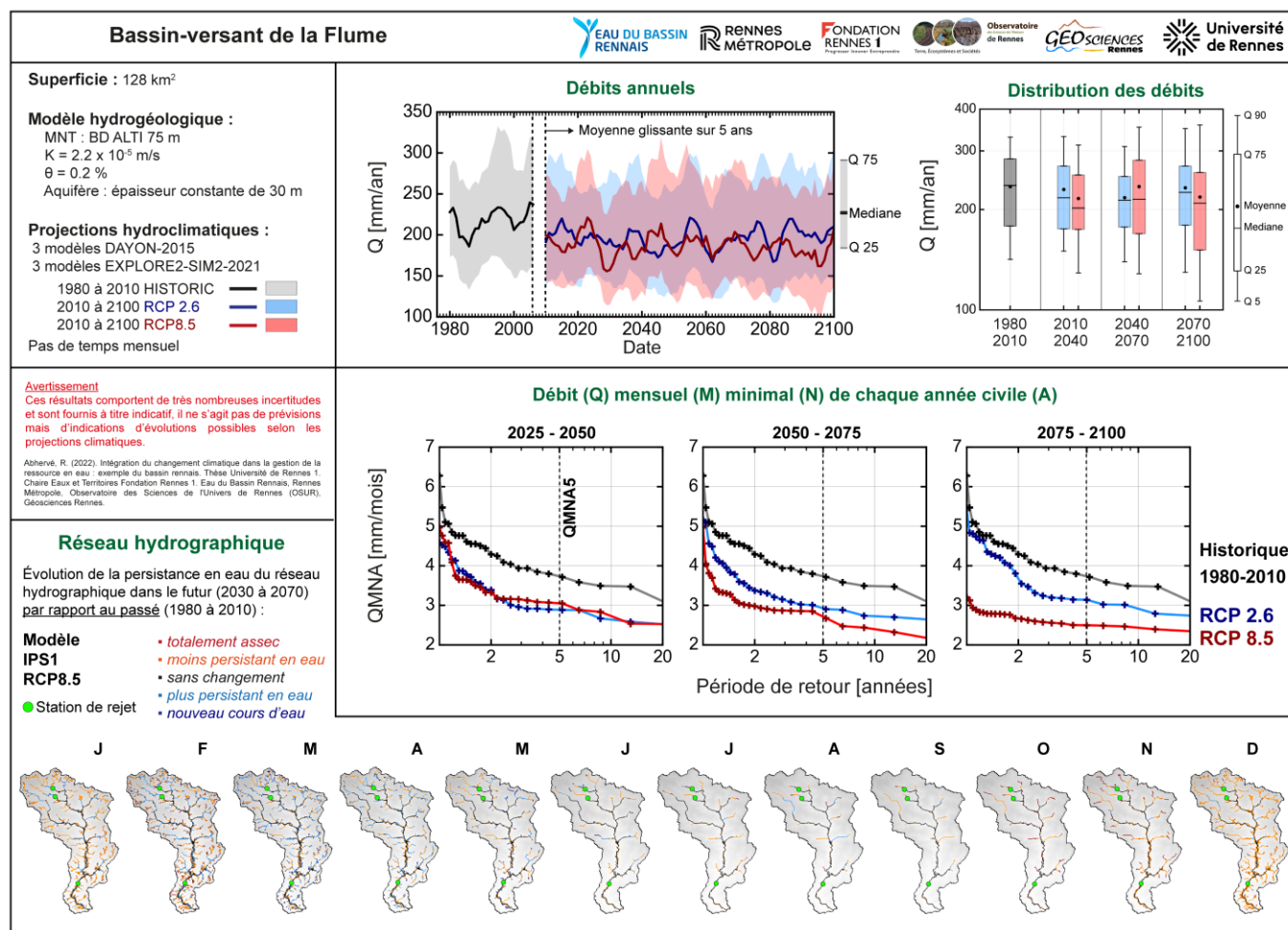


Figure 8. Planche des résultats de simulations du modèle hydrogéologique projetant l'évolution des débits et du réseau hydrographique sous l'effet de conditions climatiques futures, pour le bassin-versant de la Flume.

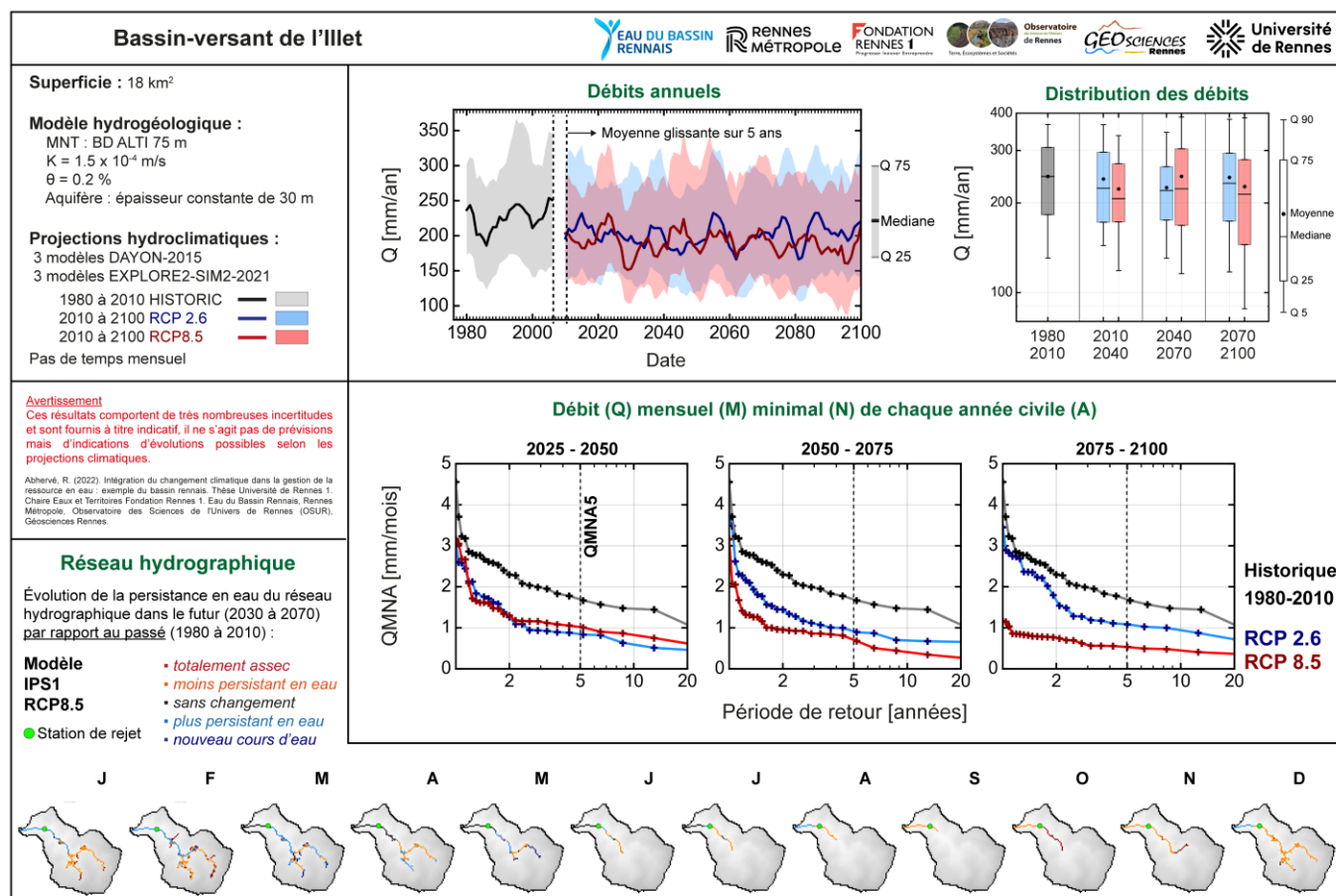


Figure 9. Planche des résultats de simulations du modèle hydrogéologique projetant l'évolution des débits et du réseau hydrographique sous l'effet de conditions climatiques futures, pour le bassin-versant de l'Illet.

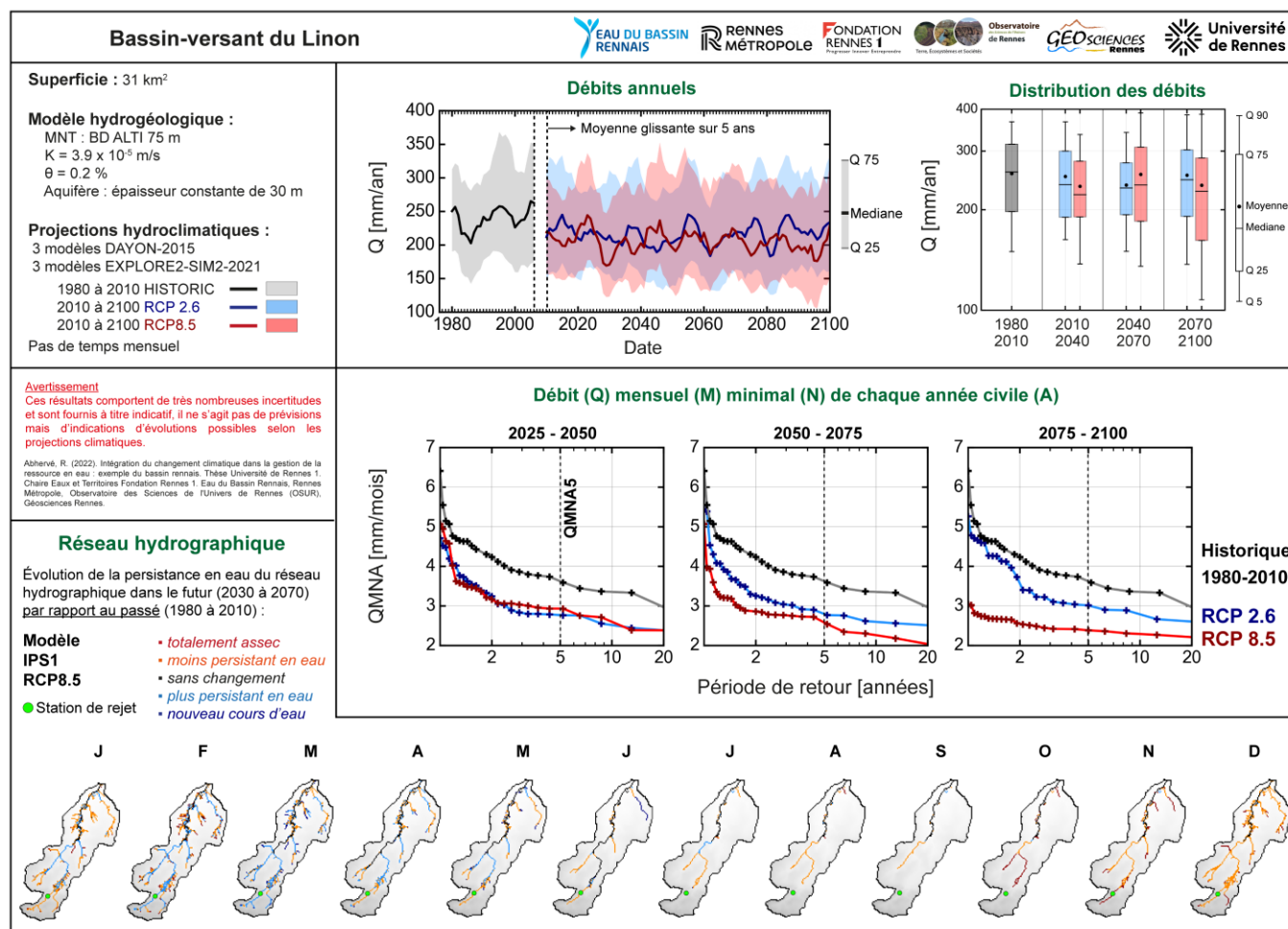


Figure 10. Planche des résultats de simulations du modèle hydrogéologique projetant l'évolution des débits et du réseau hydrographique sous l'effet de conditions climatiques futures, pour le bassin-versant du Linon.

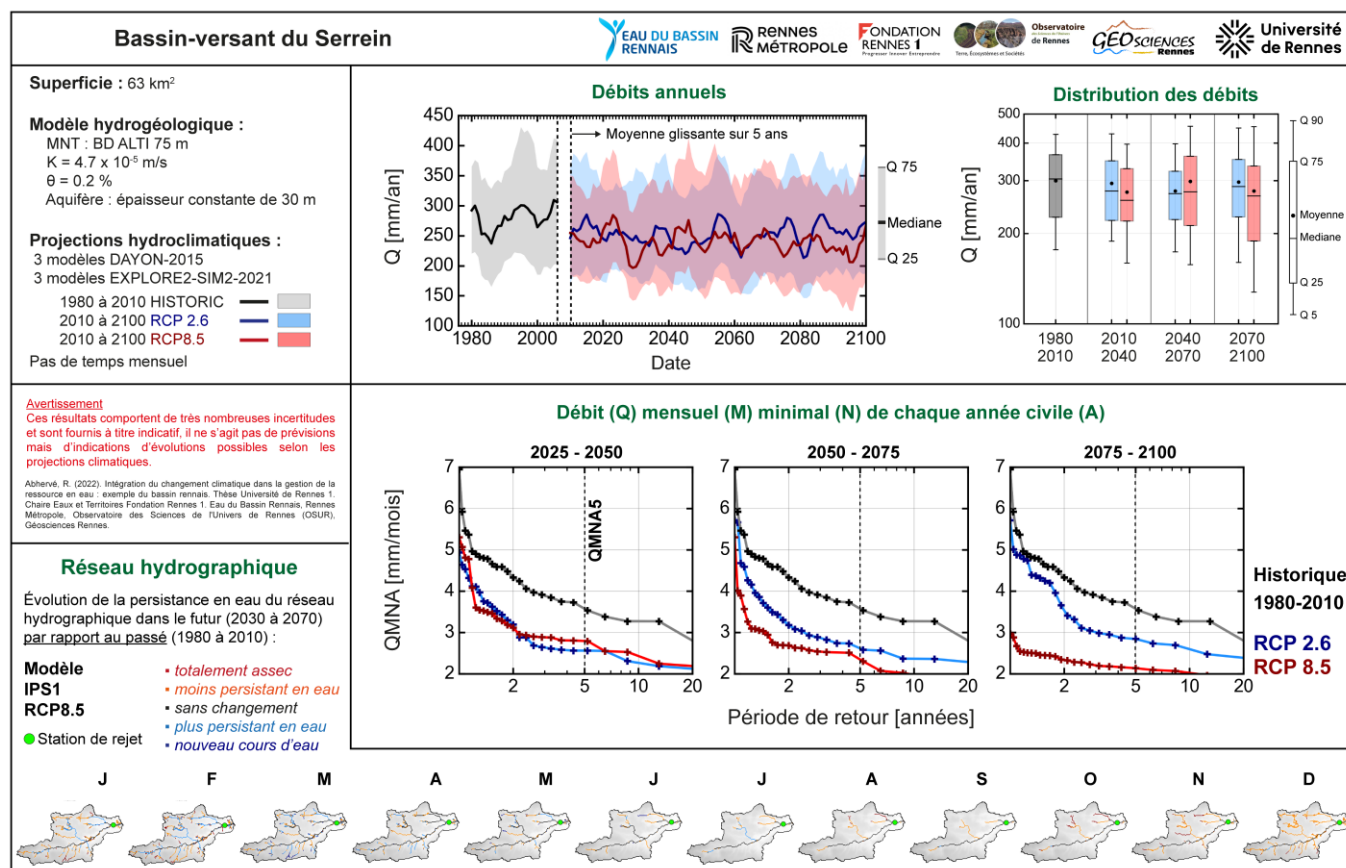


Figure 11. Planche des résultats de simulations du modèle hydrogéologique projetant l'évolution des débits et du réseau hydrographique sous l'effet de conditions climatiques futures, pour le bassin-versant du Serrein.

6 Références

- Abhervé, R., (2022). Intégration du changement climatique dans la gestion de la ressource en eau : exemple du bassin rennais. Thèse Université de Rennes 1. Chaire Eaux et Territoires Fondation Rennes 1. Eau du Bassin Rennais, Rennes Métropole, Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes (OSUR), Géosciences Rennes.
- Dayon, G. (2015). *Evolution du cycle hydrologique continental en France au cours des prochaines décennies*. Université de Toulouse. Thèse.
- IPCC. (2021). Climate Change 2021 The Physical Science Basis Summary for Policymakers Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*.
- Le Moigne, P., Besson, F., Martin, E., Boé, J., Decharme, B., Etchevers, P., Faroux, S., Habets, F., Lafaysse, M., Leroux, D., & Rousset-Regimbeau, F. (2020). The Latest Improvements in SURFEX v8.0 of the Safran-Isba-Modcou Hydrometeorological Model over France. *Geoscientific Model Development Discussions*, 1–32. <https://doi.org/10.5194/gmd-2020-31>
- McSweeney, C. F., Jones, R. G., Lee, R. W., & Rowell, D. P. (2015). Selecting CMIP5 GCMs for downscaling over multiple regions. *Climate Dynamics*, 44(11–12), 3237–3260. <https://doi.org/10.1007/s00382-014-2418-8>
- Météo-France. (2021). *Les nouvelles projections climatiques de référence DRIAS 2020 pour la métropole*. <http://www.drias-climat.fr/>