Impact des changements climatiques sur la ressource en eau dans trois grands bassins versants du Centre et de l'Ouest de l'Algérie

A. Hadour[(1)], G. Mahé[(2)], M. Meddi[(3)]

[(1)]Doctorant à l'université de Montpellier et à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH).
Email : ali.hadour@etu.umontpellier.fr.
[(2)]G. Mahé, Directeur de recherche à UMR HydroSciences Montpellier / IRD, France.
[(3)]M. Meddi, Professeur à l'école Nationale Supérieure de l'hydraulique (ENSH), Algérie.

Résumé : L'objet de cette étude est la détermination de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau au Nord-Ouest de l'Algérie, particulièrement sur ses trois grands bassins hydrographiques qui sont le Chéllif, la Tafna et la Macta. Ceci par l'utilisation du modèle hydrologique GR2M et les données des scénarios climatiques issues du modèle CNRM-CM5. En termes d'évolutions observées, les débits mensuels ont accusé une baisse notable entre 1970-1999. Ceci est principalement dû à la diminution des précipitations combinées à l'augmentation de l'ETP, ce qui a causée par la hausse des températures. Selon les projections des scénarios RCP8.5 et RCP4.5, la diminution des débits hivernaux va se poursuivre dans le futur. Pour le printemps, le RCP8.5 prévoit une hausse modérée, par contre le RCP 4.5 annonce une tendance à la baisse.
Mots clefs : Chéllif, Tafna, Macta, GR2M, CNRM-CM5, RCP8.5, RCP4.5.

1. Introduction

L'Algérie, et en particulier sa partie occidentale, a connu plusieurs sécheresses durant les années 40 et 70 jusqu'à nos jours [5]. Celle enregistrée après 1975 est caractérisée par son ampleur spatiale, son intensité et par son impact majeur et sensible sur la ressource en eau [4]. Cette situation a entrainé une dégradation de la ressource en eau et l'accentuation des problèmes liés à sa gestion (invasion marine, pollution, érosion des terres, modification des régimes hydrologiques….).

L'impact des changements climatiques sur les ressources en eau a fait l'objet de nombreux travaux à travers le monde pour pouvoir mettre en place des scénarios de gestion de ces ressources [1, 7]. Dans cette étude on examinera la sensibilité de la ressource en eau aux paramètres climatiques dans trois bassins versant du Nord-Ouest de l'Algérie.

2. Matériels et Méthodes

2.1 Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude, située dans le Nord-Ouest de l'Algérie, entre 33° 91' et 36° 58' de latitude et –2° 30' et 3°30' de longitude, s'étend sur une superficie de 68 532 km^2. Elle regroupe trois grands bassins versants, à savoir le bassin du Chéllif, de la Tafna et de la Macta.

2.2 Données utilisées

Les données pluviométriques utilisées dans cette étude proviennent de deux sources différentes à savoir : la banque SIEREM (Système d'information environnementale sur les ressources en eau et leur modélisation) de l'UMR HydroSciences Montpellier, et les mesures des stations pluviométriques de l'Agence nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH).

Tableau 1 : Nom et coordonnées des stations pluviométriques

Nom de la station	Coordonnées (degré)		Période de mesure	
	Latitude	Longitude	Début	Fin
Béni ouassine	34.864	-1.682	1953	2010
Khemis	34.652	-1.533	1936	2010

Doud Youb	34.914	-0.261	1936	2010
Bouchouiki	35.118	0.108	1936	2010
Derrag	35.908	2.389	1936	2010
Zoubiria Mongorno	36.115	2.85	1936	2010
Sidi Hossni	35.471	1.52	1936	2010
Domaine Sidi Lakhdar	35.985	0.682	1936	2010
Ain El Hadid	35.057	0.885	1936	2010
Beni Bahdel	34.667	-1.496	1941	2010
Col. Bougara	35.667	1.972	1936	2010
S.A Ben Youb	34.974	-0.734	1936	2010
Sidi Medjahed	36.274	2.110	1936	2010

Les données de températures mensuelles sont issues du Climatic Research Unit CRU (WWW.CRU.UAE.AC.UK).

Tableau 2 : Noms et coordonnées des stations

Nom	Latitude	Longitude
Oran	35.6	-0.6
Maghnia	34.8	-1.8
El_Bayath	33.7	1
Chlef	36.2	1.3

L'évapotranspiration potentielle (ETP) qui sera utilisée dans le modèle hydrologique a été estimée par la méthode de Thornthwaite [8].

Les données hydrométriques proviennent de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH).

Tableau 3 : caractéristiques des stations hydrométriques

bassin versant	Station	Localisation (degré)		Mise en service	S (Km^2)
		Latitude	Longitude		
Tafna	Chouly RN7	34.86	-1.13	1941	170
Macta	El-Haciabia	34.69	-0.75	1962	955
Chéllif	Ammi-Moussa	35.86	1.12	1958	1890
	Sidi AEK Djillali	35.47	0.59	1969	470
	Old Ben AEK	36	1.29	1965	1225

2.3 Méthodes

Le modèle GR2M (modèle du Génie Rural à 2 paramètres Mensuel) est un modèle pluie-débit global. Ce modèle a connu plusieurs versions, ici on présente celle de [2] qui paraît la plus robuste pour le territoire Algérien.

Le critère de Nash sur les racines des débits a été le critère de qualité retenue dans cette étude [6].

$$Nash = 100 * \left[1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(\sqrt{Q_0} - \sqrt{Q_c}\right)^2}{\sum_{i=1}^{N}\left(\sqrt{Q_0} - \sqrt{Q_M}\right)^2}\right)\right]$$

Avec :

Q_0 : Débit observé

Q_c : Débit simulé par le modèle.

Q_M : Moyenne des débits observés.

N : Le nombre d'observation.

Après calage et validation du modèle GR2M sur la période de référence (1970-1999), nous allons procéder aux estimations des débits mensuels aux horizons 2039, 2069 et 2099.

La comparaison entre les sorties des différents modèles [3] montre que, le CNRM-CM5 présente la plus faible augmentation de température et la plus faible diminution de précipitation pour la fin de 21e siècle. Donc, on étudiera la situation la plus optimiste en termes de projections.

3. Résultats et Discussion

La validation sur les périodes [1976-1990], [1964-1986] et [1983-1996] respectivement pour le bassin de Haciabia, Chouly et Sidi Djillali donne un critère de Nash au voisinage de 60%, traduisant une qualité moyenne du modèle à reproduire la réalité hydrologique. En revanche, la dynamique générale des écoulements sur les bassins d'Ami Moussa et Ouled Ben AEK est assez bien reproduite, avec un critère de Nash du 73.6% et 75.8% respectivement.

Evaluation des changements de précipitations projetée pour le futur.

Pour l'évaluation des changements projetés pour le futur dans les différents bassins, on a opté pour la formule suivante :

$$\Delta i = (F_i - R_i)/R_i) * 100$$

Δi : Changement des précipitations ou de températures projetés pour l'horizon i.

F_i : La moyenne de précipitation (ou de températures) pour le mois (ou la saison) i calculé sur la période future.

R_i : La moyenne mensuelle (ou saisonnière) calculée sur la période de référence 1970-1999.

En utilisant le scénario RCP 8.5, le modèle prévoit une baisse moyenne de l'ordre de 22%, 18% et 37% pour les pluies hivernales durant le 1er, 2éme et 3éme horizon. Pair ailleurs, les pluies printanières vont augmenter de 5.8%, 10.5% et 18% dans les trois prochain horizons respectivement.

En autre, le scénario RCP4.5 entrevoit une baisse de la pluviométrie hivernale de 27.2%, 28.6 % et 36.4 % en moyenne, pour les trois prochain horizons futurs. Les pluies printanières connaîtrons une baisse notable estimée en moyenne à 76.4%, 66.2% et 57% durant le 1er, 2éme et 3éme horizon respectivement.

Concernant la pluviométrie saisonnière de l'été et d'automne, on constate que les deux scénarios donnent des pluies surestimées en comparaison avec celle de la période de référence.

Evaluation des changements de température projetée pour le futur

Le modèle CNRM-CM5 prévoit pour tous les bassins du nord-ouest de l'Algérie une augmentation de la température moyenne saisonnière de 0.5 °C en moyenne pour le 1er horizon et de 2 °C pour le 2éme horizon, un réchauffement de 3 à 4 °C est prévu pour la fin de 21 siècle. Par contre, le scénario 4.5, prévoit une augmentation de la température moyenne saisonnière de 1.3 °C pour le 1er horizon et de 2.3 °C pour le 2éme horizon, un réchauffement de 3 °C est prévu pour la fin de 21 siècle.

Evaluation de l'ETP projetée pour le futur

Le changement futur estimé pour l'ETP moyenne saisonnière on utilisant les températures futures projetées par le modèle CNRM-CM5 montre une augmentation de 6 mm au cours de 1er horizon et une hausse de 25 mm en moyenne pour le 2éme horizon, la fin de 21émé siècle sera marquée par un accroissement de 35 mm.

Prévision et analyse des débits futurs

La prévision future des débits est faite, en se basant sur les pluies futures projetées par CNRM-CM5 avec les deux scénarios d'émission 8.5 et 4.5, et l'ETP calculée pour le futur en utilisant les températures issues du modèle climatique CNRM-CM5.

Le RCP8.5 prévoit une diminution des débits moyens de l'hiver de 33 % en moyenne pour le 1er horizon, le bassin de Chouly enregistre la plus grande baisse estimée à 62.62 %. Par contre la baisse la moins marquée se manifeste sur le bassin de Haciabia. La baisse se stabilise durant le 2éme horizon avec un taux de 31 % en moyenne, ensuite elle va s'accentuer à la fin de 21éme siècle et touchera les 50 % en moyenne sur l'ensemble des bassins avec un maximum de 76.6 % sur le bassin de Chouly et un minimum de 20 % sur le bassin de Haciabia. Pendant, la saison de printemps les débits vont augmenter de 14 % pour le 1er horizon, de 35 % sur le 2émé horizon et une hausse de 50 % est prévue pour la fin de 21éme siècle.

La réalité hydrologique modélisée ne correspond guère à la réalité hydrologique observée en automne et en été, du moment que, le modèle CNRM-CM5 surestime les pluies estivales et d'automne relativement

aux valeurs de la période de référence sur laquelle le calage est fait.

Selon le scénario RCP 4.5, les écarts entre la moyenne des différents horizons futurs et celle de la période de référence montrent une grande baisse des débits d'hiver pour le 1er horizon pour tous les bassins, avec un taux de la baisse estimer en moyenne à 50 %, dont le maximum se manifeste sur le bassin de Chouly a 65 %. Un minimum de 28 % est enregistré dans le bassin de Sidi Djillali. De même, pour le 2éme horizon la baisse augmente et atteint les 52 % en moyenne sur tous les bassins, le bassin de Chouly connaitra le plus grande hausse des débits a un taux de 76.77 %, et le bassin de Sidi Djillali connaitra la plus petite baisse avec un taux de 38.46 %. Pour la fin de 21éme siècle, la baisse s'aggravera est touchera les 60 % en moyenne sur l'ensemble des bassins. Une hausse de 77 % et 40 % est constatée respectivement sur le bassin de Chouly et Ammi Moussa. Le 1er horizon de la saison de printemps sera marqué par une baisse notable estimée en moyenne à 80%, quoiqu'elle dépasse les 90 % sur le bassin de Chouly et varie autour de 37 % sur le bassin de Sidi Djillali. Pour le 2éme et le 3éme horizon, la baisse diminue légèrement, mais elle reste toujours considérable en comparant à la moyenne de la période de référence qui varie entre 50 et 60 % en moyenne sur l'ensemble des bassins.

Conclusion

Les prévisions utilisant le scénario RCP 8.5 prévoit un décalage de la saison des pluies de l'hiver au printemps, dont il estime une baisse des débits hivernaux et une légère augmentation des débits printaniers. Le bilan nous donne une baisse semestrielle de 19%. Une telle situation impacte grandement le calendrier agricole. Par contre, le scénario RCP 4.5 préserve la distribution temporelle des pluies. Il estime une baisse des pluies de l'hiver et une accentuation de cette baisse durant le printemps. Pour une telle situation future, la ressource en eau deviendra rare. Cela entrainera des problèmes majeurs en termes de satisfaction de la demande (urbaine, industrielle et agricole).

REFERENACES Bibliographique

[1] García-Ruiz, J. M., López-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., Lasanta–Martínez, T., & Beguería, S. (2011). Mediterranean water resources in a global changescenario. Earth-Science Reviews, 105(3-4), 121-139.

[2] Kabouya Hadj-noui, Messaouda. (1990). Modelisation pluie-debit aux pas de temps mensuel et annuel en algerie septentrionale (Doctoral dissertation, Paris.

[3] Panitz, H.J., Schubert-Frisius, M., Meier-Fleischer, K., Lenzen, P., Legutke, S., Keuler, K., Luethi, D., Lettenbauer, A. and Dosio, A., 2013, April. CORDEX climate simulations for Africa using COSMO-CLM (CCLM). In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 15).

[4] Meddi, M., & Hubert, Pierre. (2003). Impact de la modification du régime pluviométrique sur les ressources en eau du Nord-Ouest de l'Algérie. *IAHS publication*, 229-235.

[5] Meddi, H., & Meddi, M. (2007). Variabilité spatiale et temporelle des précipitations du Nord-Ouest de l'Algérie. *Géographia technica*, *2*, 49-55.

[6] Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part IA discussion of principles. *Journal of hydrology*, *10*(3), 282-290.

[7] Singla, S. (2009). Impact du changement climatique global sur les régimes hydroclimatiques au Maroc: tendances, ruptures et effets anthropiques sur les écoulements.

[8] Thornthwaite, C. W., & Mather, J. R. (1951). The role of evapotranspiration in climate. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Serie B, 3(1), 16-39.