



République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

École Nationale Supérieure d'Hydraulique

المدرسة الوطنية العليا للري

Résumé thèse –étendu

Thème :

**Influence de la circulation atmosphérique
générale sur les précipitations du Nord de
l'Algérie**

Présenté par :

Sabrina Taïbi

Directeur de thèse

M MohamedMEDDI(ENSH)

Co-directeurs de thèse :

M Gil Mahé (IRD de Montpellier, France)

M Ali Assani(université des trois rivières, Québec, Canada)

Introduction

Les précipitations, principale source d'eau, présentent de fortes variabilités spatio-temporelle et une tendance à la baisse sur une grande partie de la méditerranée ; en Algérie (Taibi *et al.*, 2013 ; MeddietTalia, 2007), au Maroc (Benassi, 2001 ; Singlaet *al.*, 2010) en Tunisie (Kingumbiet *al.*, 2005), en Espagne (DeLuis *et al.*, 2000 ; Sinogaet *al.*, 2011), en Italy (Longobardi et Villani, 2009 ; Caloieroet *al.*, 2011) et en Grèce (Xoplakiet *al.*, 2000 ; Feidaset *al.*, 2007). Identifier l'origine et les causes de cette modification du régime pluviométrique nécessite une analyse de la variabilité climatique. Il s'agit notamment de comprendre et de représenter les liens entre les facteurs climatiques et l'évolution spatio-temporelle des précipitations.

Dans un contexte de changement climatique, l'analyse de la variabilité des précipitations a fait l'objet de plusieurs études et à différentes échelles de temps. L'analyse des tendances des précipitations dans la région méditerranéenne montre une baisse significative des précipitations à partir des années 1970 (Xoplakiet *al.*, 2000 ; Knippertz *et al.*, 2003a ; New *et al.*, 2001 ; Rodrigo and Trigo 2007, Singlaet *al.*, 2010, Meddiet *al.*, 2007). Cette tendance à la baisse est plus importante en hiver (Jacobeit, 2000 et Giorgi, 2002).

Selon Demmaket *al.* (2001), l'Algérie a connu au cours des 25 dernières années (1975-1998), une sécheresse intense et persistante qui a touché l'ensemble du territoire, et a été particulièrement rude dans l'Ouest du pays. L'analyse des séries temporelles de précipitations indique une rupture à partir des années 1970, et la décennie 1980 a été la plus déficitaire (Medjrab, 2005 ; Meddiet *al.* 2007 ; Bekkoussaet *al.*, 2008 ; Meddiet *al.*, 2010 ; Taibi, 2011).

De nombreuses études ont lié les variations du régime pluviométrique de la Méditerranée à la circulation atmosphérique générale. Toutefois, la relation entre les précipitations et les indices climatiques fait toujours l'objet d'un débat. Certains, lient la variabilité des précipitations du bassin Méditerranéen à l'Oscillation Nord Atlantique (NAO : NorthAtlantic Oscillation) (Salameh, 2008 ; Xoplakiet *al.*, 2004 ; Lopez *et al.*, 2010 ; Brandimarteet *al.*, 2011), tandis que d'autres, expliquent cette variabilité par l'indice El Nino (ENSO : El Nino/Southern Oscillation) (Kiladis and Diaz 1989 ; Rodoet *al.*, 1997 ; Van Oldenborghet *al.*, 2000 ; Lloyd-Hughes and Saunders, 2002 ; Knippertz *et al.*, 2003b).

En Algérie, jusqu'à nos jours, une seule étude s'est intéressée à l'influence de la circulation atmosphérique générale sur la variabilité pluviométrique du Nord-Ouest Algérien (Meddiet *al.*, 2010). On connaît donc mal l'origine de la variabilité pluviométrique du Nord de l'Algérie, soumise aux conditions climatiques méditerranéennes et aux influences atlantiques. On connaît également très peu l'impact du changement climatique sur les pluies journalières et particulièrement les extrêmes. Les travaux menés jusqu'à présent ne concernent pratiquement que l'analyse statistique ou fréquentielle des pluies journalières maximales (Benabdesselam et Amarchi, 2013 ; Habibiet *al.*, 2012 ; Benkhaled, 2007). C'est dans ce sens que nous nous proposons d'orienter notre étude vers l'analyse des pluies journalières en mettant l'accent sur les extrêmes leur évolution et leur tendance.

Afin d'expliquer la variabilité des précipitations du Nord de l'Algérie aux différents pas de temps, nous analyserons les relations qui existeraient entre ces dernières et les principaux modes de la circulation atmosphérique.

Evaluer l'impact des changements climatiques sur la disponibilité des ressources en eau, ce fait aujourd'hui par le biais de modèles climatiques régionaux qui simulent l'évolution des pluies passés et futures à l'échelle régionale pour un scénario d'émissions de gaz à effet de serre donné. Plusieurs études menées dans les différentes régions du pourtour méditerranéen se sont intéressées à l'analyse des simulations issues des sorties de ces modèles climatiques régionaux pour évaluer d'une part leur performance mais aussi pour anticiper sur l'évolution future à l'horizon 2050 jusqu'à 2100 des précipitations moyennes et extrêmes (ex. : Giorgio *et al.*, 2008 ; Ceglaret *al.*, 2014 ; Zanis *et al.*, 2008 ; Coppola et Giorgi, 2010 ; Tramblay *et al.*, 2012 ; Bargaoui *et al.*, 2014).

Ce travail de thèse permettra d'évaluer la capacité des modèles climatiques régionaux du projet « ENSEMBLES » à reproduire les pluies moyennes et extrêmes du Nord de l'Algérie.

Finalement cette thèse a pour objectifs :

- D'analyser l'évolution et les tendances des précipitations moyennes et extrêmes du Nord de l'Algérie ;
- De rechercher une relation entre les différents modes de la circulation atmosphérique et les précipitations moyennes et extrêmes ;
- D'étudier les pluies extrêmes et moyennes passés et futures issues des sorties de modèles climatiques régionaux «ENSEMBLES» et les comparer aux données observées.

1. Comment évoluent les précipitations du Nord de l'Algérie ?

Situé en Afrique du Nord et au sud de la méditerranée le Nord de l'Algérie est caractérisé par une pluviométrie qui varie considérablement d'Est en Ouest, du Nord au Sud mais aussi d'une année à une autre (Fig.1). Pour mettre en évidence cette variabilité 94 stations pluviométriques (ANRH et ONM) réparties sur l'ensemble de la zone d'étude ont été sélectionnées (Fig.2).

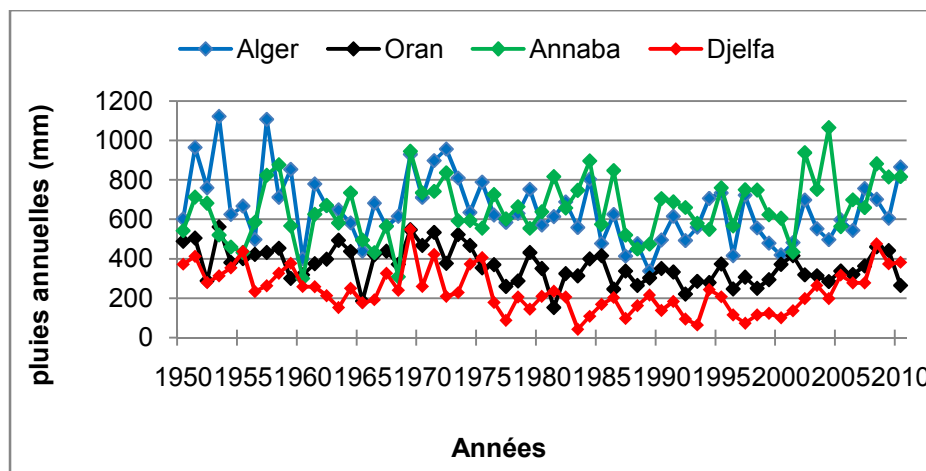


Fig.1: Répartition des précipitations annuelles à Alger, Annaba, Oran et Djelfa

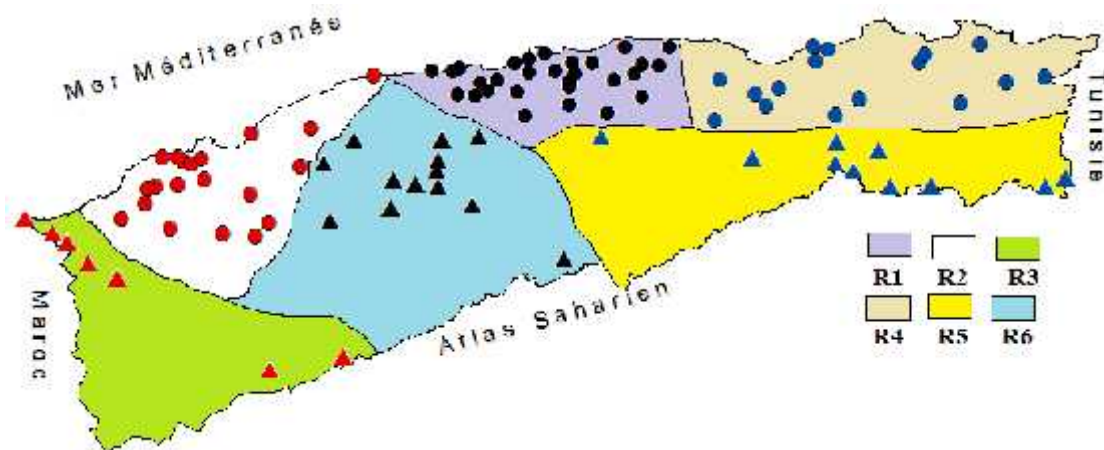


Fig.2 : Localisation des stations pluviométriques et délimitation des régions homogènes

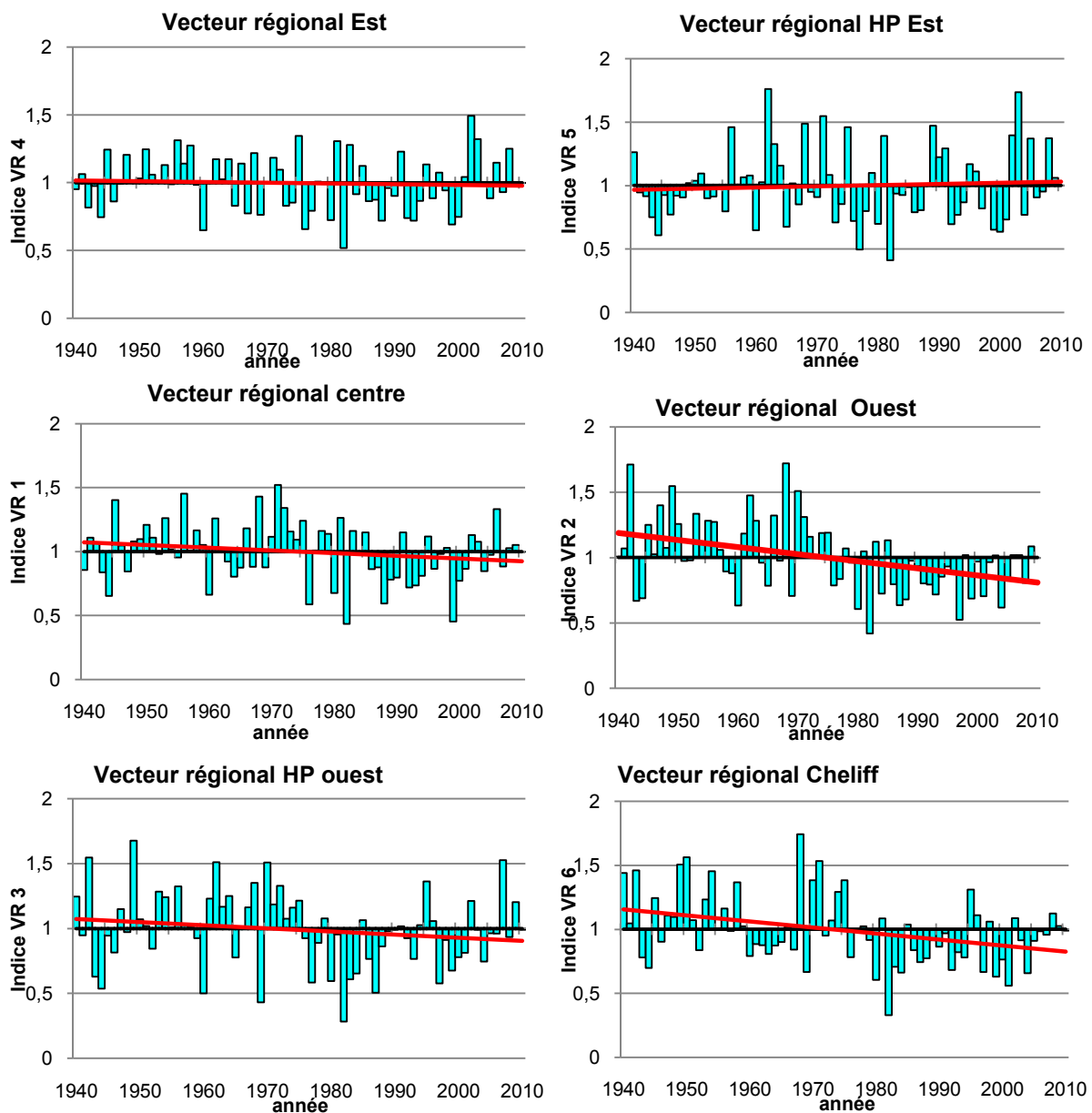


Fig.3 : Chronique temporelle de l'indice du vecteur régional annuel des 6 régions homogènes
(La ligne rouge représente la courbe de tendance)

Pour synthétiser cette quantité de données nous avons regroupé les stations en groupes homogènes. Pour ce faire trois méthodes ont été utilisées ; l'analyse en composantes principales, la méthode du vecteur régional et la méthode des L-Moment. Il ressort de cette analyse 6 régions homogènes : région centre (R1), région Ouest(R2), région des hauts plateaux Ouest (R3), région Est(R4), région des Hauts plateaux Ouest (R5) et la région Chélif-Zahrez (R6) (Fig1). Ce découpage régional reflète le comportement pluviométrique et la variabilité interannuelle spécifiques à chaque région. Les données de chaque région homogène sont représentées par un vecteur régional (Fig.3).

Pour analyser la variabilité temporelle du Nord de l'Algérie les vecteurs régionaux annuel et mensuel ont été soumis au test de tendance de Mann-Kendall, au test de rupture de Pettit et la segmentation d'Hubert. Cette analyse met en évidence une réduction significative de la pluviométrie annuelle dans les trois régions Ouest, hauts plateaux Ouest et Cheliff-Zahrez à partir de la moitié des années 70 (Fig.3) qui est associée à la diminution des précipitations en hiver (Décembre et Janvier) et au printemps (Avril). La région centre a connu une légère baisse de la pluviométrie, alors que les régions Est et hauts plateaux Est ne montrent pas de changement du régime pluviométrique au cours de la période d'étude (Fig.3).

Pour comprendre la baisse des précipitations observées à l'échelle annuelle et mensuelle nous avons analysé l'évolution temporelle des pluies journalières. Pour cela nous avons adopté une méthodologie qui repose sur l'analyse des tendances des indices de pluies journalières et extrêmes. Ces indices expriment le nombre de jours de pluies (≥ 1 mm) dépassant un seuil fixe relatif (seuillage par percentile) et absolue (classes de pluie). Le test de Mann-Kendall et la pente de Sen ont mis en évidence une tendance générale à la baisse des indices de pluies journalières sur la période 1940-2010. Cette tendance est dans l'ensemble non significative excepté pour la station de Ténès qui enregistre une baisse significative des indices de pluies journalières inférieurs à P90 (pluies inférieures à 20 mm) ainsi qu'une baisse de la fréquence des jours de pluies de la classe 10-20mm. Le test de Pettit a met en évidence une rupture à partir de 1972 à Ténès pour les indices ne dépassant pas P90 et pour une tranche de pluie de 10-20mm. L'indice P75 montre aussi une rupture à Oran à partir de 1978.

Les extrêmes de pluie n'ont pas connu de changement significatif dans leur évolution. Cependant l'analyse graphique de ces indices par décennie révèle une baisse de ces événements pendant les années 70 et 80 pour l'ensemble des stations. L'évaluation de la variation du nombre total de jours de pluies par percentiles et par classe de pluie avant et après la date de rupture de chaque station montre une baisse considérable des jours pluvieux à Ténès et Oran particulièrement en hiver et au printemps. Cette baisse a touché la classe de pluie 10-20mm dans les deux stations ainsi que la classe 20-50mm à Oran (Fig.4). La fréquence des jours de pluie supérieure à 50 mm a baissé de moitié après la date de rupture. L'analyse de l'intensité des pluies journalières montre une tendance non significative à la baisse pour l'ensemble des stations. Le manque de séries de données ne permet pas de généraliser les résultats obtenus sur l'évolution des pluies journalières et extrêmes du Nord de l'Algérie en particulier le Nord-Ouest qui a subi une baisse significative des précipitations. Toutefois, nous pouvons avancer que la réduction des précipitations est liée à la baisse de la fréquence des événements pluvieux généralement ne dépassant pas 20 mm pendant les saisons d'Hiver et de Printemps.

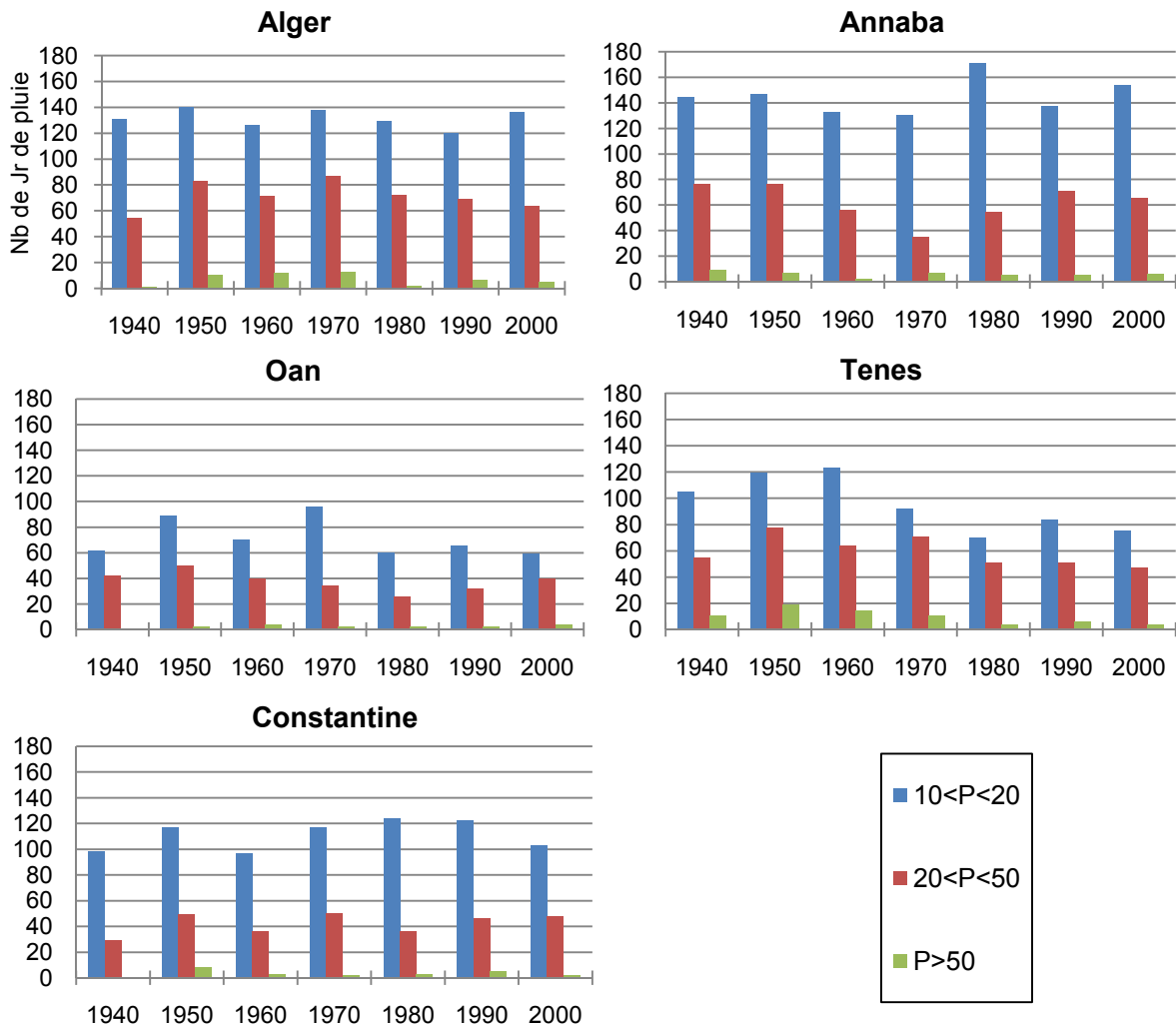


Fig. 4 : Nombre de jours de pluies par décennies pour les classes de pluies 10-20mm, 20-50mm, >50mm

2. Comment expliquer la variabilité des précipitations du Nord de l'Algérie ?

A l'issue de ces premiers résultats caractérisant la variabilité spatio-temporelle des précipitations du Nord de l'Algérie, nous avons cherché après les causes ou l'origine de cette variabilité. Plusieurs études ont mis en évidence l'influence de la circulation atmosphérique à grande échelle sur la variabilité des précipitations. C'est dans ce sens que nous avons analysé les relations entre les précipitations et 4 types de circulation atmosphérique influençant en général la variabilité climatique des différentes régions du bassin méditerranéen. Il s'agit d'El Nino Southern Oscillation (ENSO), l'Oscillation Nord Atlantique (NAO), l'Oscillation Méditerranéenne (MO) et l'Oscillation Méditerranéenne Ouest (WeMO). Chaque mode de circulation est caractérisé par un indice qui exprime la différence de pression entre deux points de la Méditerranée. Ces indices climatiques ont été corrélés aux précipitations à différentes échelles de temps dans le but d'expliquer principalement la baisse significative des précipitations dans la partie Nord-Ouest de l'Algérie. L'ENSO semble influencer la variabilité interannuelle des précipitations du Nord-Ouest de l'Algérie. La phase négative d'ENSO qui correspond au phénomène El Nino coïncide avec la période déficitaire des précipitations

annuelle à partir de la moitié des années 70. Les trois autres modes de circulation influencent généralement la variabilité saisonnière des précipitations. Effectivement, il ressort que la MO est le mode de circulation dominant influençant la variabilité des précipitations en période humide particulièrement en hiver (Fig.5). Les précipitations des régions Ouest se trouvent aussi influencées par la NAO, car elles sont plus proches de l'Atlantique. L'influence d'ENSO et MO apparait aussi à l'échelle journalière dans la variabilité de la fréquence des jours pluvieux en hiver.

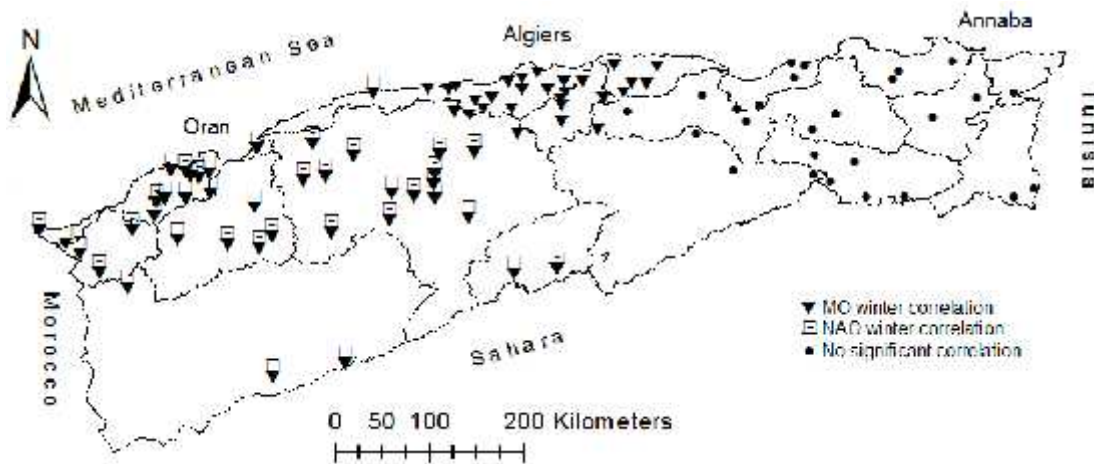


Fig. 5 : Corrélation entre les précipitations du Nord de l'Algérie et les indices MO et NAO en hiver (janvier, février, mars)

Toutefois, il apparait que la circulation atmosphérique n'explique qu'une partie de la variabilité des précipitations du Nord de l'Algérie (coefficients de corrélation inférieur à 30%). Ceci veut dire qu'il existe d'autres facteurs agissant à différentes échelles spatio-temporelle tels que la topographie ou d'autres facteurs climatiques régionaux.

Comment évoluent les pluies futures du Nord de l'Algérie ?

Avant de s'intéresser à l'étude des évolutions futures des précipitations moyennes et extrêmes, en utilisant les sorties de modèles climatiques régionaux du Projet Ensemble, l'étape de validation est primordiale. Il s'agit d'évaluer la performance ou la capacité des différents modèles climatiques à reproduire la variabilité des précipitations passées. Les pluies simulées sont comparées aux pluies observées sur la période de contrôle 1961-2000 par l'estimation du biais. De façon générale, il ressort que les modèles climatiques régionaux (MCR) ont tendance à sous-estimer les pluies en période humide et les surestimer en période sèche; un modèle climatique peut ne pas être performant pour l'ensemble des stations; et certains modèles ne reproduisent pas la variabilité spatiale des précipitations. Les modèles sous-estiment aussi la fréquence des événements extrêmes et sont incapables de reproduire leur chronologie, mais certains d'entre eux estiment de façon cohérente la moyenne interannuelle de la fréquence des extrêmes. Les modèles CNRM, CHMI, GKSS et ETHZ ont été jugé performants et ils ont été sélectionnés par rapport à la plus faible valeur du biais relatif calculé entre les données observées et simulées (Fig.6).

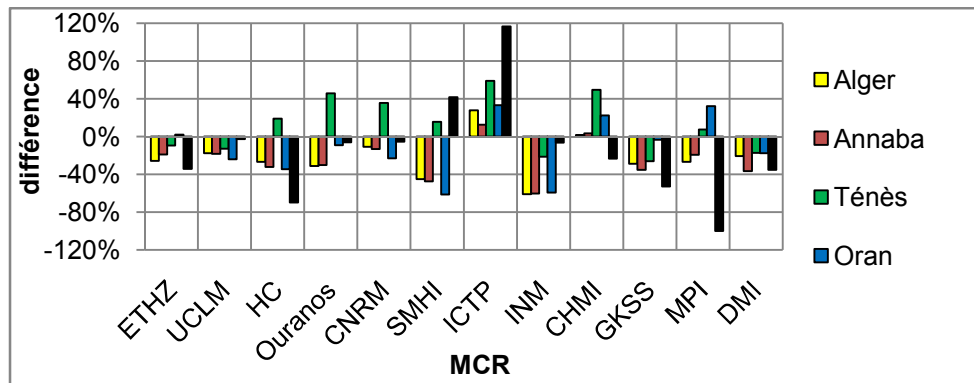


Fig.6 : différence entre les pluies observées et simulées de la période humide (septembre-mai) durant la période de référence 1961-2000

L'évolution future des précipitations moyennes et extrêmes est basée sur les sorties des 4 modèles performants aux périodes de projection 2021-2050 et 2070-2099.

L'ensemble des modèles simulent une réduction des pluies annuelles d'ici la fin du 21^{ème} siècle. Les saisons d'hiver et de printemps connaîtront une baisse significative des précipitations d'environ 30% à 60%. En automne et en été, certains modèles simulent une baisse des précipitations, alors que d'autres simulent une augmentation des précipitations futures. Cette différence peut être liée à la répartition spatiale des stations voir aussi les conditions de paramétrage de chaque modèle. Il faut noter aussi la présence d'incertitudes qui influencent ces résultats. Comprendre, quantifier et apprivoiser les incertitudes permettront une meilleure appréciation des projections climatiques.

Conclusion

Finalement cette thèse a permis d'apporter des réponses aux questions posées précédemment liées à la compréhension de la variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie dans le Nord de l'Algérie :

- Les précipitations du Nord de l'Algérie sont caractérisées par une variabilité spatio-temporelle remarquable; la partie Nord-Ouest a subi les conséquences de la sécheresse en enregistrant une baisse significative des précipitations tandis que le régime pluviométrique de l'Est n'a pas connu de changement significatif ;
- La réduction des précipitations est associée à la baisse de la fréquence des jours pluvieux ne dépassant pas 20 mm pendant les saisons d'hiver et de printemps ;
- Les extrêmes de pluies n'ont pas connu de changement significatif dans leur évolution temporelle ;
- L'ENSO et la MO sont les modes de circulation atmosphérique qui influencent en partie la variabilité pluviométrique des précipitations ;
- Les modèles climatiques simulent une baisse des précipitations d'ici la fin du 21^{ème} siècle qui sera plus accentué en hiver et au printemps.

Toutes ses réponses peuvent contribuer à la mise en place d'un outil de planification et de gestion des ressources en eau pour faire face à l'impact des changements climatiques futures

et prendre des mesures d'adaptation pour maintenir la durabilité des ressources en eau et des différentes activités (agricoles et autres) dans les régions les plus vulnérables.

Aujourd'hui, nous sommes conscients des pressions que subissent les ressources en eau et des conséquences engendrées sur leur disponibilité et leur répartition spatiale qui commence à prendre une dimension socio-économique remarquable.

Les prévisions climatiques permettent d'anticiper sur l'impact des changements climatiques sur la variabilité hydro-climatique à l'échelle régionale, particulièrement les événements extrêmes dont la connaissance est utilisée dans plusieurs projets pour définir les normes de construction des bâtiments, la conception et l'exploitation des ouvrages, et l'élaboration des plans d'intervention d'urgence. Cependant, cette première approche menée dans le cadre de ce travail de thèse ne permet pas de confirmer la fiabilité des modèles quant aux prévisions futurs des événements extrêmes.

Enfin, nous proposons quelques recommandations que nous jugeons nécessaires pour améliorer les résultats des différents travaux menés dans le cadre de cette thèse et qui se résument en les points suivants :

- La densification du réseau pluviométrique dans le cadre de l'étude des pluies journalières, particulièrement dans la région Ouest touchée par la sévérité de la sécheresse des dernières années ;
- l'exploration d'éventuels indices climatiques ; dans ce travail, nous avons utilisés l'indice climatique MO définie par Conté et al. Les autres indices concernant l'oscillation méditerranéenne définie par Brunetti, Palutikof et Papadopoulos n'ont pas été explorés. Aussi, dans le cadre de cette thèse nous proposons l'investigation d'un nouvel indice climatique méditerranéen qui expliquerait mieux la variabilité pluviométrique particulièrement dans la région Est du Nord de l'Algérie ;
- l'intérêt des modèles climatiques dans la prévision de la variabilité climatique et l'anticipation sur l'impact des changements climatiques à l'échelle régionale est évident. Cependant la fiabilité de ces modèles reste à discuter, particulièrement pour la prédiction des événements extrêmes. Pour renforcer les résultats obtenus dans le cadre de ce travail, nous proposons de l'appliquer sur un réseau d'observations plus dense, pour une meilleure évaluation spatio-temporelle et à une résolution plus fine qui tient compte des processus régionaux.

Références

- **Bargaoui Z., Trambly Y., Lawin E. A. and Servat E., 2014.** Seasonal precipitation variability in regional climate simulations over Northern basins of Tunisia. *Int. J. Climatol.*, 34, p.235–248
- **Bekkoussa B., Meddi M., Jourde H., 2008.** Forçage climatique et anthropique sur la ressource en eau souterraine d'une région semi-aride : cas de la plaine de Ghriss (Nord-Ouest algérien). *Sècheresse*, vol.18, n.3, p 173-184.
- **Benabdesselam T. et Amarchi H., 2013.** Approche régionale pour l'estimation des précipitations journalières extrêmes du Nord Est Algérien. *Courrier du Savoir*, n.17, p.175-184
- **Benassi M., 2001.** Drought and climate change in Morocco. Analysis of precipitations field and water supply. *Options Méditerranéennes*, série A, n.80, p 83-86.
- **Benkhald A., 2007.** Distributions statistiques des pluies maximales annuelles dans la région du Cheliff : comparaison des techniques et des résultats. *Courrier du Savoir*, n.8, p.83-91.

- **Brandimarte L, Di Baldassarre G, Bruni G, D’Odorico P, Montanari A, 2011.** Relation between the north-atlantic oscillation and hydroclimatic conditions in mediterranean areas. *Water resour manage*, n.25, p. 1269- 1279
- **Caloiero T., Coscarelli R., Ferrari E., Mancini M., 2011.** Precipitation change in Southern Italy linked to global scale oscillation indexes. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, v.11, p.1683–1694
- **Ceglar A., Honzak L., Žagar N., Skok G., Žabkar R. and Rakovec J., 2014.** Evaluation of precipitation in the ENSEMBLES regional climate models over the complex orography of Slovenia. *Int. J. Climatol.* DOI: 10.1002/joc.4158
- **Coppola E. et Giorgi F., 2010.** An assessment of temperature and precipitation change projections over Italy from recent global and regional climate model simulations. *Int. J. Climatol.* 30, p.11–32.
- **De Luis M., Ravento J., Gonzalez-Hidalgo J.C., Sanchez J.R. and Cortina J., 2000.** Spatial analysis of rainfall trends in the region of valencia (east spain). *Int. J. Climatol.*, 20, p.1451-1469
- **Demmak A., Ould Amara A., 2001.** La sécheresse en Algérie des années 1970/1990 et son impact sur les ressources en eau. *Table ronde : sécheresse-changement climatique-désertification*, 10p.
- **Feidas H., Noulopoulou Ch., Makrogiannis T., Bora-Senta E., 2007.** Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955–2001. *Theor. Appl. Climatol.*, 87, p. 155–177
- **GIEC, 2007.** Bilan 2007 des changements climatiques. *Rapport de synthèse n.4*, 114p.
- **Giorgi F., 2002.** Variability and trends of sub-continental scale surface climate in the twentieth century. Part I: observations. *ClimDyn* 18: 675–691 DOI 10.1007/s00382-001-0204-x
- **Giorgio F. et Lionello P., 2008.** Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, v.63, p. 90–104.
- **Habibi B., Meddi M., Boucefiane A., 2012.** Analyse fréquentielle des pluies journalières maximales Cas du Bassin Chott-Chergui. *Revue Nature & Technologie, C- Sciences de l’Environnement*, n.8, p. 41-48
- **Jacobeit J., 2000.** Rezente Klimaentwicklung im Mittelmeerraum. *Petermanns Geogr Mittl* 144: 22–33
- **Kiladis GN, Diaz HF, 1989.** Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. *J Climate*, n.2, p.1069-1090
- **Kingumbi A., Bargaoui Z. et Hubert P., 2005.** Investigation of the rainfall variability in central Tunisia. *Hydrological Sciences Journal*, 50, 3, p.493-508
- **Knippertz P, Christoph M, Speth P, 2003.** Long-term precipitation variability in Morocco and the link to the large-scale circulation in recent and future climates. *Meteorol Atmos Physn*. 83, p.67-88
- **Knippertz P, Ulbrich U, Marques F, Corte-Real J, 2003.** Decadal changes in the link between El Niño and springtime North Atlantic Oscillation and European–North African rainfall. *Int J Climatol*, n.23, p.1293-1311
- **Lloyd-Hughes B, Saunders MA, 2002.** Seasonal prediction of European spring precipitation from El Niño–Southern Oscillation and local sea surfaces temperatures. *Int J Climatol*, n.22, p.1–14
- **Longobardi A. et Villani P., 2009.** Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area. *Int. J. Climatology*, 30, p.1538–1546.
- **Lopez J., Frances F., 2010.** Influence of the North Atlantic Oscillation and the western mediterranean oscillation in the maximum flow events in Spain. *International workshop advances in statistical hydrology*, may 23-25, 2010 taormina, Italy.
- **Meddi H., Meddi M., 2007.** Variabilité spatiale et temporelle des précipitations du Nord-Ouest de l’Algérie. *Géographiotechnica*, n° 2, p 49-55.
- **Meddi M., Assani A. A., Meddi H., 2010.** Temporal variability of annual rainfall in the Macta and Tafna catchments, Northwestern Algeria. *Water Resour Manage*, n.24,
- **Meddi M., Talia A., 2007.** Pluviometric regime evolution in the North of Algeria. *Arab Gulf Journal of Scientific Research* 01/2008; 26, p 152-162.
- **Medjerab A., 2005.** Étude pluviométrique de l’Algérie Nord-Occidentale. *Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et Aménagement du Territoire, USTHB, Alger*, 569p.
- **New M, Todd M, Hulme M, Jones P, 2001.** Precipitation measurements and trends in the twentieth century. *Int J Climatol*, n.21, p.1899–1922

- **New M, Todd M, Hulme M, Jones P, 2001.** Precipitation measurements and trends in the twentieth century. *Int J Climatol*, n.21, p.1899-1922
- p 3817-3833.
- **Rodrigó FS, Trigo RM, 2007.** Trends in daily rainfall the Iberian Peninsula from 1951 to 2002. *Int J Climatol*, n.27, p.513-529
- **Rodo X, Baert E, Comin FA, 1997.** Variations in seasonal rainfall in Southern Europe during the present century: relationships with the North Atlantic Oscillation and the El Niño–Southern Oscillation. *ClimDyn*, n.13, p.275-28
- **Salameh T., 2008.** Modélisation multi-échelles de la circulation atmosphérique hivernale sur le bassin méditerranéen : rôle des interactions d'échelles. Thèse de doctorat, école polytechnique, France, 156p.
- **Singla S., Mahé G., Dieulin C., Driouech F., Milano M., El Guelai F.Z., Ardoin-Bardin S., 2010.** Evolution des relations pluie-débit sur des bassins versants du Maroc. In: *Global Change: Facing Risks and Threats to Water Resources (Proc. of the Sixth World FRIEND Conference, Fez, Morocco, October 2010)*, IAHS Publ. 340, 679-687.
- **Sinoga J.D.R, Marin R.G., Murillo J.F.M and Galeote M.A.G., 2011.** Precipitation dynamics in southern Spain: trends and cycles. *Int. J. Climatol.* 31, p.2281–2289
- **Taïbi S., 2011.** Analyse du régime climatique au Nord de l'Algérie. Mémoire de Magister, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Alger, 200p.
- **Taïbi S., Meddi M., Souag D., Mahe G., 2013.** Évolution et régionalisation des précipitations au nord de l'Algérie (1936-2009). In: *Climate and land surface changes in hydrology*, IAHS Publ. 359, 191-197.
- **Tramblay Y., Badi W., Driouech F., El Adlouni S., Neppel L., Servat E., 2012.** Climate change impacts on extreme precipitation in Morocco. *Global and Planetary Change.* 82-83, p.104–114
- **Van Oldenborgh GJ, Burgers G, Tank AK 2000.** On the El Niño teleconnection to spring precipitation in Europe. *Int J Climatol*, n.20, p.565-574
- **Xoplaki E., Gonzalez-Rouco J. F., Luterbacher J., Wanner H., 2004.** Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics and trends. *Climate dynamics*, n.23, p 63-78.
- **Xoplaki E., Luterbacher J., Patrikas J., Maheras P., 2000.** Les précipitations hivernales en Grèce et leurs relations avec la circulation atmosphérique au niveau de 500 hPa. *Climate Research*, v.14, p 129-146.
- **Zanis P., Kapsomenakis I., Philandras C., Douvis K., Nikolakis D., Kanellopoulou E., Zerefos C. and Repapis C., 2010.** Analysis of an ensemble of present day and future regional climate simulations for Greece. *Int. J. Climatol.* DOI: 10.1002/joc.1809