

Fiche analytique – Mémoire de Master MUSE

A rendre au secrétariat lors de l'inscription à la soutenance du mémoire

* champs obligatoires

AUTEUR*	NOM : Schwank		PRENOM : Julia	
TITRE MEMOIRE*	"Interdisciplinary study of the potential effects of climate change in the Mendoza River watershed, Argentina"			
NUMERO MEMOIRE	80		(à remplir par le secrétariat)	
DATE SOUTENANCE	28/09/2012	Salle: D-154	Heure: 16:00	
THEMATIQUE* (AFFILIATION)	Filière B : Climat et énergie			
VOLEE MUSE*	2008			
TITRE ACADEMIQUE* (par ex.: licencié en biologie)	Licenciée en Relations Internationales			
DIRECTION* / EVALUATION	Directeur de mémoire* Dr. Anthony Lehmann	Co-directeur de mémoire* Dr. Franco Romerio	Nom(s) du ou des juré(s)* - Kazi Rahman - Enrique Morán - Margot Hill-Landolt	
STAGE (éventuel)	Organisme d'accueil		Maître de stage	
Projet de l'ISE (éventuel) auquel le mémoire est rattaché				
Bourse (éventuelle) reçue par l'étudiant	Les bourses obtenues pour effectuer le voyage de terrain et couvrir les frais de collection de données et la réalisation des entretiens à des experts sont les suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Bourse Augustin Lombard • Bourse de la Fondation Ernst et Lucie Schmidheiny 			
COLLATION*	Nb de pages* 193	Nb de figures* 67	Nb de tableaux* 33	
TERRAIN D'ETUDE OU D'APPLICATION	Effets du changement climatique sur les ressources hydrologiques en Argentine, modélisation hydrométéorologique à l'aide des Systèmes d'Information Géographique, impacts du changement climatique sur la disponibilité en eau, aspects légaux-institutionnels liés aux impacts du changement climatique			
MOTS-CLES* (entre 5 et 10)	Modèles hydrométéorologiques, Systèmes d'Information Géographique –SIG–, SWAT, aspects légaux-institutionnels liés au changement climatique, changement climatique et ressources en eau, changement climatique à Mendoza, Argentine.			
RESUME* (max 1500 car)	<p>Ce projet de master a consisté en la modélisation du bassin versant de la Rivière Mendoza, Argentine et en l'étude des potentiels effets du changement climatique sur le débit de la rivière et son influence sur des aspects sélectionnés de Mendoza en appliquant des scénarios de changement climatique. Le modèle hydrologique a été créé à l'aide de l'application SIG SWAT (<i>Soil & Water Assessment Tool</i> - outil d'évaluation du sol et de l'eau). Le modèle a été calibré de manière journalière et mensuelle pour une période totale de 15 ans comprenant 3 ans de <i>warm-up</i>, 6 ans de calibration et de 6 ans de validation. La performance du modèle a été évaluée graphiquement et statistiquement selon des critères hydrologiques standards. Les résultats journaliers de la calibration manuelle avec MATLAB ont présenté des valeurs très satisfaisantes: NSE = 0.7061, PBIAS = 6.0881 et R2 = 0.7239. Les résultats de la validation ont également été satisfaisants: NSE = 0.6092, PBIAS = 13.9207 et R2 = 0.6431. Deux simulations satisfaisantes ont été obtenues avec la calibration et l'analyse d'incertitude avec SWAT-CUP ; P-factor = 0.87, R-factor = 1.61 et NSE = 0.65 pour l'itération 6 et P-factor = 0.63, R-factor = 1.07 et NSE = 0.65 pour l'itération 8.</p> <p>Des scénarios de changement climatique ont été appliqués aux résultats du modèle en utilisant les prévisions du GIEC et en considérant différentes variations de température et précipitation. Des</p>			

données de 6 ans de débit de la rivière ont été obtenues pour 15 scénarios différents à partir de la modification des deux variables de la manière suivante: une augmentation progressive de la température de 1.8°C, 2.8°C et 4°C et une diminution de la précipitation de 10%, 20% et 30%. Deux analyses ont été réalisées pour évaluer l'impact du changement climatique sur le débit de la rivière; la première a consisté à analyser la moyenne de 6 ans de simulation dans laquelle une influence significative de la quantité initiale d'eau a été observée, celle-ci provoquant une sorte de bruit qui, dans un certain nombre de scénarios, a contribué à augmenter le débit de la rivière alors qu'une diminution était attendue. La deuxième analyse s'est concentrée sur la dernière année de simulation, dans le but d'éliminer l'influence de la quantité initiale d'eau, qui a résulté dans une diminution drastique du débit fluvial pour les scénarios modérés et sévères (jusqu'à 67% de diminution). Sur une base saisonnière, la diminution de débit de la rivière serait plus évidente en printemps et en été.

Après avoir complété la partie commune comprenant la modélisation du bassin versant et l'utilisation de différents scénarios de changement climatique, des estimations d'impacts individuelles ont été réalisées pour trois aspects particuliers: 1. Aspects écologiques: la caractérisation des rivières avant et après l'application des scénarios de changements climatiques. 2. Aspects légaux et institutionnels: l'adaptabilité des politiques d'eau et du cadre institutionnel face au changement climatique et 3. Aspects socio-économiques se concentrant sur l'agriculture et la tarification de l'eau.

Pour effectuer un diagnostic des aspects légaux-institutionnels et socio-économiques, l'état actuel ainsi que les effets des scénarios de changement climatique et de l'évolution démographiques sur le bilan hydrique a été réalisée. Les résultats obtenus incluent une augmentation de la fréquence des années très sèches et extraordinairement sèches, une diminution progressive de la disponibilité d'eau et une augmentation de la demande en eau pour la consommation domestique. Ces résultats impliquent une future impossibilité de satisfaire la demande en eau en considérant soit les quantités actuellement distribuées pour chaque utilisation ou la distribution proportionnelle par utilisation.

Compte tenu des défis futurs étudiés et des effets des scénarios combinés (changement climatique et évolution démographique), les observations les plus importantes de la section décrivant les aspects légaux-institutionnels comprennent un manque d'adaptabilité et de souplesse du cadre légal existant face aux impacts du changement climatique sur la disponibilité en eau et une rigidité des lois sur la gestion d'eau, surtout relatives à l'octroi et à la réallocation des concessions d'eau. Un autre aspect identifié consiste en la complexité du cadre institutionnel et la participation non inclusive de la totalité des utilisateurs d'eau dans les différentes étapes de la gestion des ressources hydrologiques impliquant ainsi un manque de *préparation vis-à-vis* des conséquences estimées des scénarios combinés.

Une fois que les possibles effets du changement climatique ont été évalués pour les différents aspects, une évaluation intégrée a été réalisée. Les résultats ont principalement souligné le manque de stratégies dans la gestion actuelle de l'eau pour faire face aux impacts identifiés. Si les décideurs politiques, les autorités de régulation de l'eau et la société civile sont prêts à collaborer pour parvenir à un consensus sur les principales questions liées à l'eau, des mesures pourraient être mises en œuvre afin de garantir et satisfaire de manière équitable la demande future en eau, comme par exemple: l'allocation des ressources financières pour la recherche et la collecte de données par l'installation de stations hydrologiques et météorologiques supplémentaires; l'investissement dans les infrastructures destinées à améliorer l'efficacité de la distribution de l'eau pour l'eau potable et l'irrigation, la création de plates-formes de participation qui incluent les utilisateurs d'eau potable pour sensibiliser la population à l'importance de l'utilisation efficace de l'eau et encourager la participation active de tous les utilisateurs dans les différentes étapes de la gestion des ressources hydrologiques, y compris l'analyse par un groupe d'experts des changements qui pourraient être ajoutés à la législation actuelle dans le but de modifier ou d'atteindre un consensus sur des mécanismes de concessions d'eau plus adaptés aux besoins actuels et futurs. Si ses mesures comparables à celles mentionnées ci-dessus sont appliquées et si les objectifs du Plan Directeur du bassin versant de la Rivière Mendoza sont respectés, les impacts du changement climatique à différents niveaux pourraient être moins préjudiciables dans la région.

SUMMARY*
(en anglais)

This master project consisted of modeling the Mendoza River watershed in Argentina, and studying the possible climate change effects on the river flow and their implications on selected aspects of Mendoza by applying climate change scenarios. The hydrological model was created using the GIS application SWAT (Soil & Water Assessment Tool). The model was calibrated on a daily and monthly basis for a total period of 15 years considering 3 years of warm-up, 6 years of calibration and 6 years of validation. The model performance has been evaluated both visually and statistically based on selected standard criteria. The daily results obtained from the manual calibration with MATLAB presented very satisfactory values: NSE = 0.7061, PBIAS = 6.0881 and R2 = 0.7239. The validation results were equally satisfactory: NSE = 0.6092, PBIAS = 13.9207 and R2 = 0.6431. The calibration and uncertainty analysis with SWAT-CUP presented two acceptable iterations" results: P-factor = 0.87, R-factor = 1.61 and NSE = 0.65 for iteration 6; and P-factor = 0.63, R-factor = 1.07 and NSE = 0.65 for iteration 8.

Climate change scenarios were applied to the model using the IPCC predictions, considering different temperature and precipitation modifications. Varying both variables, 6 years of river flow were calculated for 15 different scenarios. The modifications were: a gradual temperature increase of 1.8°C, 2.8°C and 4°C and a precipitation decrease of 10%, 20% and 30%. Two different analyses were carried out concerning the impact of climate change on the river discharge. The first one consisted in analyzing the average of six years simulation observing a significant influence of the initial amount of water implemented in the hydrological simulation provoking a certain *noise*, which in a number of cases, incremented the river discharge when a decrease was expected. The second analysis was focused on the last year of the simulation aiming to dismiss the influence of the initial amount of water obtaining as a result a dramatic decrease of the river discharge for the moderate and severe scenarios (up to 67%). On a seasonal basis, the river discharge decrease would be more evident during spring and summer.

After completing the common modeling of the catchment area using different climate change scenarios, individual impacts estimation were carried out for three selected aspects: 1. Ecological aspects: river's characterization before and after applying the climate change scenarios. 2. Legal-institutional aspects: water policy preparedness and adaptability, and 3. Socio-economic aspects: focusing in agriculture and water pricing.

To make a diagnosis of legal-institutional and socio-economic aspects, a previous section defining the current state and the effects of the estimated climate change scenarios and demographic projection on the water balance was carried out. The results included an increase of the frequency of very dry and extremely dry years, a progressive decrease of water availability and an increase in water demand for drinking water. These results imply a future possibility of unsatisfied water demand concerning either the current amounts distributed for each use or the proportional distribution per use.

In view of the considered future water challenges of the combined scenarios (climate change and demographic evolution), the most important observations in the legal-institutional section comprise a lack of adaptability and flexibility of the existing legal framework to face future climate changes impacts on water availability and a certain rigidity of the water policies in forces, especially regarding the granting and re-distribution of water concessions. Another identified aspect consist in the institutional structure's complexity and non-inclusive participation of all the water users in every step of the water management, implying a non-preparedness vis-à-vis the estimated consequences of the combined climate change and demographic scenarios.

Once these effects were established, an integrated impacts assessment was carried out. The results principally pointed out the water management's lack of strategies to address the expected impacts. If policy-makers, regulatory entities and civil society are willing to collaborate together in reaching consensus on main water issues, some of the measures that could be implemented in order to equitably satisfy and secure the future water demand should be: assigning financial resources for research and data collection through the installation of more weather and

	<p>hydrological stations; investing on infrastructure intended to improve the water distribution efficiency for drinking water and irrigation; creating participation platforms that include drinking water users to raise awareness about the importance of the efficient use of water and the active participation of the whole population in the different water management stages; reviewing by a group of experts the changes that could be amended to the current legal bodies in order to modify or agree on more adapted water concessions mechanisms, among others. If the above mentioned measures are applied along with the Mendoza River watershed Master Plan objectives, the impacts of climate on the Mendoza River watershed at different levels could be less detrimental.</p>
REMARQUES	<p>Ce travail de master est composé de 4 chapitres dont les deux premiers ont été rédigés de manière interdisciplinaire par trois étudiantes du MUSE (Hernández Girón, Julia Schwank et Rocío Escobar). La partie individuelle correspondant à ce numéro de mémoire (80) se trouve dans le Chapitre 4.</p>