

# Impact du changement climatique sur le climat et les ressources en eau du Maroc aux horizons 2020, 2050 et 2080 et mesures d'adaptation

Mohamed SINAN<sup>1</sup>, Abdelaziz BELHOUI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Professeur hydrogéologue. Chef du Département Hydraulique, Environnement et Climat. Ecole Hassania des Travaux Publics – Km. 7. Route d'EL Jadida. Oasis. BP. 8108. Casablanca. Maroc – mail : [sinan\\_mohamed@yahoo.fr](mailto:sinan_mohamed@yahoo.fr)

<sup>2</sup> Ingénieur Général de la Météorologie. Expert indépendant Adresse – mail : [abelhouji@gmail.com](mailto:abelhouji@gmail.com)

**RÉSUMÉ.** – Cet article présente les résultats des différentes projections du climat et des ressources en eau du Maroc aux horizons 2020, 2050 et 2080. Elles sont basées sur les scénarios d'émission des gaz à effet de serre retenus par le 5ème rapport du GIEC, 2013.

### **Impact sur le Climat du Maroc :**

- ✓ Tendance globale à la baisse des cumuls annuels des précipitations variant en moyenne entre 10 % et 30 % selon le scénario retenu et la région considérée ;
- ✓ Tendance à la hausse des températures moyennes annuelles variant en moyenne entre 2 et 5°C selon le scénario retenu et la région considérée.

### **Impact sur les ressources en eau :**

- ✓ Tendance à la baisse du volume des ressources en eau variant entre 7,6 % et 40,6 % ;
- ✓ Baisse importante du capital eau/an/habitant, devant engendrer une situation de pénurie d'eau entre les horizons 2030 et 2050 ;
- ✓ une augmentation de la demande en eau (notamment en irrigation) ;
- ✓ une aggravation de la surexploitation des nappes d'eau souterraine ;
- ✓ une augmentation de la salinité des nappes côtières par invasion des eaux marines ;

Plusieurs mesures d'adaptation du secteur de l'eau au changement climatique sont recommandées, elles portent notamment sur :

- ✓ la poursuite et le renforcement des efforts d'économie d'eau d'irrigation (qui représente plus de 80 % du volume d'eau annuel mobilisé) ;
- ✓ le développement de l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles : dessalement de l'eau de mer, déminéralisation des eaux saumâtres, réutilisation des eaux usées épurées... ;
- ✓ le développement de la recharge artificielle des nappes surexploitées ;
- ✓ la lutte contre la pollution des ressources en eau : rejets d'eaux usées brutes domestiques et industrielles, infiltration des lixiviats dans les décharges brutes....

Mots-clés : Maroc, changement climatique, ressources en eau, impact, mesures d'adaptation

## **Impact of the Climate Change on the climate and the water resources of Morocco on horizons 2020, 2050 and 2080 and measures of adaptation**

**ABSTRACT.** – This article presents results of various projections of climate and water resources of Morocco for 2080. They are based on the scenarios of emission of Greenhouse Gases Held retained by the 5th report of the GIEC, on 2013.

### **Impact on the Climate of Morocco:**

- ✓ Downward trend in the annual accumulations of precipitation varying between 10 % and 30 % depending on the scenario and region considered;
- ✓ Upward trend of annual global average temperatures varying between 2 and 5°C depending on the scenario and region considered.

### **Impact on water resources:**

- ✓ Downward trend of the volume of water resources varying between 7,6 % and 40,6 %;
- ✓ Important reduction of capital water / year /capita, that must lead to a situation of water shortage between horizons 2030 and 2050;
- ✓ An increase of the demand in water (especially for irrigation);
- ✓ A worsening of overexploitation;
- ✓ A worsening of overexploitation of ground-waters;
- ✓ An increase salinity of coastal aquifers due to the invasion of marine waters;

Several adaptation measures of the water sector to climate change are recommended. These recommendations focus mainly on:

- ✓ The continuation and the strengthening of the efforts realized in irrigation water savings (which represent more than 80% of the annual volume of the water mobilized);
- ✓ Developing the use of unconventional water resources: desalinate the sea water, demineralization brackish waters, re-use uncluttered waste water;
- ✓ developing the artificial recharge of over-exploited aquifers;
- ✓ The fight against pollution of water resources: discharges of domestic and industrial gross waste water, infiltration of leachates in the gross discharges.

Key-words: Morocco, climate change, water resources, impact, adaptation measures

## I. INTRODUCTION

Le secteur de l'eau du Maroc est confronté à plusieurs contraintes liées principalement :

- à la mauvaise répartition spatiale et temporelle (Fig. 1 et Fig. 2) ;

- à la raréfaction et la surexploitation des ressources en eau ;
- aux impacts négatifs du Changement Climatique (sécheresses de plus en plus fréquentes et inondations dévastatrices) ;
- à la faiblesse de la valorisation des ressources en eau mobilisées notamment dans le secteur agricole ;
- la détérioration de la qualité des ressources en eau.

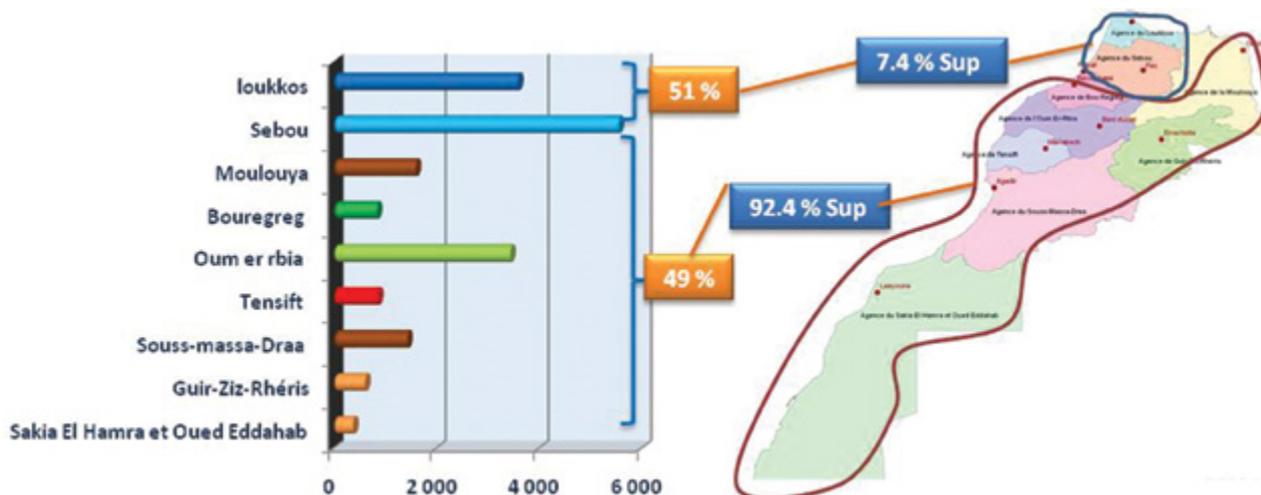


Figure 1 : Apports en eaux superficiels des bassins hydrauliques du Maroc (MDCE, 2014).

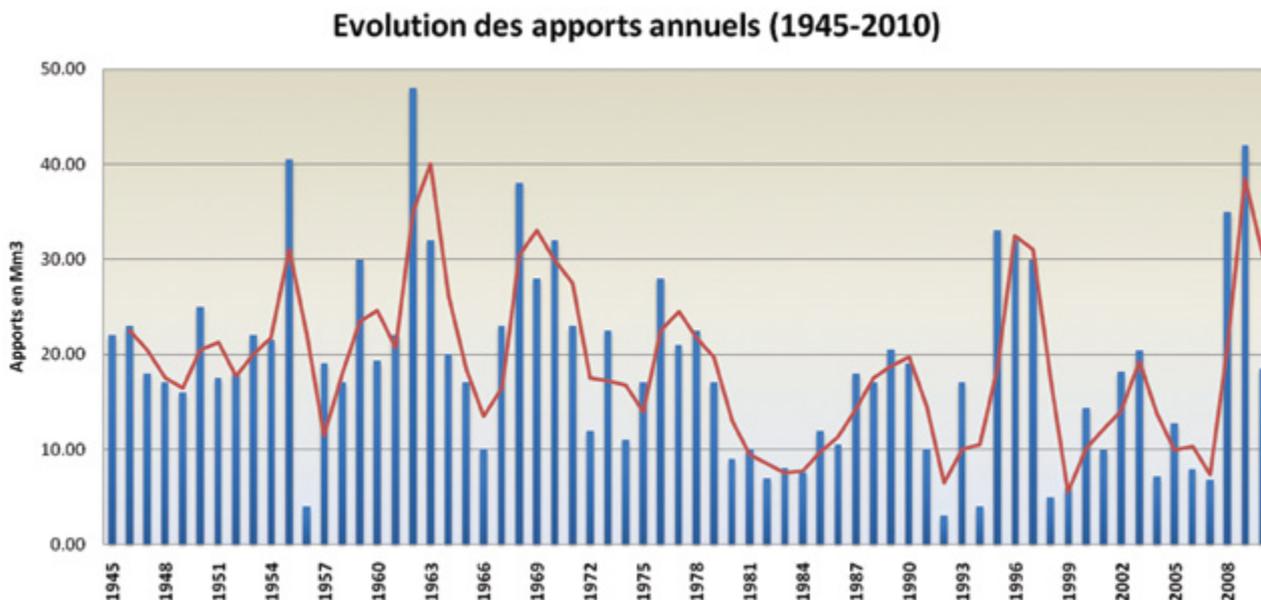


Figure 2 : Historique des apports en eau superficiels du Maroc (MDCE, 2014).

### I.1. Raréfaction des ressources en eau

Les quatre dernières décennies ont été caractérisées par une nette diminution des écoulements des cours d'eau superficiels et de la recharge naturelle des nappes. Les baisses des écoulements superficiels ont atteint près de 20 % entre les périodes 1970-2006 et 1950-2006 et dépassent 70 % dans certaines régions.

### I.2. Surexploitation des ressources en eau souterraine

Globalement, le volume d'eau souterraine prélevé dans les nappes dépasse les ressources en eau renouvelables. En effet, les récentes estimations évaluent les prélèvements à 5 Milliards de m<sup>3</sup>/an, soit un puisement sur le potentiel non-renouvelable des nappes d'un volume moyen de 1 Milliard de m<sup>3</sup>/an. Cette surexploitation a engendré une baisse quasi-généralisée des niveaux des nappes (dépassant parfois 2 m/an dans certaines nappes : Sebt El Guerdane (bassin de Souss), Tensift, Sais....

### I.3. Inondations

Une grande partie du territoire national est soumise à de fortes intensités de pluie générant des crues violentes provoquant parfois des dégâts humains et matériels importants. La fréquence des inondations et l'ampleur des dégâts humains et matériels a augmenté ces dernières décennies, conséquence évidente (et prévisible) du changement climatique.

### I.4. Dégradation de la qualité des ressources en eau

Cette dégradation constitue un des problèmes majeurs du secteur de l'eau au Maroc. En effet, des niveaux importants de pollution sont observés dans plusieurs tronçons de cours d'eau et dans quelques nappes du Maroc. Les causes de cette détérioration sont dues essentiellement au retard important enregistré dans le domaine de l'assainissement liquide et solide et celui de l'épuration des eaux usées domestiques et industrielles, l'utilisation non rationnelle des engrais chimiques et des pesticides dans les périmètres irrigués, l'intrusion marine dans les nappes côtières (conséquence de la surexploitation)....

L'objet du présent travail de recherche est de :

- faire une évaluation du degré de vulnérabilité au changement climatique des ressources en eau du Maroc aux horizons 2020, 2050 et 2080 sur la base des scénarios retenus par le 5<sup>ème</sup> rapport du GIEC;
- évaluer le potentiel de ces ressources aux horizons 2020, 2050 et 2080;
- proposer des mesures d'adaptation du secteur de l'eau du Maroc aux impacts négatifs du changement climatique.

Il a été élaboré dans le cadre de la préparation (par le Ministère Délégué Chargé de l'Environnement) de la Troisième Communication Nationale du Maroc sur le Changement Climatique en collaboration avec le Bureau d'Etudes CEDARS-Maroc et l'Ecole Hassania des Travaux Publics.

## II. CONTEXTES GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE DU MAROC

### II.1. Contexte géographique

Le Maroc s'étend sur une superficie de 710 850 km<sup>2</sup>. Il est situé à l'extrême nord-ouest du continent Africain, entre

les latitudes 21°N et 36°N et les longitudes 1°O et 17°O. Il est délimité au Nord et à l'Ouest respectivement par la mer Méditerranée et l'océan Atlantique, à l'Est par l'Algérie et au Sud par la Mauritanie (Fig. 3). Il est séparé du continent Européen par le détroit de Gibraltar ; les points les plus proches entre le Maroc et l'Espagne n'étant distants que de 14 km.

Le Maroc dispose d'un littoral s'étendant sur près de 3 500 km le long des deux façades maritimes atlantique (2 934 km entre le Cap Spartel et Lagouira) et méditerranéenne (512 km entre le Cap Spartel et la ville de Saïdia).

Le Maroc bénéficie d'une remarquable diversité géographique et climatique et dispose d'une gamme importante de milieux naturels et d'écosystèmes variant entre la haute montagne (humide et enneigée) aux fins fonds du désert, en passant par des zones humides diversifiées (sources, oueds, lacs temporaires ou permanents, barrages, lagunes, estuaires) et un espace maritime d'une superficie d'un million de Km<sup>2</sup>.

### II.2. Contexte climatique

Le Maroc se trouve dans une zone géographique intermédiaire où siège une compétition entre les systèmes dépressionnaires tempérés et l'anticyclone subtropical des Açores qui conditionne l'occurrence d'événements météorologiques au Maroc. C'est une zone de transition entre les deux grands climats généraux que sont le climat tempéré d'une part et les climats désertiques ou tropicaux d'autre part. Cette situation confère au Maroc un climat varié et contrasté, conjugué à d'importantes influences locales exercées par l'étendue maritime (Océan Atlantique à l'Ouest et la Méditerranée au Nord), par la présence de reliefs (Chaînes de l'Atlas s'étendant du sud au centre et le Rif au nord) et par la bordure sud avec le désert du Sahara (Fig. 4).

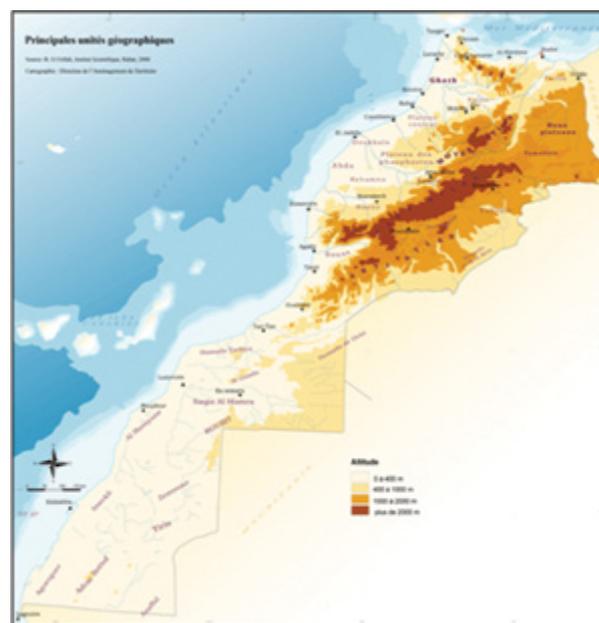


Figure 3 : Carte du Maroc.

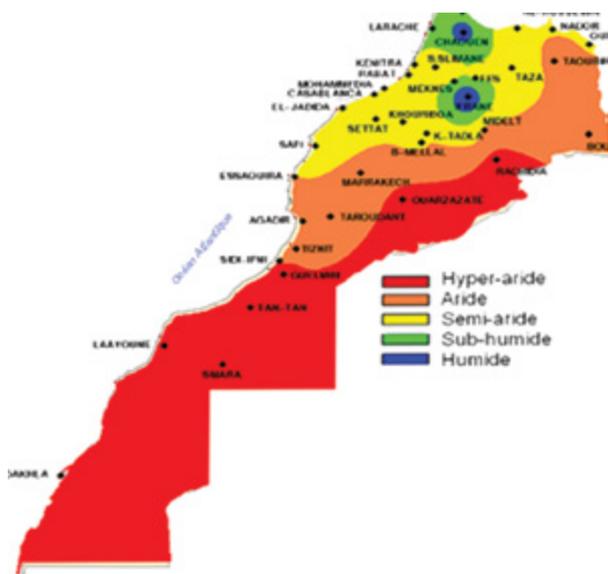


Figure 4 : Types de climats du Maroc (MDCE, 2014).

### III. PROJECTIONS CLIMATIQUES SUR LE MAROC

#### III.1. Méthodologie suivie

Pour la définition des trajectoires futures du climat du Maroc, nous nous sommes basés sur la méthodologie qui a été suivie dans le 5<sup>ème</sup> Rapport du GIEC (GIEC, 2013a).

Les simulations du 5<sup>ème</sup> rapport du GIEC ont été générées en utilisant un ensemble de nouveaux modèles climatiques globaux qui reflètent collectivement divers degrés d'avancement dans la science du climat et de la modélisation.

Plus de 20 groupes de modélisation internationaux effectuent des simulations climatiques avec plus de 50 modèles, dans le cadre de la 5<sup>ème</sup> Phase du Projet d'Intercomparaison de Modèles Climatiques Couplés (Coupled Model Intercomparison Project : CMIP5) (Taylor, et al., 2009, Van Vuuren, et al., 2011).

Les projections climatiques CMIP5 ont également été développées en utilisant un nouvel ensemble de scénarios de forçage climatique (par exemple, les trajectoires de concentration représentatives [RCP] [van Vuuren et al. 2011]) qui reflètent les progrès récents de la modélisation de l'évaluation intégrée pour caractériser l'évolution future des gaz à effet de serre (GES). Ces trajectoires proviennent des résultats des recherches les plus récentes menées à partir de modèles intégrant les évolutions socio-économiques et climatiques.

Ce choix tient compte d'une part des améliorations apportées aussi bien au niveau des Modèles Climatiques en termes de résolution spatiale et des méthodes de descente d'échelle ainsi que de la prise en compte de certains facteurs impactant le réchauffement climatique (contributions de la banquise et de la végétation ou l'impact de la chimie des aérosols).

#### III.2. Scénarios d'émissions de référence

Quatre scénarios de référence d'évolution des concentrations des gaz à effet de serre (Représentative Concentration Pathans ou RCP) ont été retenus dans le cadre du CMIP5 (Tab. 1 et Fig. 5) pour représenter une gamme de facteurs de forçage radiatif tout au long du XXI siècle et même jusqu'à l'horizon 2400.

#### III.3. Horizons temporels et période de référence

Le 5<sup>ème</sup> rapport du GIEC propose, parmi ses nouveautés, de mettre l'accent sur les projections climatiques à court terme (2016-2035), auxquelles on rajoute celles à moyen et long termes (2046-2065 et 2081-2100) et même jusqu'à l'an 2300.

La période de référence adoptée est celle de 1986 à 2005. Ce qui veut dire que pour les températures à différents horizons temporels et tous scénarios confondus il faudra rajouter +1°C qui résulte de la hausse des températures enregistrée entre la période pré-industrielle et 1986.

#### III.4. Synthèse des résultats des projections climatiques

##### III.4.1. Scénario RCP 2.6 « Optimiste »

Pour tous les horizons temporels, on observe une tendance à la baisse des cumuls annuels des précipitations qui

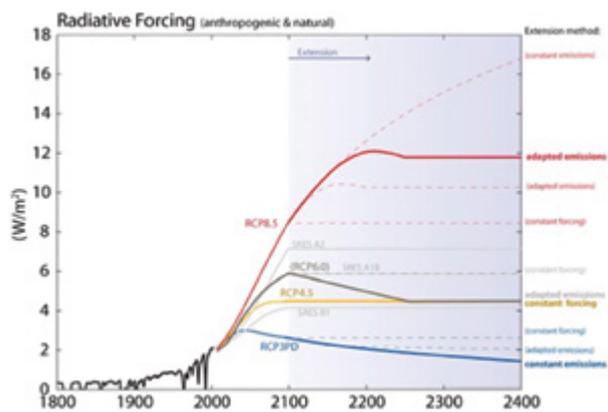


Figure 5 : Scénarios d'émission RCP (GIEC 2013a) et SRES (GIEC 2007a).

Tableau 1 : Scénarios de référence d'évolution des concentrations des gaz à effet de serre (Mosset et al. Nature, 2010).

Nom	Forçage radiatif	Concentration	Trajectoire
RCP 8.5	> 8.5 Wm <sup>2</sup> en 2100	> 1370 eqCO <sub>2</sub> en 2100	Croissante
RCP 6.0	~ 6.0 Wm <sup>2</sup> au niveau de stabilisation après 2100	850 eqCO <sub>2</sub> au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation sans dépassement
RCP 4.5	~ 4.5 Wm <sup>2</sup> au niveau de stabilisation après 2100	660 eqCO <sub>2</sub> au niveau de stabilisation après 2100	Stabilisation sans dépassement
RCP 2.6	Pic à 3 Wm <sup>2</sup> avant 2100 puis déclin	Pic 490 eqCO <sub>2</sub> en 2100	Pic puis Déclin (PD)

varie entre 10 et 20 % pour atteindre 30 % sur les provinces sahariennes à l'horizon 2100. Néanmoins, ces baisses restent statistiquement non significatives. Ce qui ne voudrait pas dire que le changement actuel observé au niveau du déclin des précipitations ne devra pas se poursuivre dans les années et décennies à venir ou tout au moins se maintenir (Fig. 6).

Pour les températures moyennes annuelles, une tendance à la hausse significative de 0,5 °C est projetée à l'horizon 2020 et de 1 à 1,5 °C sur l'ensemble du pays à partir des années 2050 et se maintiendra jusqu'en 2080.

#### III.4.2. Scénarios RCP 4.5 et 6.0 dits « intermédiaires »

Tous les modèles climatiques sont concordants pour prévoir une diminution des cumuls annuels des précipitations comprise entre 10 et 20 % au cours de la période 2036-2050 et se poursuivra jusqu'en 2100 par rapport à la période 1986-2000. Le réchauffement oscillera entre 1,5 et 2,0°C en l'an 2050 et atteindra 3,0 à 4,0°C vers l'an 2080 (Fig. 7).

#### III.4.3. Scénario RCP 8.5 « pessimiste »

On observe une tendance à la baisse de 0 à 10% des cumuls annuels des précipitations pour la période 2016-2035 mais statistiquement non significative. Cette tendance à la baisse va cependant se confirmer pour atteindre 20 % pour la période 2046-2065 (Fig. 8) sur toutes les régions du Nord du Maroc et du bassin Méditerranéen et 40 % pour la période 2081-2100 à l'Ouest des chaînes de l'Atlas et du Rif (Plaines du Saiss, du Loukkos, du Gharb et de la Chaouia).

## IV. PROJECTIONS DE L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU DU MAROC

### IV.1. Méthodologie suivie

Au Maroc, les écoulements d'eau superficiels sont tributaires des précipitations. Les crues, généralement violentes et

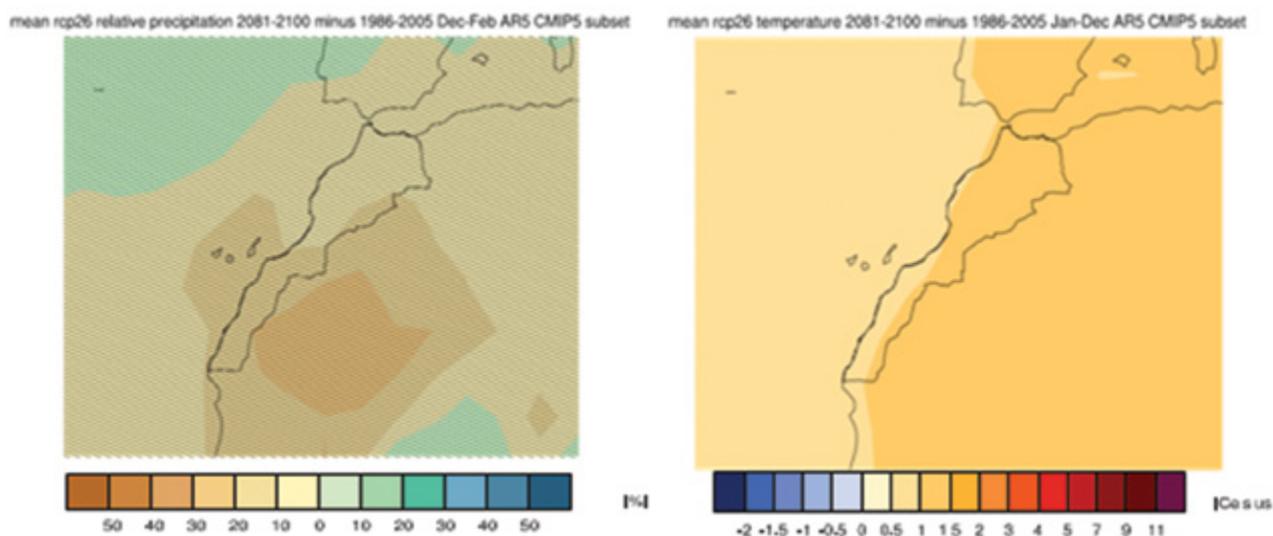


Figure 6 : Scénario d'émission RCP 2.6 (Scénarios dit « optimiste »). Changement des précipitations annuelles (à gauche) et des températures moyennes annuelles (à droite). Période 2081-2100 par rapport à la période 1986-2005.

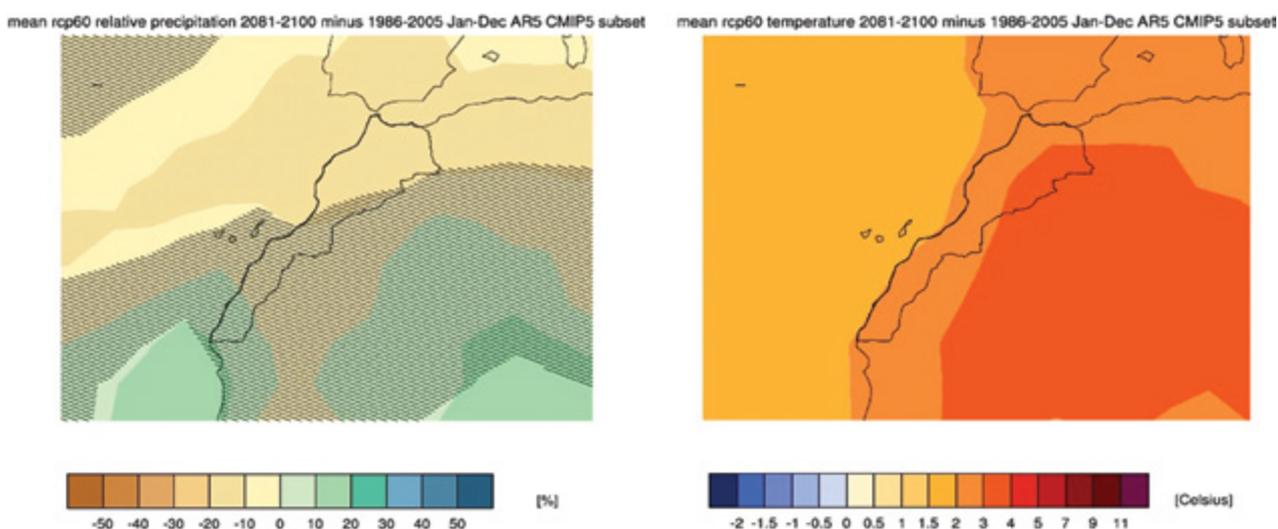
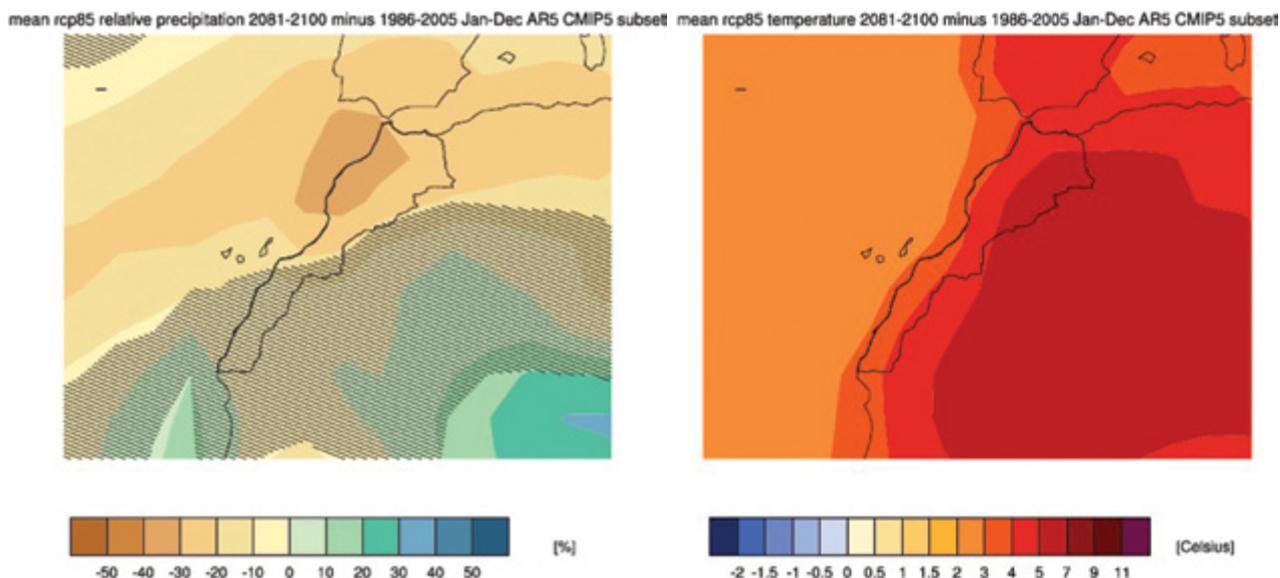


Figure 7 : Scénario d'émission 6.0 (Scénario dit « intermédiaire »). Changement des précipitations annuelles (à gauche) et des températures moyennes annuelles (à droite). Période 2081-2100 par rapport à la période 1986-2005.

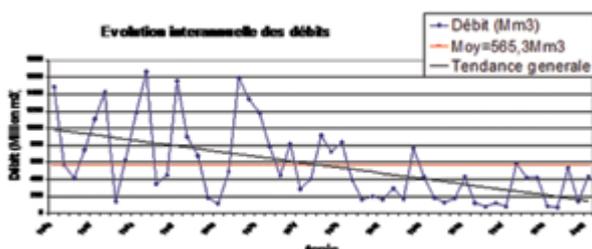


**Figure 8 :** Scénario d’émission RCP 8.5 (Scénario dit « pessimiste»). Changement des précipitations annuelles (à gauche) et des températures moyennes annuelles (à droite). Période 2081-2100 par rapport à la période 1986-2005.

rapides, constituent l’essentiel des apports des cours d’eau. En moyenne, elles sont enregistrées sur des périodes de 5 à 15 jours pour les bassins du Sud et de 15 à 20 jours pour les bassins du Nord. L’évaluation de l’impact du Changement Climatique sur les ressources en eau a été basée sur les résultats des projections climatiques effectuées et sur les résultats des régressions statistiques établies entre les précipitations et les apports d’eau superficiels aux barrages Hassan Addakhil (situé sur l’oued Ziz au sud-est) et Idriss 1<sup>er</sup> (situé sur l’oued Innaouene, affluent de l’oued Sebou, au centre du Maroc).

La figure 9 montre une nette tendance à la baisse des apports d’eau superficiels, notamment depuis le début de la décennie des années 80 du 20<sup>ème</sup> siècle (soit depuis plus de 30 ans), conséquence évidente des effets négatifs du changement climatique. Les apports moyens d’eau superficiels pendant cette période (1950-2002) sont de 516 Mm<sup>3</sup>/an.

La figure 10 contient la droite de régression établie entre les écarts à la moyenne des apports d’eau superficiels au barrage Idriss 1<sup>er</sup> et ceux des précipitations alimentant les bassins versants de ce barrage sur une période de plus de 50 ans (19050-2002). Cette régression statistique indique de façon tout à fait claire l’impact de la baisse des précipitations sur les apports d’eau à la retenue du barrage Idriss 1<sup>er</sup>.



**Figure 9 :** Historique des apports au barrage Idriss 1er par l’oued Inaouene (bassin du Sebou). (Sinan et al., 2009).

#### IV.2. Synthèse des résultats de l’impact du changement climatique sur les ressources en eau du Maroc

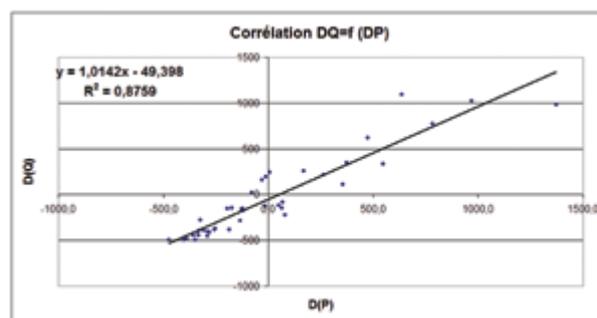
Les ressources en eau des deux bassins étudiés subiraient des baisses comme ci-dessous par rapport à la fin du 20<sup>e</sup> siècle :

- 2020 : - 7,6 % (scénario optimiste) et - 8,6 % (scénario pessimiste) ;
- 2050 : - 2,3 % (scénario optimiste) et - 12,8 % (scénario pessimiste) ;
- 2080 : - 7,6 % (scénario optimiste) et - 40,6 % (scénario pessimiste).

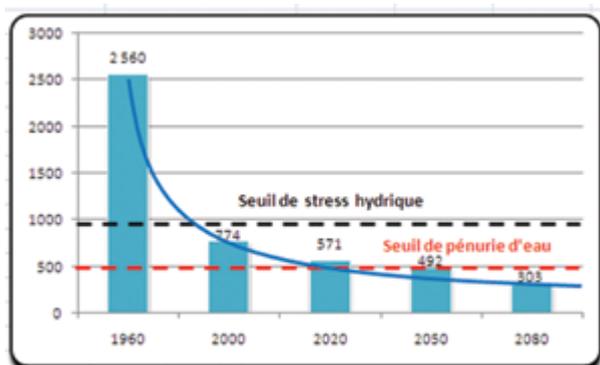
Ces projections indiquent également que le capital eau/an/habitant subirait une baisse importante à l’horizon 2050 et 2080, engendrant ainsi une situation de pénurie d’eau (capital eau/an/hab inférieur à 500 m<sup>3</sup>/an/hab) entre les horizons 2030 et 2050 et ce quelque soit le scénario socio-économique considéré (Fig. 11).

Le changement climatique peut induire également les impacts négatifs suivants :

- une augmentation de la demande en eau (notamment en irrigation), en raison de l’augmentation des températures et de l’évapotranspiration saisonnières ;



**Figure 10 :** Courbe de régression entre les écarts à la moyenne des apports d’eau au barrage Idriss Idriss 1<sup>er</sup> et ceux des précipitations du bassin versant de l’oued Inaouene (bassin de Sebou). (Sinan and al., 2009).



**Figure 11 :** Projection du Capital Eau/Habitant/an du Maroc. Moyenne des scénarios optimiste et pessimiste.

- un dérèglement des régimes naturels (saisonniers) des oueds ;
- une réduction de la capacité de stockage des retenues des barrages (en raison d'un envasement accéléré de leurs retenues par une érosion accentuée des sols des bassins versants engendrée par des fortes intensités de pluie) ;
- une aggravation de la surexploitation des nappes d'eau souterraine;
- une accentuation de l'approfondissement des niveaux des nappes d'eau souterraine ;
- une augmentation de la salinité des nappes côtières en raison d'une invasion plus importante des eaux marines ;
- une dégradation de la qualité des eaux superficielles en raison d'une baisse de la dilution, notamment au niveau des oueds recevant des rejets d'eaux usées (domestiques et industrielles) brutes ;

## V. MESURES D'ADAPTATION DU SECTEUR DE L'EAU AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Ces mesures concernent notamment :

- ✓ la lutte contre la surexploitation des nappes: renforcement de la recharge artificielle, mise en place des contrats de nappes, renforcement des moyens humains et matériels de la police de l'eau... ;
- ✓ l'encouragement des mesures d'économie d'eau conventionnelle mobilisée: lutte contre les fuites dans les réseaux d'eau potable, industrielle et d'irrigation, utilisation des techniques économes d'eau pour l'irrigation... ;
- ✓ le renforcement de la mobilisation des ressources en eau non conventionnelles : dessalement de l'eau de mer, déminéralisation des eaux saumâtres, collecte des eaux pluviales et du brouillard, réutilisation des eaux usées (domestiques et industrielles) épurées pour l'irrigation, l'arrosage des espaces verts, le nettoyage des chaussées, la lutte contre les incendies, le recyclage dans les procédés industriels... ;
- ✓ le renforcement de la protection des ressources en eau contre la pollution, en instaurant des périmètres de protection autour des captages d'eau potable et la généralisation des cartes de vulnérabilité et des risques de pollution des ressources en eau superficielles et souterraines ;
- ✓ le renforcement de la sensibilisation de la population à la vulnérabilité des ressources en eau aux impacts négatifs du changement climatique et à leur raréfaction ;
- ✓ l'encouragement de la formation, de la recherche scientifique et de l'innovation technologique dans le domaine de l'eau et du changement climatique.

## VI. CONCLUSIONS

Ce travail de recherche confirme les résultats des études et projections antérieures relatives à l'évaluation de la vulnérabilité du Maroc (notamment ses ressources en eau et son agriculture) au Changement Climatique. Les projections effectuées (basées sur les hypothèses et les scénarios retenus par le 5ème rapport du GIECC (GIEC. 2013a) ont permis de faire les estimations suivantes pour l'horizon 2080-2100 :

- ✓ Tendence globale à la baisse des cumuls annuels des précipitations, variant entre 10 % et 30 % ;
- ✓ Tendence à la hausse des températures moyennes annuelles, variant entre 2 et 5°C ;
- ✓ Tendence à la baisse du volume des apports des ressources en eau, variant entre 7,6 % et 40,6 % ;
- ✓ Baisse importante du capital eau/an/habitant, devant engendrer une situation de pénurie d'eau (apport moyen inférieur à 500 m<sup>3</sup>/an/habitant) entre les horizons 2030 et 2050.

En plus des grands efforts menés par le Maroc depuis plusieurs décennies pour s'adapter aux effets néfastes du Changement Climatique (notamment dans les secteurs de l'eau et de l'agriculture), d'autres mesures devront être mises en œuvre pour renforcer cette adaptation et concernent notamment le renforcement des mesures d'économie d'eau (en irrigation, en industrie et en eau potable), la lutte contre la surexploitation des nappes (lutte contre les prélèvements illégaux d'eau et développement de la recharge artificielle), le développement de l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles (réutilisation des eaux usées épurées, dessalement de l'eau de mer, déminéralisation des eaux saumâtres, collecte des eaux pluviales en milieu urbain et rural et du brouillard...), la protection contre la pollution des ressources en eau (généralisation de l'épuration des eaux usées et des décharges contrôlées, instauration des périmètres de protection des captages d'eau potable...), le renforcement des capacités, de la recherche scientifique et de l'innovation dans les domaines de ressources en eau et d'adaptation au Changement Climatique...

## VII. REFERENCES

- AGENCE DE BASSIN HYDRAULIQUE DU SEBOU (2006) — *Etude du Plan Directeur Intégré d'Aménagement des Eaux des Bassins du Sebou.*
- BOUSSETTA M., EL RHERARI R. (2006) — *Etude de l'Impact du Changement Climatique sur les ressources en Eau du Maroc. PFE.EHTP. Maroc.*
- IPPC. (2013) — Le 5ème rapport d'évaluation du groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat. *GIEC/IPCC*
- IPPC. (2007) — Le 4ème rapport d'évaluation du groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat. *GIEC/IPCC*
- IPPC. (2001) — Le 3ème rapport d'évaluation du groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat. *GIEC/IPCC*
- JALIL M., ECOLE HASSANIA DES TRAVAUX PUBLICS, MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'URBANISME, DE L'HABITAT ET DE L'ENVIRONNEMENT (2000) — *Vulnérabilité du Royaume du Maroc face aux impacts du Changement Climatique : Premier diagnostic. Impact sur le climat. Ecole Hassania des Travaux Publics.*
- KARL E. TAYLOR, RONALD J. STOFFER AND GERALD A. MEEHL (2012) — A Summary of the CMIP5 Experiment Design. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*
- KHOMSI K. (2014) — Variabilité hydroclimatique dans les bassins versants du Bouregreg et du Tensift : moyennes, extrêmes

- et projections climatiques. *Thèse de Doctorat. Université Mohammed V. Faculté des Sciences. Rabat. Maroc.*
- MINISTERE DELEGUE AUPRES DU MINISTERE DE L'ENERGIE, DES MINES, DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT CHARGE DE L'ENVIRONNEMENT (2016) — *Troisième Communication Nationale du Maroc à la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (Ver. Provisoire).*
- MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'URBANISME, DE L'HABITAT ET DE L'ENVIRONNEMENT (2001) — *Communication Nationale Initiale du Maroc à la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique.*
- MOKSSIT A., BENBIBA A., OULDBBA A., BENABDELFADEL A., BENSALD F. (1998) — *Changement Climatique et ressources en eau au Maroc. Projet Maghrebin sur le Changement Climatique. Projet RAB/94/G31, PNUD/FEM.*
- SECRETARIAT D'EAT CHARGE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT. MATEE (2010) — *Seconde Communication Nationale du Maroc à la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique.*
- SENOUSSI S. (2000) — *Variabilité climatique et ressources en eau: cas du bassin versant de l'Ouergha. Thèse de doctorat. Univ. Hassan II, Casablanca, Maroc.*
- SINAN M., BELHOUI A. (2015) — *Maroc aux horizons 2020, 2050 et 2080 et mesures d'adaptation. Colloque international « Les tensions sur l'eau en Europe et dans le bassin méditerranéen : des crises de l'eau d'ici 2050 ? ». SHF. Paris-Marne La Vallée. 8-9 Octobre 2015.*
- SINAN M., BELHOUI A., WAKRIM M., LEKHLIF B., JOUF CH., HANNAOUI M., CEDARS MAROC, MINISTERE DELEGUE CHARGE DE L'ENVIRONNEMENT (2015) — *Etude la vulnérabilité et adaptation du Maroc au changement climatique.*
- SINAN M., MINISTERE DE L'ENERGIE, DES MINES, DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (2012) — *Elaboration du Plan d'Action Technologique (PAT) d'Adaptation au Changement Climatique du Maroc. Projet dérivé du volet (i) du Programme stratégique de Poznan sur le transfert des technologies en rapport avec le Changement climatique.*
- SINAN M., BOUSSETTA M., EL RHERARI A. (2009) — *Changement Climatique : causes et conséquences sur le climat et les ressources en eau. J. HTE. 142 21-30*
- SINAN M., JALIL M. (2004) — *Evaluation préliminaire de l'impact du Changement Climatique sur les ressources en eau du Maroc. 57ème Congrès canadien de géotechnique et le 5ème Congrès conjoint SCG/AIH sur les eaux souterraines: La géo-ingénierie pour la société et son environnement (24 au 27 octobre 2004), Québec, Canada.*
- SINAN. M., ECOLE HASSANIA DES TRAVAUX PUBLICS, MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'URBANISME, DE L'HABITAT ET DE L'ENVIRONNEMENT (2000) — *Vulnérabilité du Royaume du Maroc face aux impacts du Changement Climatique : Premier diagnostic. Impact sur les ressources en eau.*
- VAN VUUREN ET AL. (2011) — *The Representative Concentration Pathway: An Overview. Climate Change.*