



**HAL**  
open science

## Projections hydro climatiques dans la province oléicole de Jaén (Andalousie)

Thomas Pinna, Ludovic Oudin, Josyane Ronchail, Marianne Cohen, Sophie Bastin, Hervé Le Treut

► **To cite this version:**

Thomas Pinna, Ludovic Oudin, Josyane Ronchail, Marianne Cohen, Sophie Bastin, et al.. Projections hydro climatiques dans la province oléicole de Jaén (Andalousie). AIC 2019 - XXXIIème Colloque International de l'AIC: Le Changement Climatique, la Variabilité et les Risques Climatiques, May 2019, Thessaloniki, Grèce. pp.39-44. hal-03748701

**HAL Id: hal-03748701**

<https://cnrs.hal.science/hal-03748701v1>

Submitted on 10 Aug 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## PROJECTIONS HYDROCLIMATIQUES DANS LA PROVINCE OLEICOLE DE JAEN (ANDALOUSIE)

**PINNA T. (1), OUDIN L. (1), RONCHAIL J. (23), COHEN M. (3), BASTIN S. (4) et LE TREUT H. (5)**

(1) Sorbonne Université, UPMC, UMR Metis, 4 place Jussieu, Paris, France, thomas.pinna@upmc.fr

(2) Université Paris Diderot, UMR LOCEAN, 4 Place Jussieu, Paris, France

(3) Sorbonne Université, UMR ENeC, 28 rue Serpente, Paris, France

(4) UVSQ Université Paris Saclay, Sorbonne Université, LATMOS/IPSL, CNRS, Guyancourt, France

(5) Sorbonne Université, UMR LMD, 4 Place Jussieu, Paris, France

**Résumé :** Cette étude a pour objectif de quantifier l'impact du changement climatique sur les ressources en eau de la province de Jaén (Andalousie), où 80 % de l'huile d'olive espagnole est produite en partie dans les verges irrigués par des eaux de surface. L'évolution des pluies et des températures est évaluée entre une période historique et future en se basant sur 6 projections climatiques régionales. Les projections climatiques indiquent une augmentation de la température de 1,4°C et une réduction des précipitations de 10% à l'horizon 2050. Ces projections climatiques sont ensuite utilisées en entrées d'un modèle hydrologique afin d'avoir une première estimation des débits futurs. En Andalousie, la simulation des débits représente un défi méthodologique compte-tenu de l'extrême artificialisation des réseaux hydrographiques et des prélèvements en eau destinés à l'irrigation. Les résultats obtenus suggèrent une diminution moyenne des débits de 21 % (principalement observés en hiver) et un allongement de la saison sèche.

**Mots clés:** Impact du changement climatique, modélisation hydrologique, oléiculture, Espagne.

**Summary:** This study aims to quantify the climate change impact on water resources in Jaén province (Andalusia) where 80% of the Spanish olive oil is produced in orchard that are partially irrigated, using surface water resources. The evolution of rainfall and temperature is assessed between historical and future period based on 6 climate projections. The projected climatic conditions show a 1.4°C temperature increase and a 10% rainfall reduction by 2050. The projected climatic variables are then used as inputs of a hydrologic model in order to get a preliminary future flows estimation. In Andalusia, flow simulation represents a methodological challenge given the intense anthropogenic modifications of hydrographic network and water abstraction for irrigation. The results suggest a 21% decrease in flow (mainly observed in winter) and a dry season extension.

**Keywords:** Climate change, hydrological modeling, olive groves, Spain

### Introduction

L'Espagne est le premier producteur mondial d'olive, en 2017 elle a produit plus de 30 % de la production mondiale (FAO Statistics Division, 2018). Ces oliveraies sont principalement localisées en Andalousie et plus précisément dans la province de Jaén (Figure 1) où plus de 90% des surfaces agricoles de cette province sont dédiées à l'oléiculture (Rodríguez-Cohard et al., 2018), en grande partie irriguée (42 % selon Rodríguez Díaz et al., 2007). L'économie rurale de cette province, située dans la haute vallée du bassin versant du Guadalquivir, dépend donc fortement de la production oléicole.

Les scénarios de changement climatique les plus couramment utilisés prévoient, en zone Méditerranéenne, une hausse des températures, une diminution des précipitations ainsi qu'une augmentation des événements extrêmes (entre autres : Giorgi and Lionello, 2008). En réponse aux diminutions des précipitations qui s'observent depuis quelques décennies, -18% entre 1955 et 2009 dans la province de Jaén selon Cohen et al., (2014), le recours à l'irrigation par goutte à goutte a fortement augmenté et les ressources en eau, particulièrement celles de surface (81%

du volume d'eau destiné à l'irrigation par goutte à goutte), subissent une pression croissante (Rodríguez Díaz et al., 2007).

De nombreuses études ont montré que les rendements oléicoles étaient fortement impactés par la variabilité climatique (Cohen et al., 2014; Moriondo et al., 2015; Ronchail et al., 2014). Il est donc nécessaire d'évaluer les impacts du changement climatique sur l'oléiculture et d'apporter aux acteurs de la filière oléicole des éléments leur permettant d'élaborer des stratégies d'adaptation en termes de gestion de la ressource en eau et de pratiques agricoles.

Dans cette première étude, nous nous sommes principalement concentrés sur la quantification du changement climatique et de son impact sur les ressources en eau de surface à travers une démarche de modélisation hydrologique.

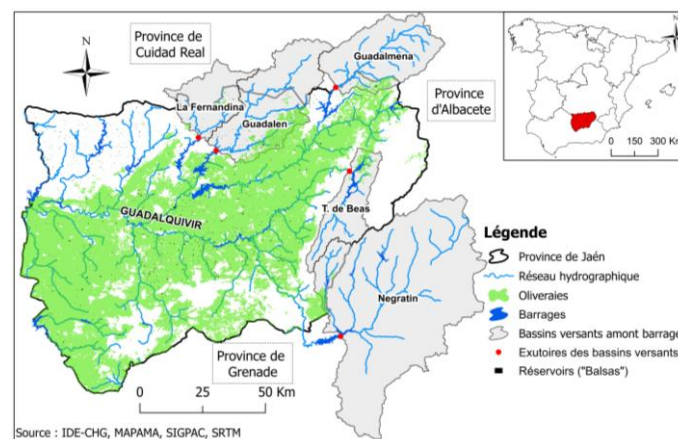


Figure 1. Oliveraies, réseau hydrographique et gestion des ressources en eau de la province de Jaén. La gestion des grands ouvrages (barrages) est réalisée par la confédération hydrographique du Guadalquivir alors que la gestion des réservoirs (« balsas ») est réalisée à une échelle plus locale de communautés d'irrigants.

## 1. Données et Méthodes

### 1.1 Données climatiques

Les données climatiques historiques proviennent des réanalyses MESAN1 (Landelius T. et al., 2016). Ce système d'analyse de variables atmosphériques journalières s'étend de 1989 à 2010 et présente une résolution spatiale de 5 km de côté ( $0.05^\circ$ ). Ce produit est issu du downscaling du modèle de prévision HIRLAM2 et de données observées de température et de précipitation provenant de stations automatiques. De récentes études (Raimonet et al., 2017) ont montré que les réanalyses MESAN semblent être de bonne qualité et utilisable pour corriger les biais des sorties des modèles climatiques régionaux aussi bien à l'échelle de la France qu'à l'échelle Européenne.

Le climat de la Province de Jaén, de type méditerranéen, est caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. La répartition spatiale des précipitations et des températures moyennes annuelles de Jaén est présentée en Figure 2 pour la période 1989-2010, durant laquelle la pluviométrie annuelle et la température moyenne annuelle étaient respectivement de 573 mm/an (soit 1,57 mm/jour) et  $16,2^\circ\text{C}$ . Cette province présente une forte hétérogénéité topographique, avec une zone de plaine dans la partie centrale et un relief assez

<sup>1</sup>MESoscale ANalysis

<sup>2</sup>HIgh Resolution Limited Area Model

marqué aux extrémités (Sud et Est). Ces zones montagneuses sont caractérisées par des pluies plus intenses et des températures plus fraîches (chaîne bétique).

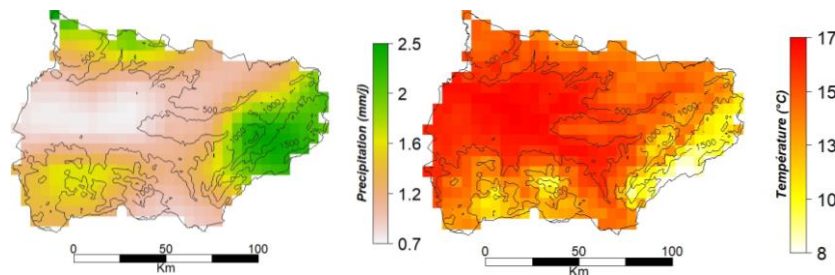


Figure 2. Moyennes journalières des précipitations et températures de la province de Jaén pour la période 1989-2010 (données MESAN). Les courbes de niveau topographique sont représentées en noir.

## 1.2 Projections climatiques

La complexité du terrain de la zone d'étude avec une orographie marquée nous a conduits à sélectionner des simulations à haute résolution (11km) issues du projet EURO-CORDEX, permettant de mieux représenter le relief et donc l'hétérogénéité spatiale de la zone d'étude. Afin de conserver une certaine cohérence avec les données historiques utilisées, les projections sélectionnées ont subi un ajustement du biais en utilisant les réanalyses MESAN comme référence. Les six projections prospectives et rétrospectives utilisées sont issues de cinq modèles climatiques régionaux forcés par deux modèles globaux (périodes 1951-2005 et 2006-2100). Le scénario prospectif d'émissions de gaz à effet de serre retenu pour les projections est le RCP 8.5, compte tenu de la poursuite actuelle des émissions de gaz à effet de serre.

## 1.3 Données hydrologiques

Les données de débit sont issues du site du CEDEX3, organisme public dépendant du ministère MAPAMA4. Ces données sont au pas de temps journalier et exprimées en  $m^3.s^{-1}$ . Sur ce même site sont disponibles des données concernant les barrages tels que les réserves ( $Hm^3$ ) et les sorties ( $m^3.s^{-1}$ ) journalières. L'ensemble de ces données est géoréférencé et intégré dans des bases de données géographiques.

## 1.4 Modélisation hydrologique

La simulation des débits a été effectuée avec le modèle GR2M (Mouelhi, 2003) qui est un modèle mensuel, conceptuel et global. La structure de ce modèle (Figure 3) est composée d'une fonction de neutralisation de la pluie par l'évapotranspiration potentielle, de deux réservoirs (production et routage) et possède deux paramètres « libres » à optimiser lors de la phase de calage : la capacité du réservoir de production (X1, exprimé en mm) et le coefficient d'échanges souterrains (X2). Le réservoir de production traduit la capacité de rétention du système et donc les conditions d'humidité du bassin tandis que le réservoir de routage représente le transfert dynamique du débit dans le système. La phase de calage du modèle consiste à déterminer les valeurs optimales des paramètres X1 et X2 permettant de maximiser les performances du modèle. Cette procédure d'optimisation se réalise à partir d'une fonction-objectif, dans cette étude nous avons choisi d'utiliser le critère de Kling and Gupta Efficiency (KGE) proposé par Gupta et al. (2009).

Afin de quantifier l'impact du changement climatique sur les débits des cours d'eau, nous avons utilisé une méthode de modélisation consistant à caler le modèle sur la période actuelle

<sup>3</sup>Centro de Estudios y Experimentación de obras publicas

<sup>4</sup>Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

et à conserver le jeu de paramètres obtenu pour simuler les débits futurs. Le calage du modèle sur la période actuelle a été effectué avec les précipitations (P) provenant des réanalyses MESAN. Les températures MESAN ont été utilisées pour calculer l'évapotranspiration potentielle (ETP) à partir de la formule d'Oudin et al. (2005). Les paramètres obtenus ont donc été utilisés pour simuler les débits futurs en forçant le modèle avec les projections climatiques EURO-CORDEX.

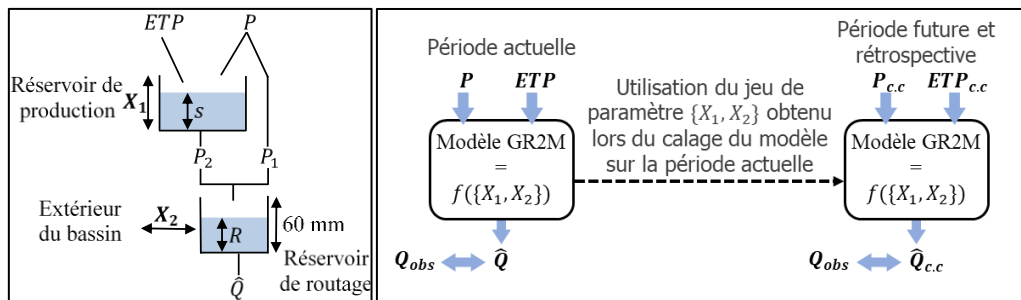


Figure 3. Schéma de la structure du modèle GR2M (gauche) et méthode de quantification de l'impact du changement climatique sur le débit des rivières (droite).

Les débits des rivières de la province de Jaén sont fortement influencés par les nombreux barrages présents sur le territoire et par le recours à l'irrigation d'une proportion importante des parcelles agricoles (42%). Or, la structure actuelle du modèle ne permet pas d'en tenir compte, nous avons donc choisi d'étudier cinq bassins versants (Figure 1) situés à l'amont des barrages afin de s'affranchir de l'influence de ces derniers.

## 2. Résultats

### 2.1 Climat

Les variations climatiques futures ont été évaluées en comparant les précipitations et températures moyennes pour deux périodes distinctes (1989/2010 et 2030/2050). Nous avons calculé les températures et précipitations moyennes des six projections climatiques sélectionnées (Figure 4) ainsi que les écarts-types correspondants. Les résultats montrent une augmentation des températures et une diminution des précipitations principalement localisée au centre de la province de Jaén (Vallée du Guadalquivir) tandis que les zones montagneuses situées au Sud-Est sont moins impactées.

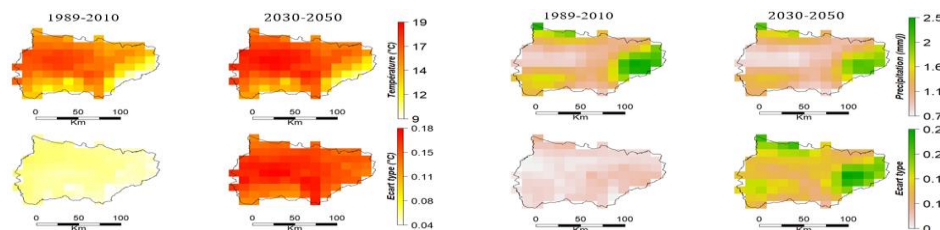


Figure 4. Moyennes (haut) et écarts types (bas) des températures (gauche) et des précipitations (droite) journalières de la province de Jaén calculées à partir des six projections climatiques pour les périodes 1989-2010 et 2030-2050.

Les écarts-types obtenus montrent que les six modèles présentent des résultats fortement homogènes pour la période rétrospective (1989-2010) et que la variabilité inter-modèle augmente lorsque l'horizon de simulation augmente. Néanmoins, la dispersion des valeurs autour de la moyenne reste relativement faible. A l'échelle de la province de Jaén, nous obtenons une augmentation moyenne des températures de 1,4°C et une diminution des précipitations moyennes d'environ 10 %.

## 2.2 Hydrologie

Le modèle hydrologique obtient de bonnes performances lors du calage pour le bassin versant en amont du barrage T. de Breas (Figure 1) avec un score de 0,92 (KGE  $\in [-\infty, 1]$ , la valeur optimale est 1) mais reste assez moyen pour les bassins versants en amont des autres barrages avec des scores allant de 0,61 à 0,73. Il reste donc beaucoup de progrès méthodologiques à faire (en termes de fonction objectif utilisée pour le calage du modèle, de prise en compte des prélèvements pour l'irrigation, ...) afin d'obtenir des simulations satisfaisantes. Pour chacune des 6 projections prospectives et rétrospectives le modèle a été utilisé pour simuler les débits passés et futurs des 5 bassins versants en conservant le jeu de paramètres obtenu lors du calage. La Figure 5 compare les régimes hydrologiques des projections (passés et futurs) et des simulations sur la période 1989-2010.

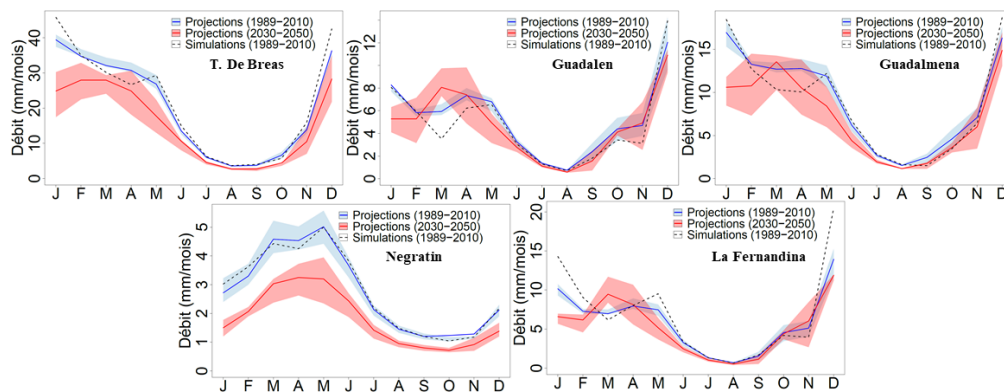


Figure 5. Régimes hydrologiques moyens simulés (courbes rouge et bleu) et observés (courbe en pointillés) sur des périodes de 20 ans passée (1989-2010) et future (2030-2050). Les enveloppes représentent la variabilité des 6 modèles climatiques utilisés (quantiles 25 et 75).

Les résultats montrent une diminution du volume annuel allant de 2 à 35% selon le bassin versant entre les projections futures (2030-2050) et les simulations présentes (1989-2010), ce qui représente une diminution moyenne de 21%. Ces diminutions surviennent principalement en hiver et au printemps (excepté en mars pour certains bassins), ce qui laisse penser qu'un allongement de la saison d'étiage aura lieu. Cet allongement de la saison sèche peut être mis en relation avec celui observé par Rodriguez-Diaz *et al.*, (2007) en termes de précipitations, ce qui pourrait avoir un fort impact sur le rendement des oliviers et sur l'irrigation.

## Conclusions et Discussion

Les résultats obtenus confirment ceux trouvés dans la littérature en termes de changement climatique, avec une augmentation des températures de 1,4°C et une baisse des précipitations de 10 % d'ici à 2050. Les performances du modèle hydrologique doivent être améliorées pour augmenter la confiance dans les résultats obtenus. Les résultats actuels montrent une diminution moyenne du débit de 21%, principalement observée en hiver et au printemps.

Actuellement, nous testons d'autres jeux de données et d'autres pistes méthodologiques se basant sur la modélisation hydrologique distribuée afin d'améliorer les performances de la chaîne de modélisation qui est en développement.

Cette chaîne de modélisation (Figure 6) a pour objectif de répondre à la question des agriculteurs « Combien va-t-on perdre avec le changement climatique ? » en simulant les rendements futurs compte tenu du changement climatique et de l'impact de celui-ci sur les ressources en eau et en évaluant les incertitudes de ces résultats. Cette chaîne de modélisation

composée de modèles climatiques, hydrologiques et agronomiques sera construite de manière à prendre en compte les différents impacts de façon intégrée.

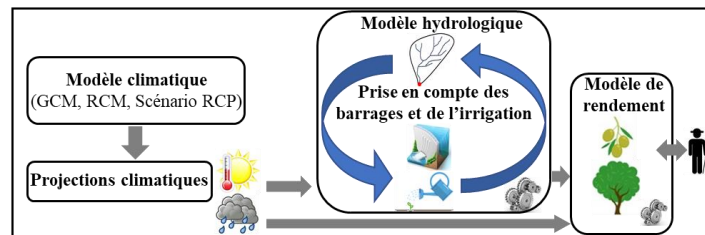


Figure 6. Schéma de la chaîne de modélisation intégrée envisagée.

## Bibliographie

- Cohen, M., Ronchail, J., Alonso-Roldán, M., Morcel, C., Angles, S., Araque-Jimenez, E., Labat, D., 2014. Adaptability of Mediterranean Agricultural Systems to Climate Change. The Example of the Sierra Mágina Olive-Growing Region (Andalusia, Spain). Part I: Past and Present. *Weather, Climate, and Society*, **6**, 380–398. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-12-00043.1>
- FAO Statistics Division, 2018. FAOSTAT: <http://faostat.fao.org>.
- Giorgi, F., Lionello, P., 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, **63**, 90–104. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.09.005>
- Gupta, H.V., Kling, H., Yilmaz, K.K., Martinez, G.F., 2009. Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling. *Journal of Hydrology*, **377**, 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.003>
- Landelius T., Dahlgren P., Gollvik S., Jansson A., Olsson E., 2016. A high-resolution regional reanalysis for Europe. Part 2: 2D analysis of surface temperature, precipitation and wind. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **142**, 2132–2142. <https://doi.org/10.1002/qj.2813>
- Moriondo, M., Ferrise, R., Trombi, G., Brilli, L., Dibari, C., Bindi, M., 2015. Modelling olive trees and grapevines in a changing climate. *Environmental Modelling & Software*, **72**, 387–401. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.12.016>
- Mouelhi, S., 2003. Vers une chaîne cohérente de modèles pluie-débit aux pas de temps pluriannuel, annuel, mensuel et journalier. Thèse de doctorat. ENGREF (AgroParisTech), 323 pages.
- Oudin, L., Hervieu, F., Michel, C., Perrin, C., Andréassian, V., Anctil, F., Loumagne, C., 2005. Which potential evapotranspiration input for a lumped rainfall-runoff model?: Part 2—Towards a simple and efficient potential evapotranspiration model for rainfall-runoff modelling. *Journal of Hydrology*, **303**, 290–306. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.08.026>
- Raimonet, M., Oudin, L., Thieu, V., Silvestre, M., Vautard, R., Rabouille, C., Le Moigne, P., 2017. Evaluation of Gridded Meteorological Datasets for Hydrological Modeling. *Journal of Hydrometeorology*, **18**, 3027–3041. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-17-0018.1>
- Rodríguez Díaz, J.A., Weatherhead, E.K., Knox, J.W., Camacho, E., 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *Regional Environmental Change*, **7**, 149–159. <https://doi.org/10.1007/s10113-007-0035-3>
- Rodríguez-Cohard, J.C., Sánchez-Martínez, J.D., Gallego-Simón, V.J., 2018. Olive crops and rural development: Capital, knowledge and tradition. *Regional Science Policy & Practice*. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12115>
- Ronchail, J., Cohen, M., Alonso-Roldán, M., Garcin, H., Sultan, B., Angles, S., 2014. Adaptability of Mediterranean Agricultural Systems to Climate Change: The Example of the Sierra Mágina Olive-Growing Region (Andalusia, Spain). Part II: The Future. *Weather, Climate, and Society*, **6**, 451–467. <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-12-00045.1>