

Atelier #4 : Analyses de vulnérabilité et risques climatiques

Vulnérabilité & Adaptation au Changement Climatique des secteurs socio-économiques clés du Maroc

[Pr. Mohamed Sinan](#)

*Chef du Département Hydraulique, Environnement et Climat
EHTP-Casablanca*

Membre de l'Académie de l'Eau de France

[Mail:sinanmohamed1960@gmail.com](mailto:sinanmohamed1960@gmail.com)

[GSM: 06 08 89 26 07](tel:0608892607)

[Rabat, le 17 Septembre 2020](#)



المدرسة الحسنانية للأشغال العمومية
ECOLE HASSANIA DES TRAVAUX PUBLICS



Académie de l'Eau

Plan

1

CHANGEMENT CLIMATIQUE (CC): CAUSES ET CONSEQUENCES OBSERVEES ET PROJETES AU NIVEAU PLANETAIRE

2

CHANGEMENT CLIMATIQUE (CC): IMPACTS OBSERVES SUR LE CLIMAT ET LES RESSOURCES EN EAU DU MAROC

3

CHANGEMENT CLIMATIQUE (CC): IMPACTS PROJETES SUR LES RESSOURCES EN EAU ET SUR QUELQUES SECTEURS SCIO-ECONOMIQUES CLES DU MAROC

4

CHANGEMENT CLIMATIQUE (CC): IMPACTS SUR LES OUVRAGES HYDRAULIQUES

5

QUELQUES MESURES D'ADAPTATION AU CC DES RESSOURCES EN EAU ET DE QUELQUES SECTEURS SCIO-ECONOMIQUES CLES DU MAROC

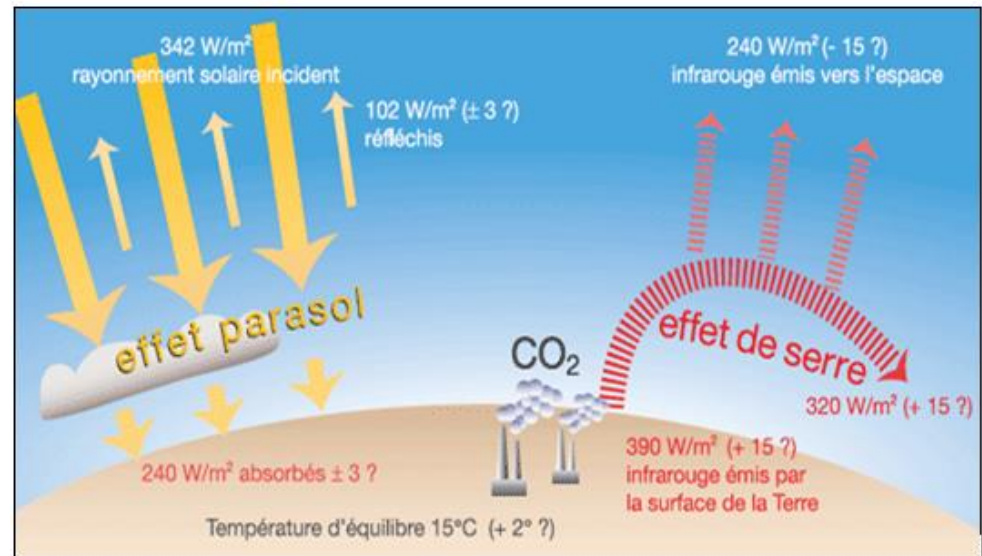
Changement Climatique:

Causes et conséquences observées
et projetées au niveau planétaire

Effet de serre

Phénomène naturel: du à la présence autour de la surface de la terre de plusieurs gaz, dont notamment:

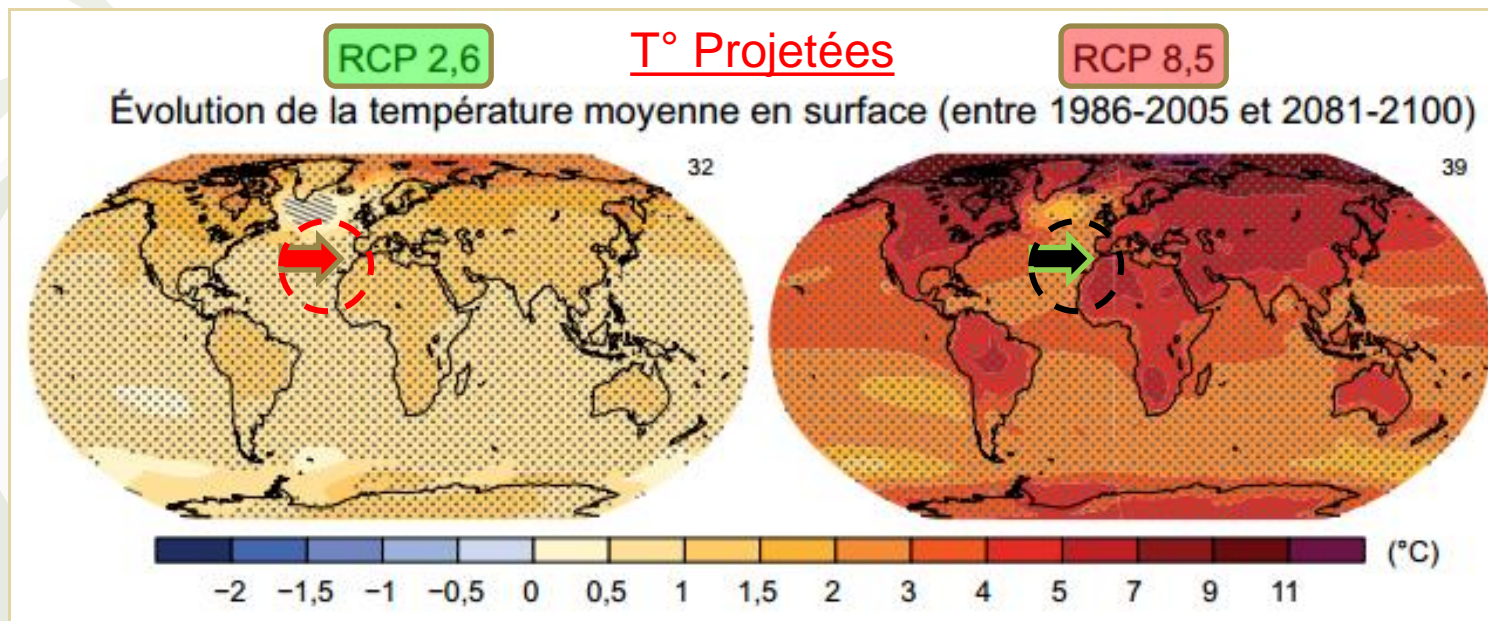
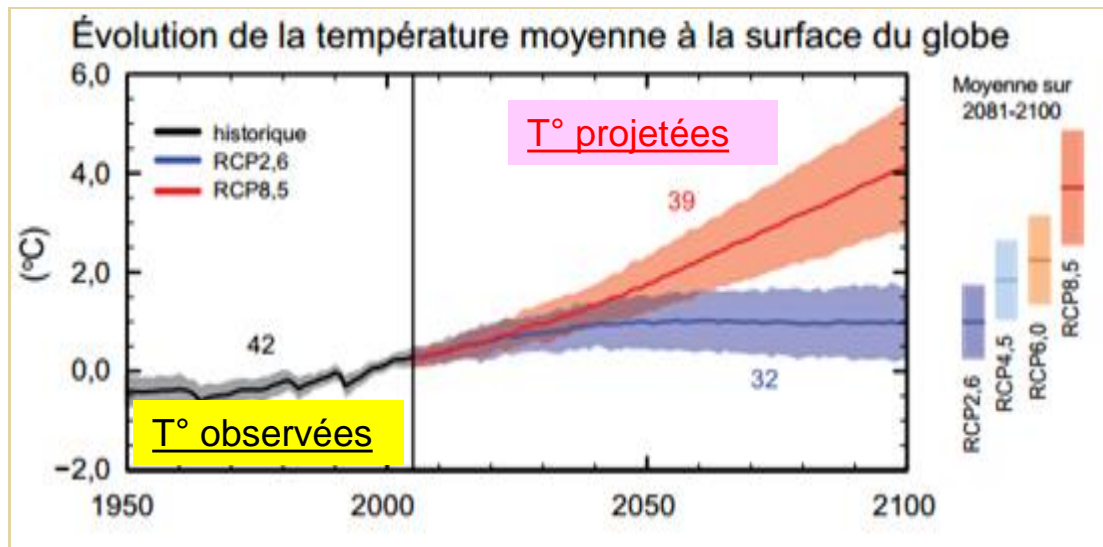
- ✓ Azote (N_2);
- ✓ Oxygène (O_2);
- ✓ CO_2 ;
- ✓ Argon (Ar);
- ✓ Méthane (CH_4);
- ✓ Dioxyde d'Azote (NO_2);
- ✓ Dioxyde de Soufre (SO_2);
- ✓ Ozone (O_3);
- ✓ Monoxyde de carbone (CO);
- ✓



➔ Température moyenne du globe: environ 15°C .

Projection de la variation des T° entre 1986-2005 et 2081-2100):

Hausse significative des températures du globe et des pays du pourtour méditerranéen



Projection de la variation de la variation des précipitations (%)
entre 1986-2005 et 2081-2100

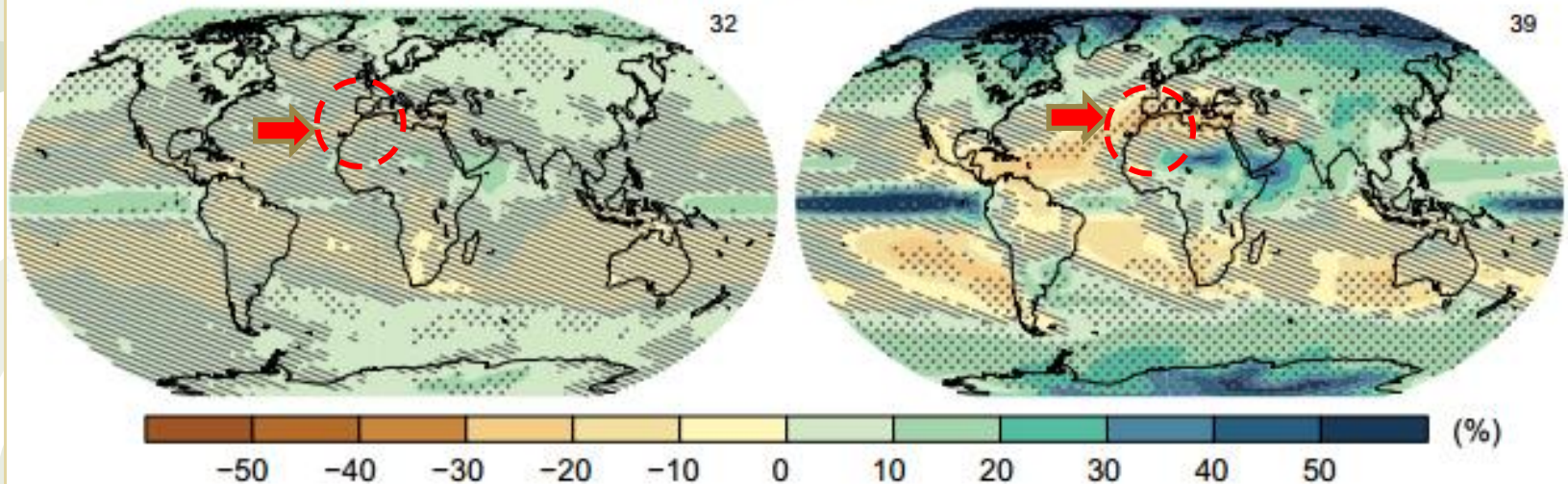
Baisse significative des précipitations (%) des pays du pourtour méditerranéen

Précipitations projetées

RCP 2.6

RCP 8.5

Évolution des précipitations moyennes (entre 1986-2005 et 2081-2100)



Remonté du niveau de lamer

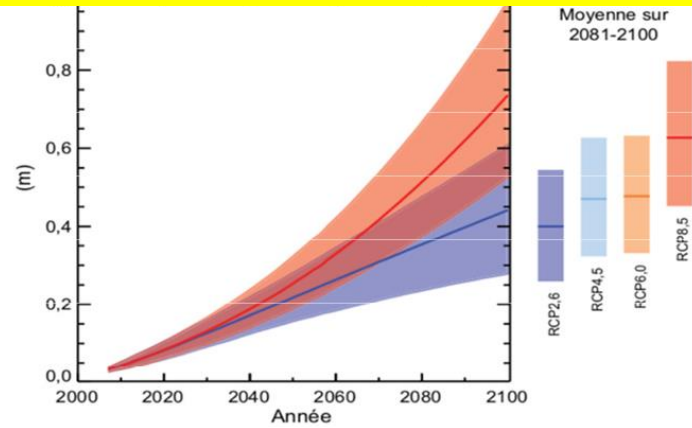
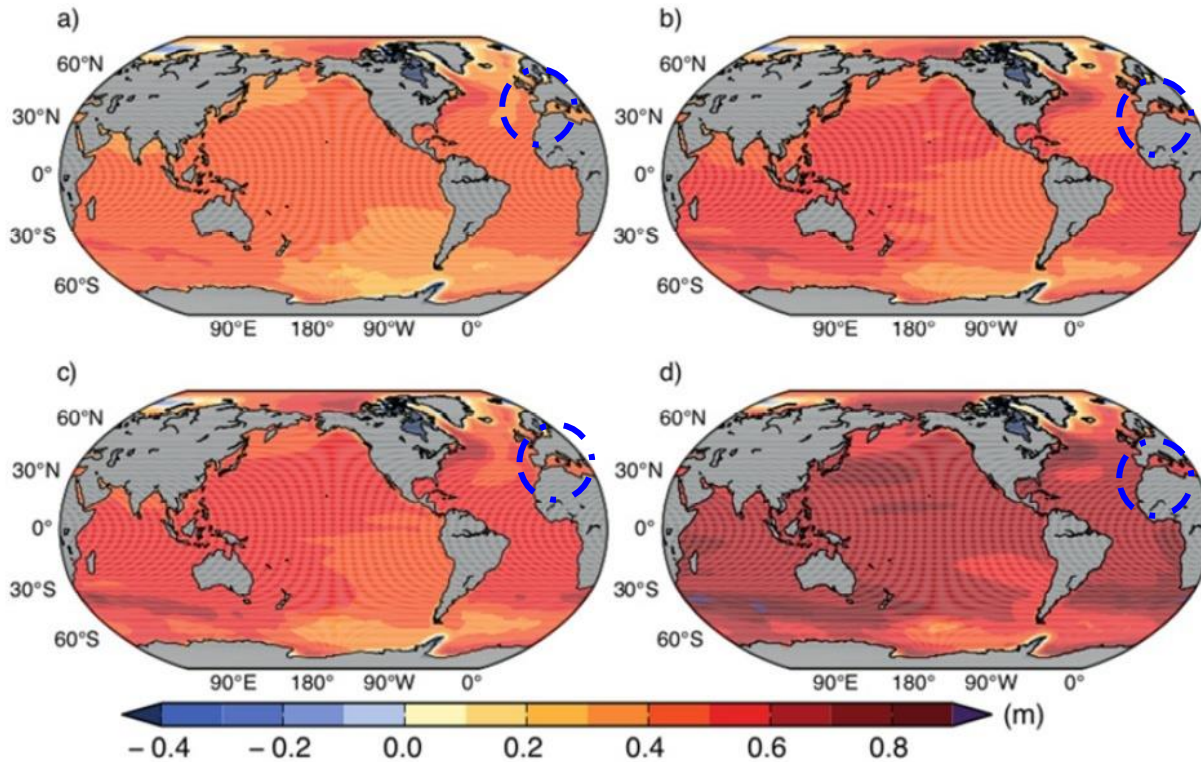


Figure A14 : Évolutions du niveau moyen de la mer simulées par les modèles du GIEC

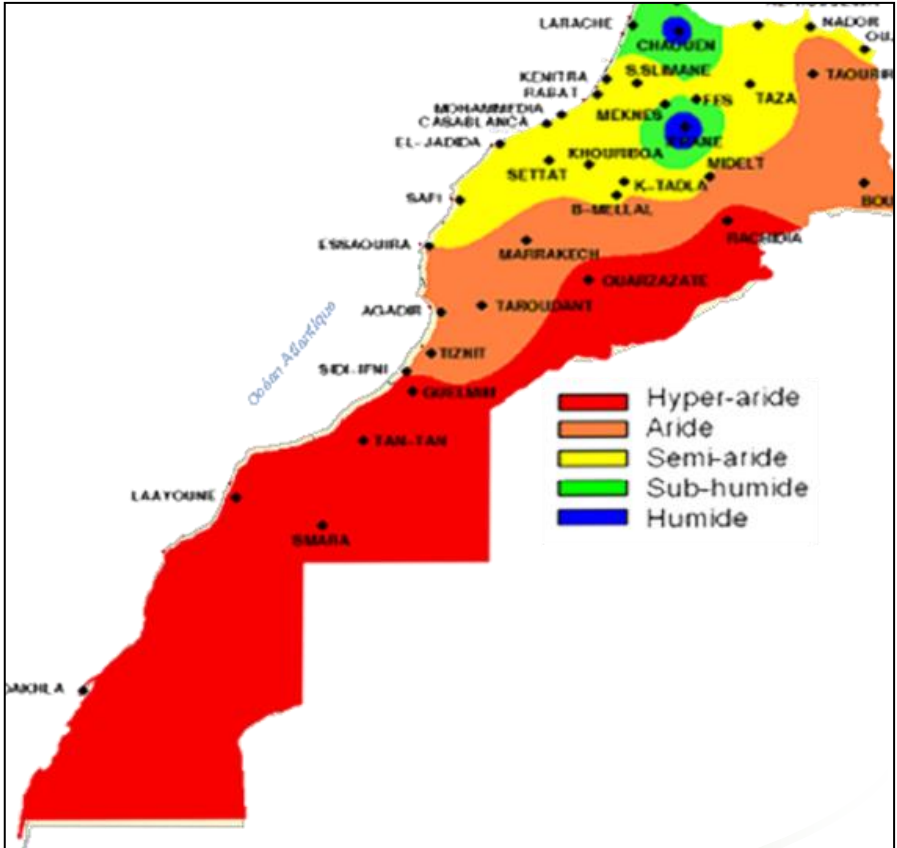
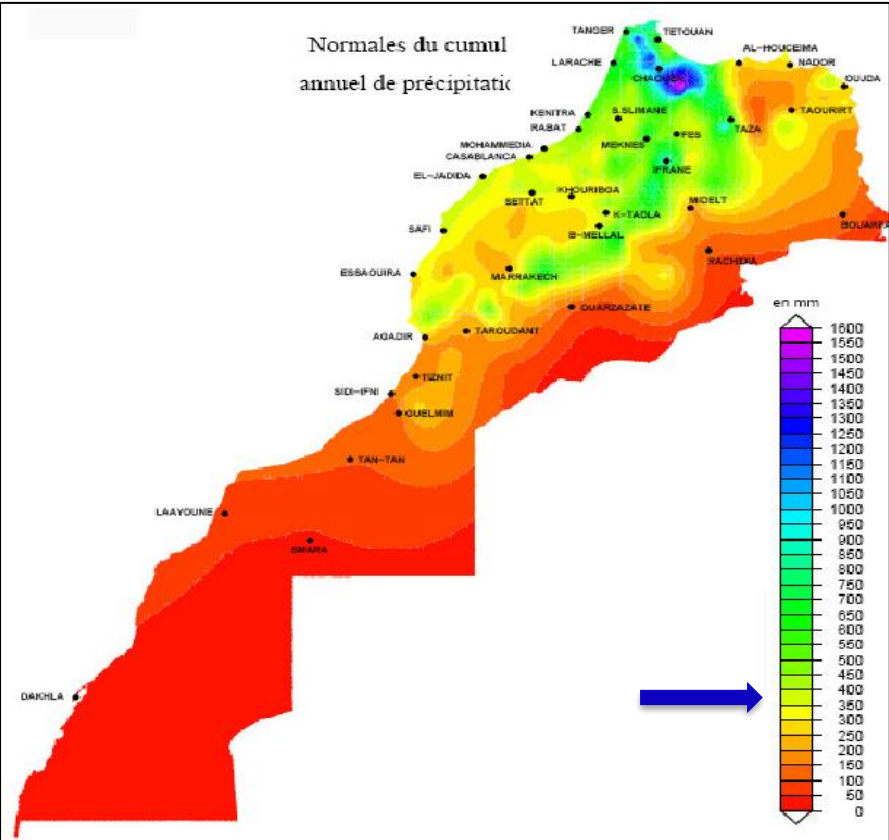


Variations (en m) du niveau moyen des océans entre 1986-2005 et 2081-2100 selon différents scénarios : a) 2.6, b) 4.5, c) 6 et d) 8.5. (GIEC)

Changement Climatique :

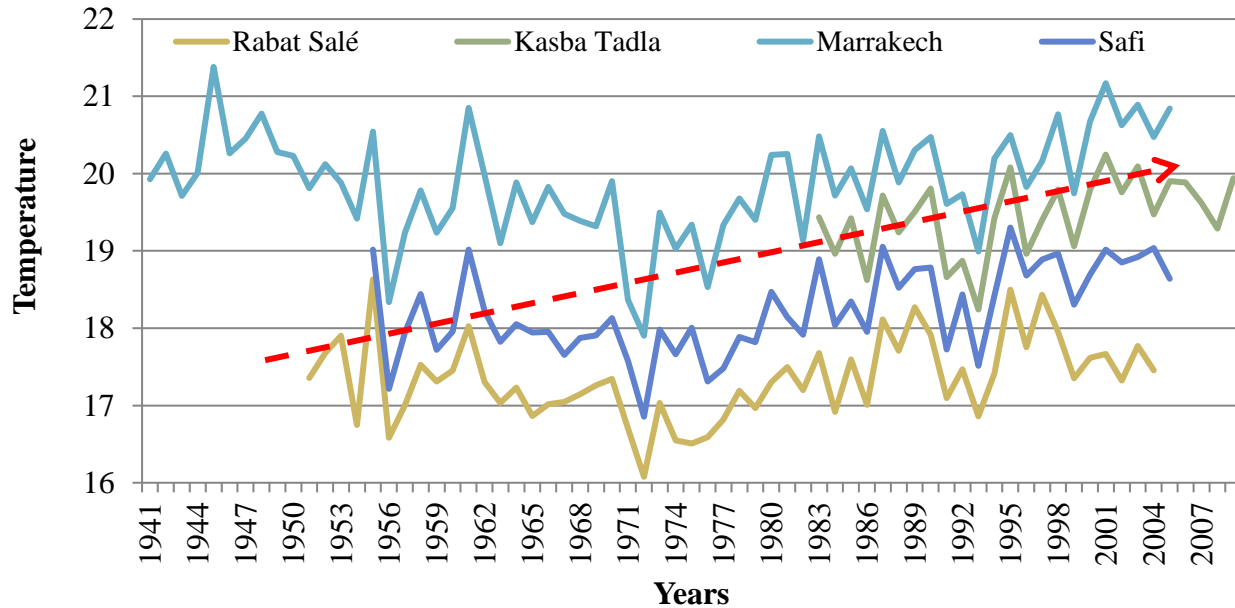
Impacts observés sur le climat
et les ressources en eau du Maroc

Climat actuel du Maroc



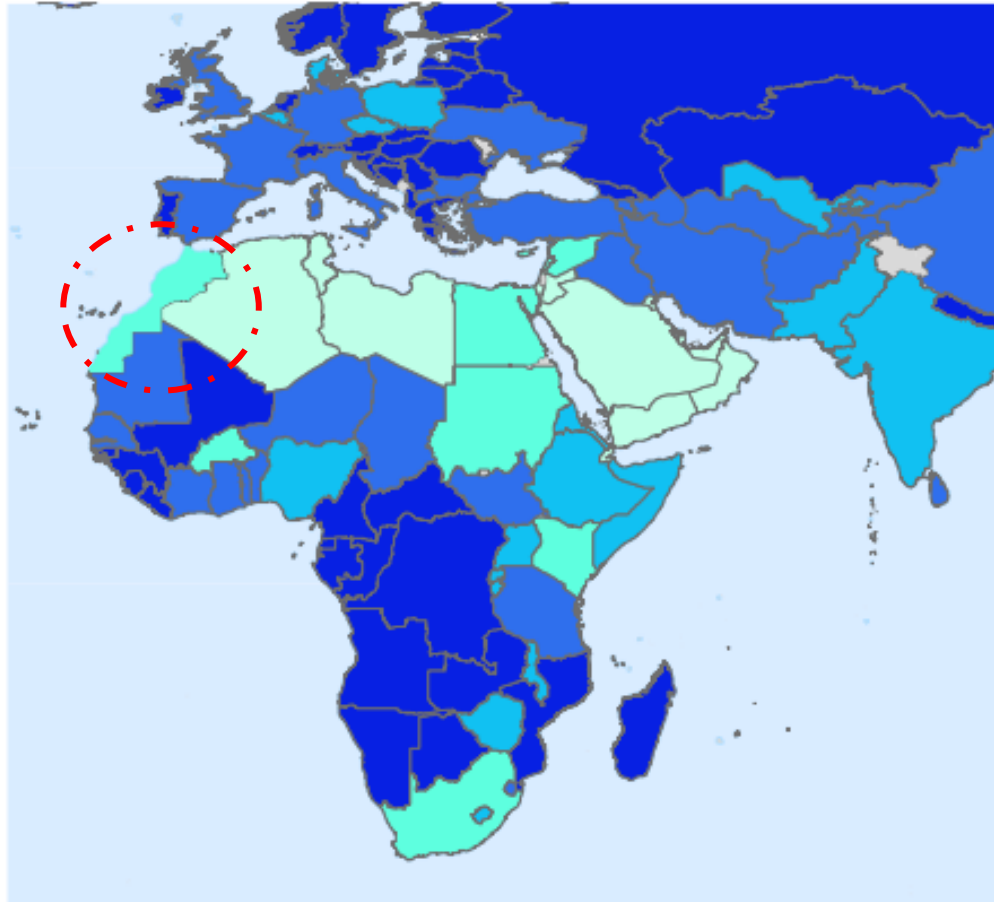
Climat semi-aride à hyper-aride

Températures



Augmentation des températures moyennes
(K. Khomsi, 2015)

Ressources en eau renouvelables totales par habitant et par an en Afrique



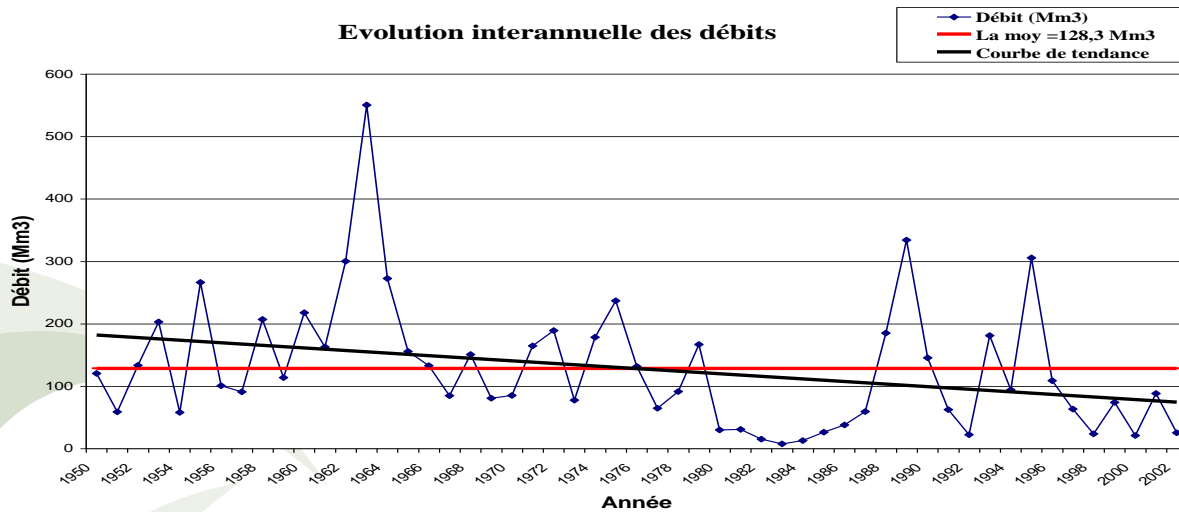
● < 500 (pénurie d'eau absolue)
● 500-1000 (pénurie d'eau chronique)

● 1000-1700 (stress hydrique)
● 1700-5000 (stress hydrique occasionnel ou local)
● > 5000 (ressources en eau abondantes au niveau national, stress possible au niveau local)

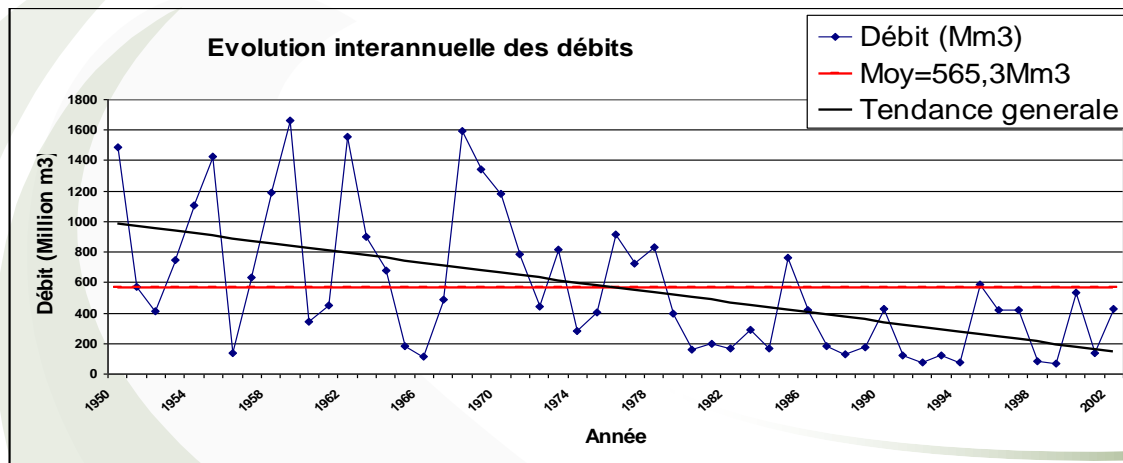
Source : AQUASTAT/Geographic Projection.

2. Impact du CC sur les Ressources en Eau

➤ Apports d'eau aux barrages



[Historique des apports au barrage Hassan Addakhil sur l'oued Ziz](#)

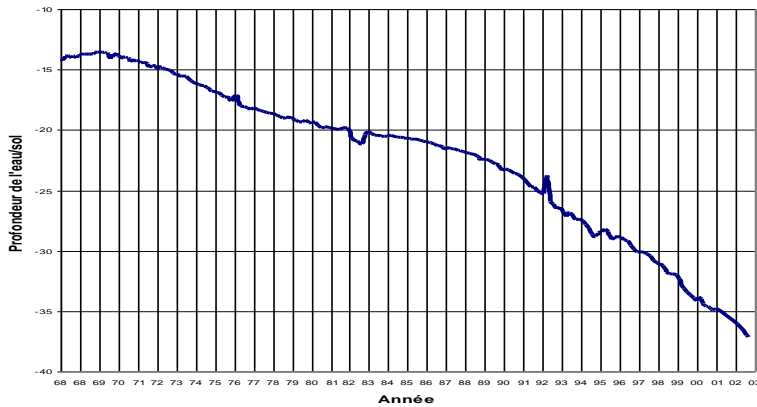


[Historique des apports au barrage Idriss 1er sur l'oued Inaouene \(bassin du Sebou\).](#)



Surexploitation des Nappes:

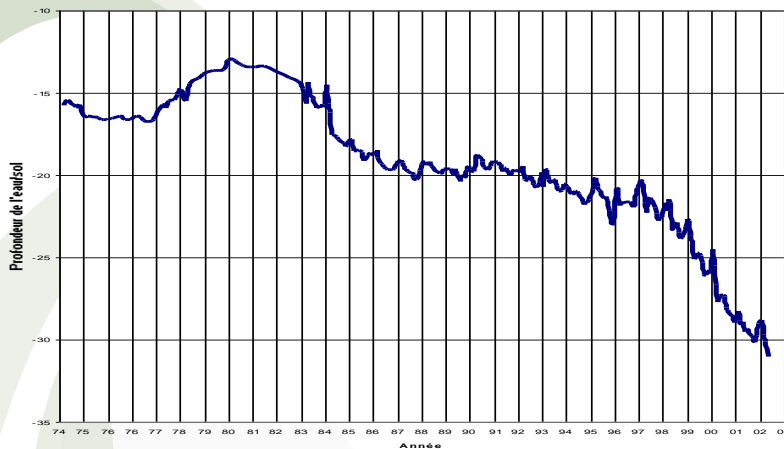
Baisse des niveaux piézométriques et de la pression des nappes en charge (captives)



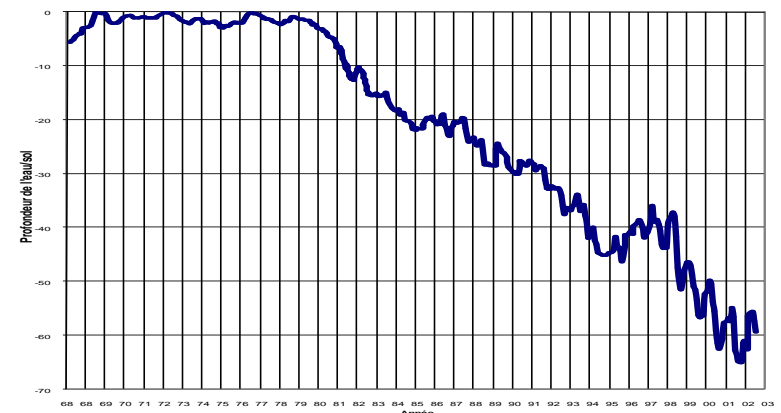
Nappe du Souss

- Baisse de 24 m en 34 ans
- Volume Total d'Eau surexploité en 25 ans : 4.2 Mdm³

Nappe du Haouz



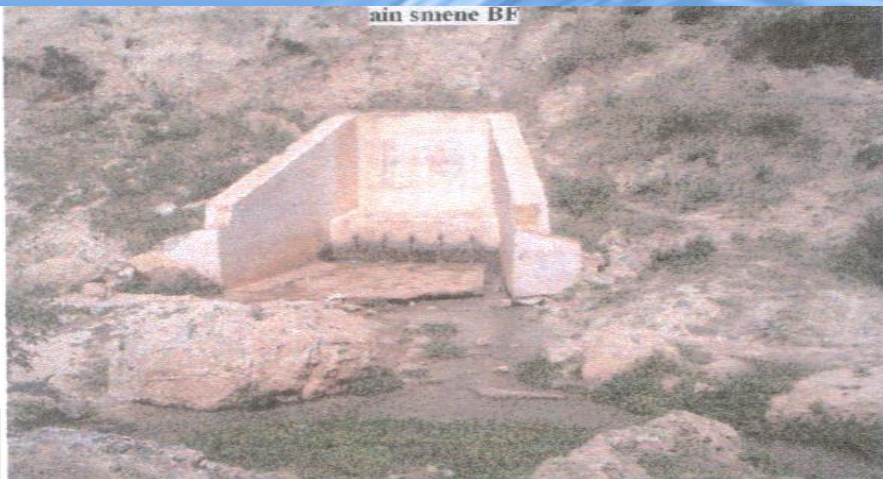
Nappe du Saiss



- Baisse de 18 m en 24 ans
- Volume Total surexploité en 25 ans : 3.2 Mdm³

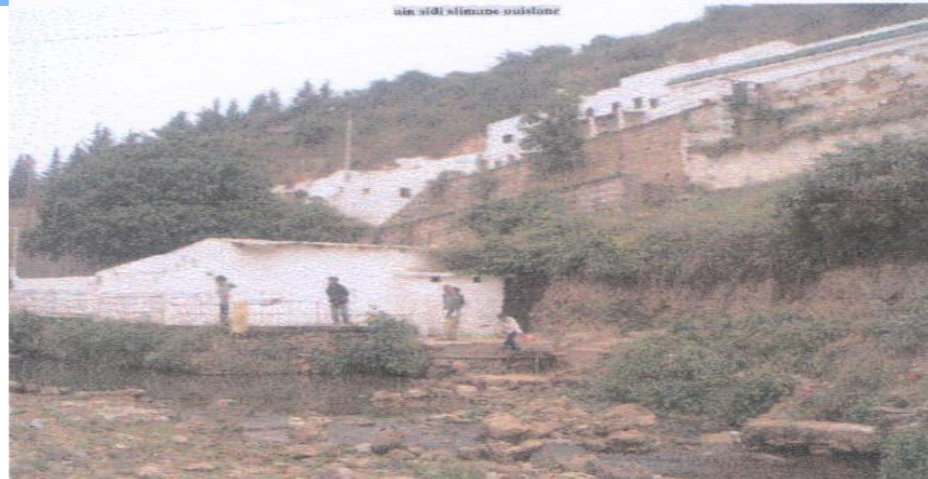
- Baisse de 64 m en 25 ans
- Volume Total d'Eau surexploité en 25 ans : 2.5 Mdm³

Baisse des débits ou tarissement des sources



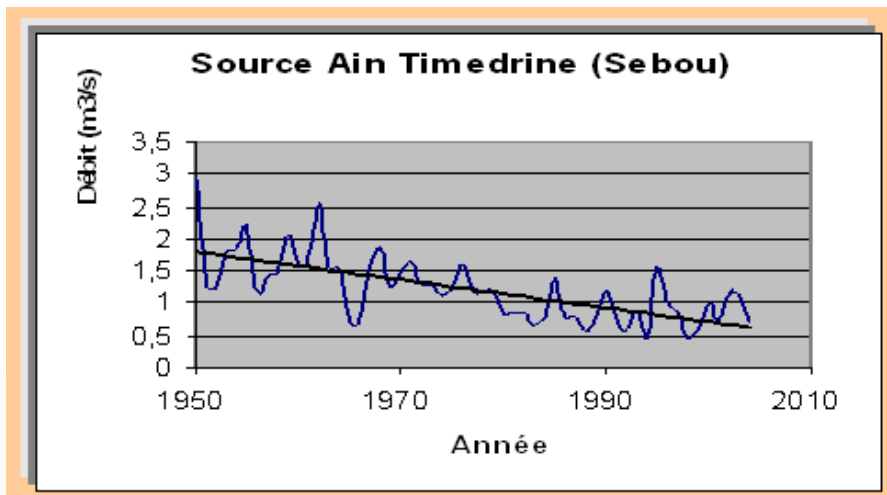
Ain Semene

Débit avant 1980 : 400 l/s
Débit actuel : 23 l/s



Ain Si Slimane

Débit avant 1980 : 300 l/s
Débit actuel : 20 l/s



Changement Climatique :

Impacts projetés sur le climat
et quelques secteurs socio-économiques
du Maroc

ROYAUME DU MAROC



Ministère Délégué auprès du Ministre de l'Énergie,
des Mines, de l'Eau et de l'Environnement
Chargé de l'Environnement



RAPPORT

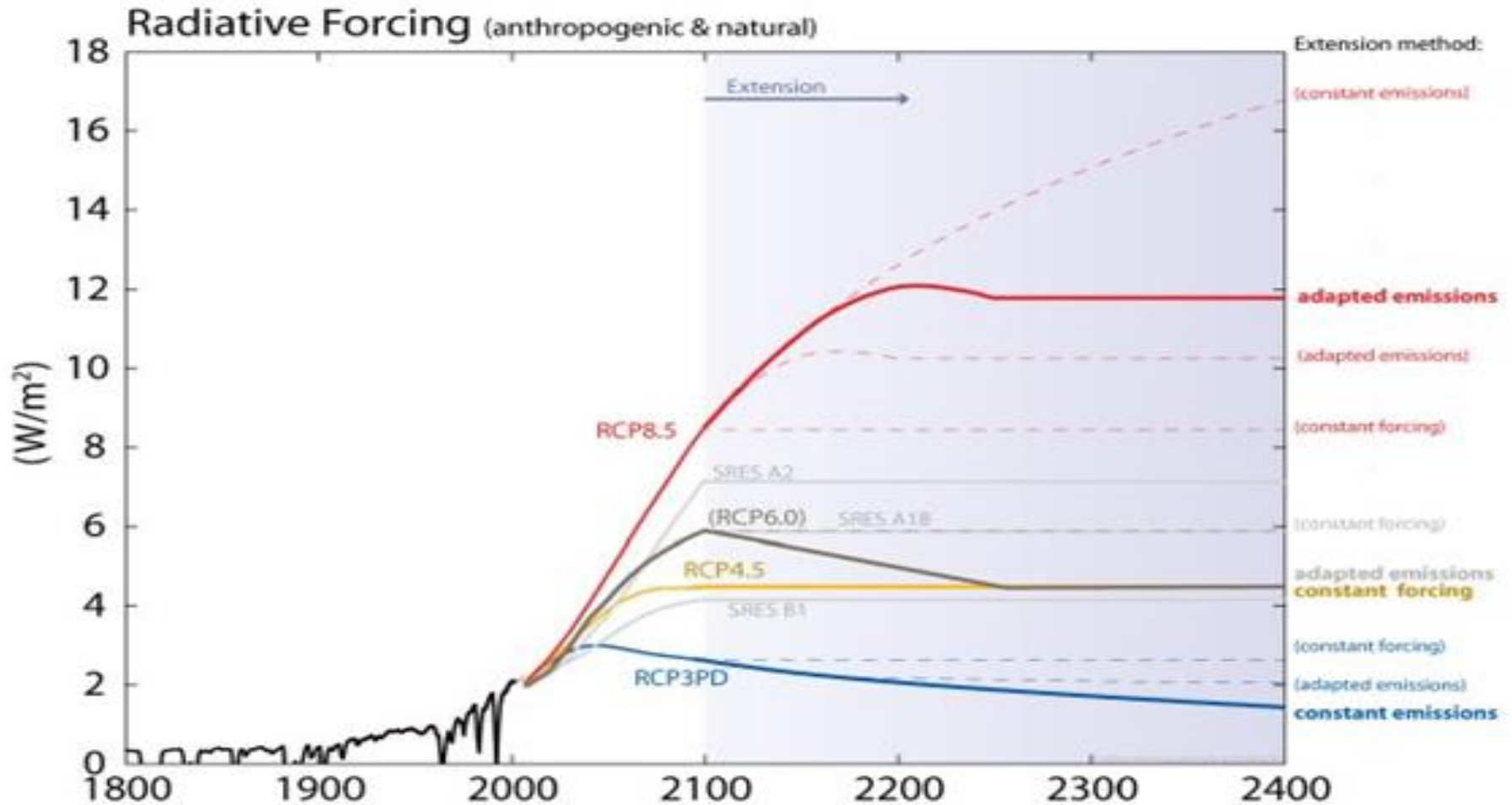
3^{ème}

Communication Nationale du Maroc
à la Convention Cadre des Nations Unies
sur les Changements Climatiques

Avril 2016

1. Projections Climatiques

Scénarios utilisés



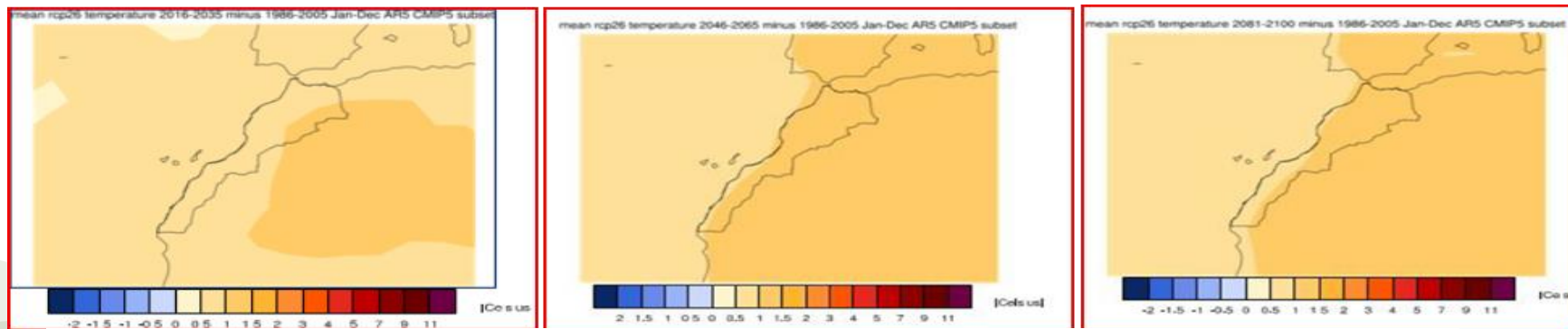
Scénarios d'émission RCP considérés par le 5^{ème} rapport du GIEC (GIEC 2013a) et SRES (GIEC 2007a)

(Source : GIEC 2013a)

Projections Climatiques sur le Maroc

(Source: 3^{ème} Communication Nationale sur le Maroc, 2016)

Scénario RCP 2.6 (Favorable)



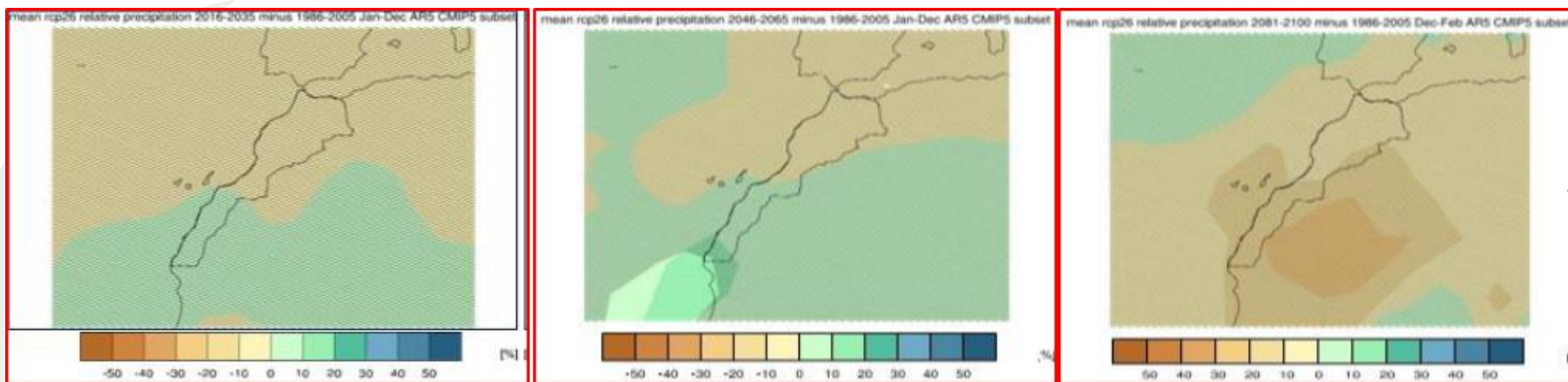
2016-2035

2046-2065

2081-2100

Variations des températures moyennes annuelles par rapport à la période 1986-2005

Fin du siècle : Hausse globale des T variant entre 1 et 1,5°C



2016-2035

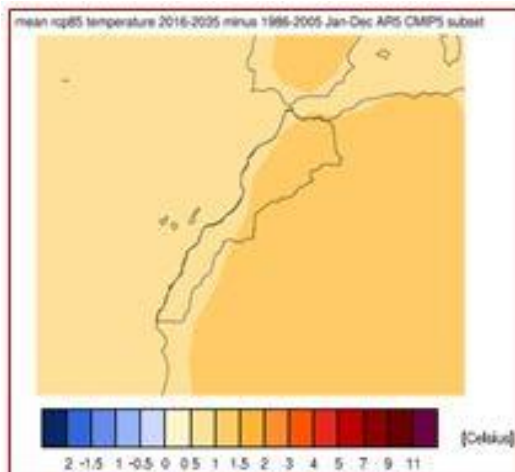
2046-2065

2081-2100

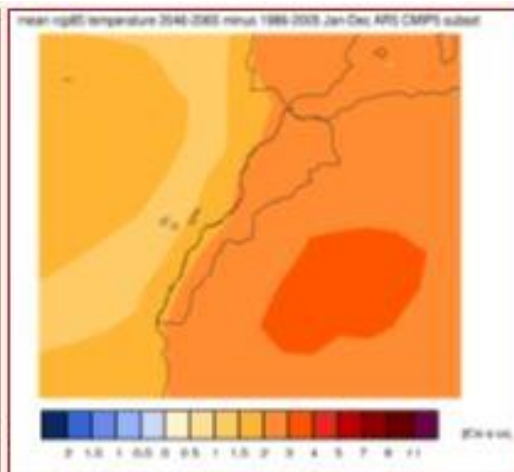
Variations des précipitations moyennes annuelles par rapport à la période 1986-2005

Fin du siècle: Baisse des P variant entre 0 et 10% au Nord et de 20% dans les zones sahariennes et oasiennes

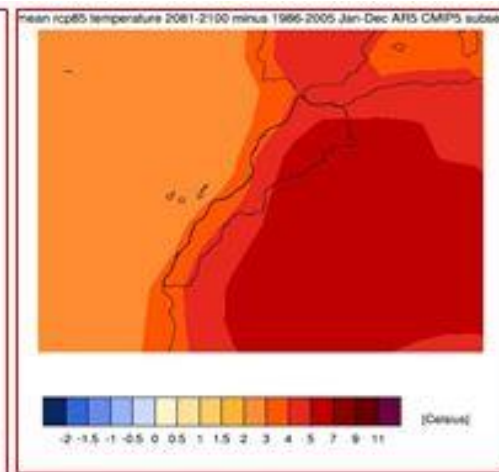
Scénario RCP 8.5 (Défavorable)



2016-2035



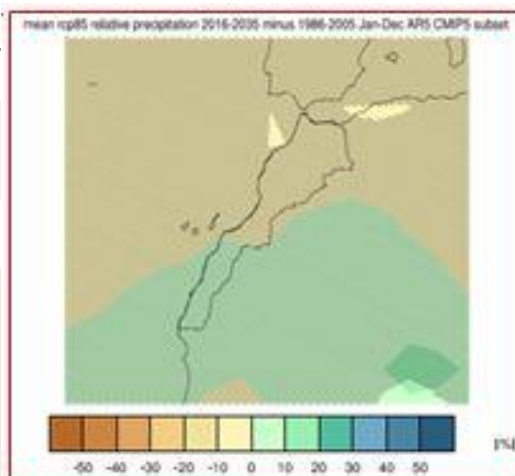
2046-2065



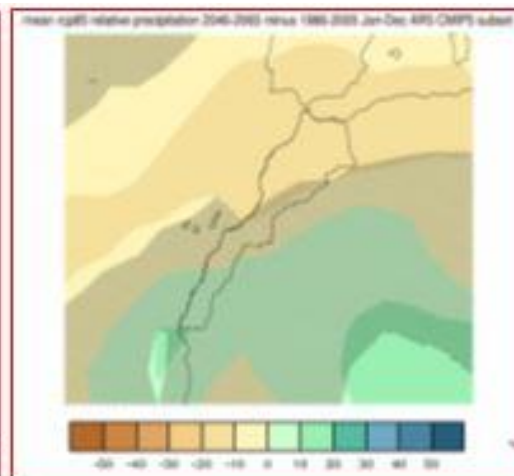
2081-2100

Variations des températures moyennes annuelles par rapport à la période 1986-2005

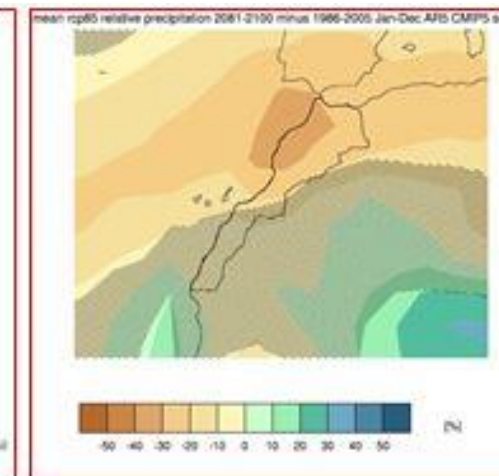
Fin du siècle: Hausse des T variant entre 3 et 5 °C et dépassant 5°C dans les zones oasiennes et sahariennes



2016-2035



2046-2065



2081-2100

Variations des précipitations moyennes annuelles par rapport à la période 1986-2005

Fin du siècle: Baisse des P d'environ 20% et atteignant 40% dans les zones situées à l'ouest de la chaîne atlasique

2. Impact des CC sur les Ressources en Eau

Projection des ressources en eau aux horizons 2020, 2050 et 2080

(Source: 3^{ème} Communication Nationale sur le Maroc, 2016)

Scénario optimiste (RCP 2.6)

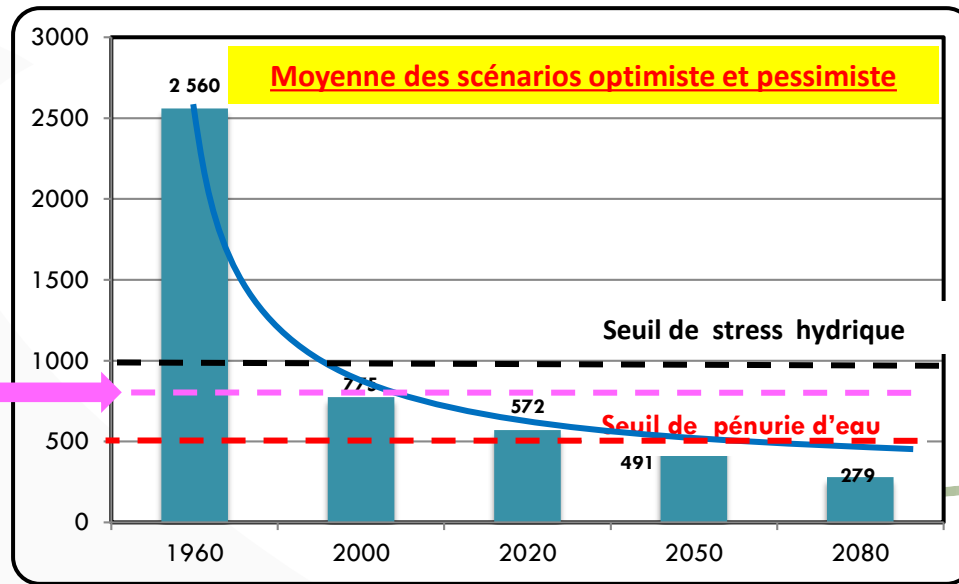
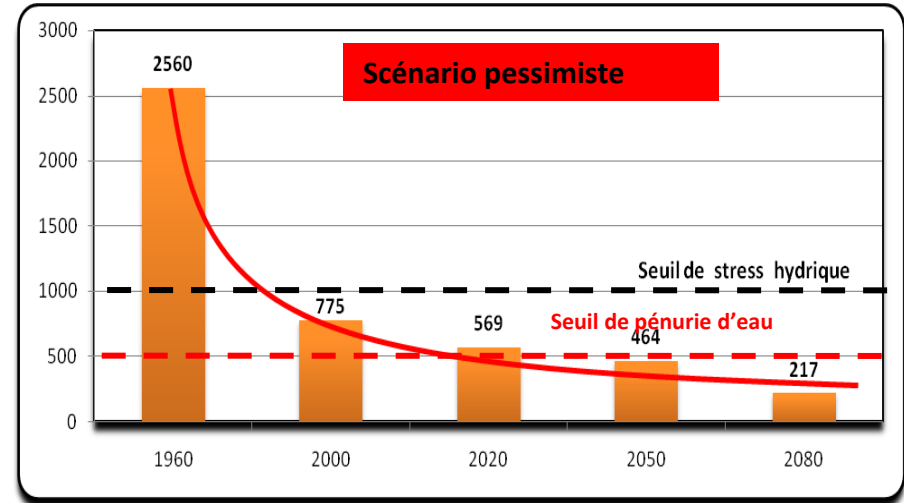
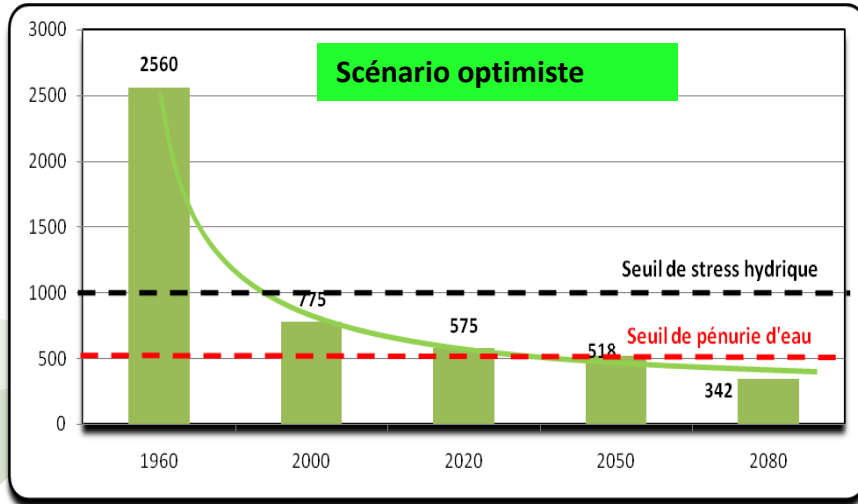
Bassin du	Potentiel de référence des ressources en eau Mm ³ /an	2020		2050		2080	
		Variation	%	Variation	%	Variation	%
Barrage Hassan Addakhil	122,0	98,6 à 122,0	-19,2% à 0%	107,2 à 124,6	-12,3% à +2,0%	98,6 à 122,0	-19,2% à 0%
Barrage Idriss 1 ^{er}	515,9	519,9 à 458,0	-11,2% à +0,8%	486,9 à 544,9	-5,6% à +5,3%	519,89 à 457,9	-11,2% à +0,8%
	<u>Intervalle moyen (%)</u>		-15,2% à 0%		-8,9% à +3,6%		-15,2% à 0%
	<u>Valeur moyenne (%)</u>		-7,6%		-2,6%		-7,6%

Scénario pessimiste (RCP 8.5)

Bassin du	Potentiel de référence des ressources en eau Mm ³ /an	2020		2050		2080	
		Variation	%	Variation	%	Variation	%
Barrage Hassan Addakhil	122,0	98,6 à 122	-19,2 % 0%	89,8 à 107,2	-21,1% à -7,9%	98,6 à 122,0	-54,8% à -40,6%
Barrage Idriss 1 ^{er}	515,9	519,8 à 456,0	-15,3% à 0%	429 à 487,0	-16,8% à -5,6%	313,25 à 371,2	-39,2% à +28,0%
	<u>Intervalle moyen (%)</u>		-17,2% à 0%		-18,9% à -6,7%		-47,0% à -34,3%
	<u>Valeur moyenne (%)</u>		-8,6%		-12,8%		-40,6%

2. Impact du CC sur les Ressources en Eau

Capital Eau/an/Habitant



Impact du CC sur les Ressources en Eau dans le monde



WORLD
RESOURCES
INSTITUTE

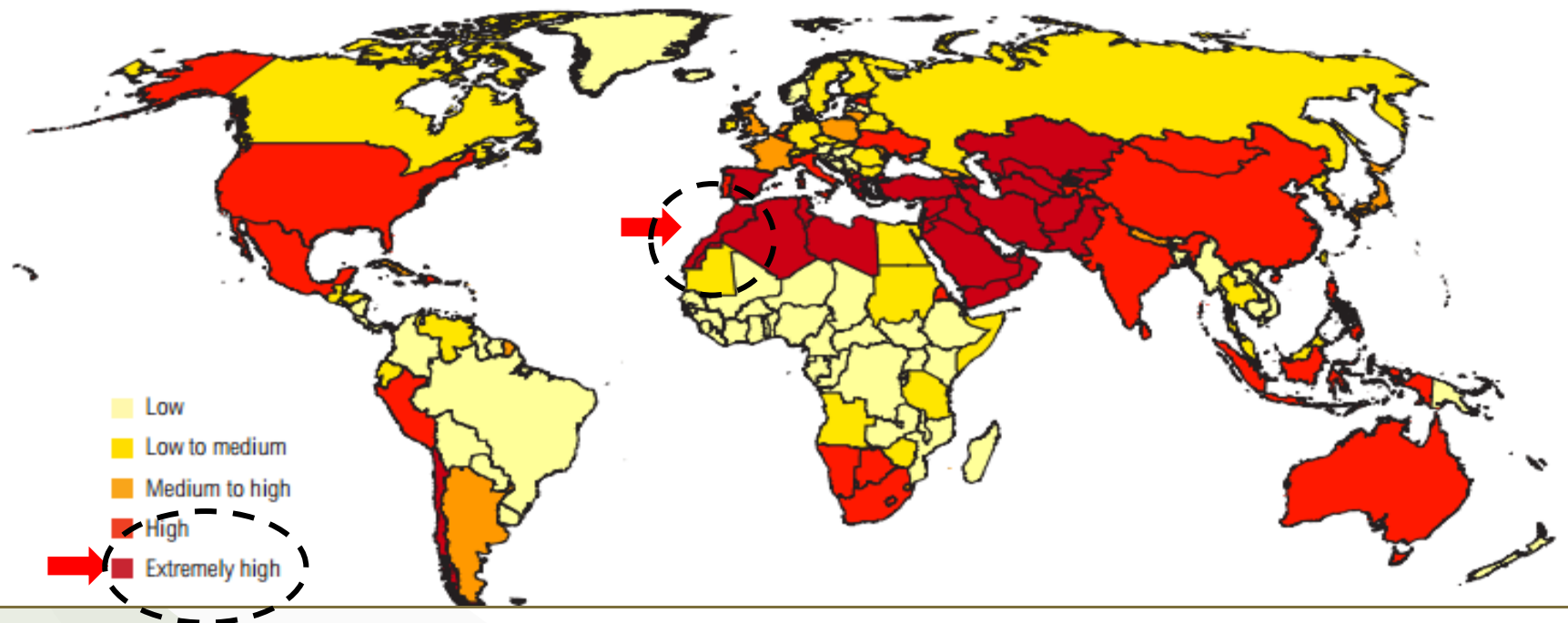
TECHNICAL NOTE

AQUEDUCT PROJECTED WATER STRESS COUNTRY RANKINGS

BY TIANYI LUO, ROBERT YOUNG, AND PAUL REIG

AQUEDUCT PROJECTED WATER-STRESS COUNTRY RANKINGS

Figure 2 | Country-Level Water Stress in 2040 under the Business-As-Usual Scenario



3. Impact du CC sur le secteur agricole

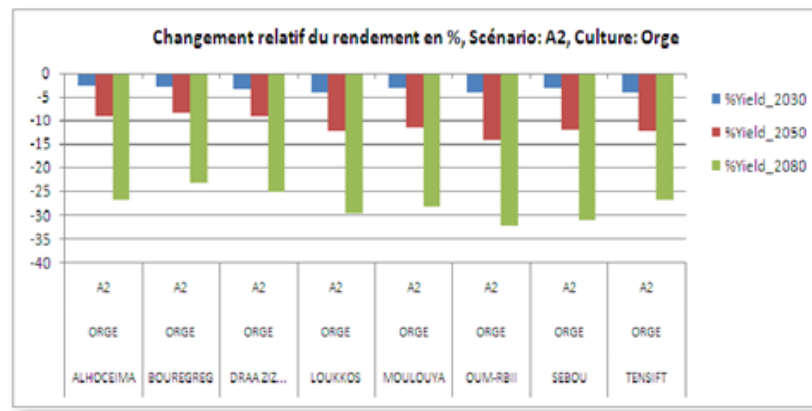
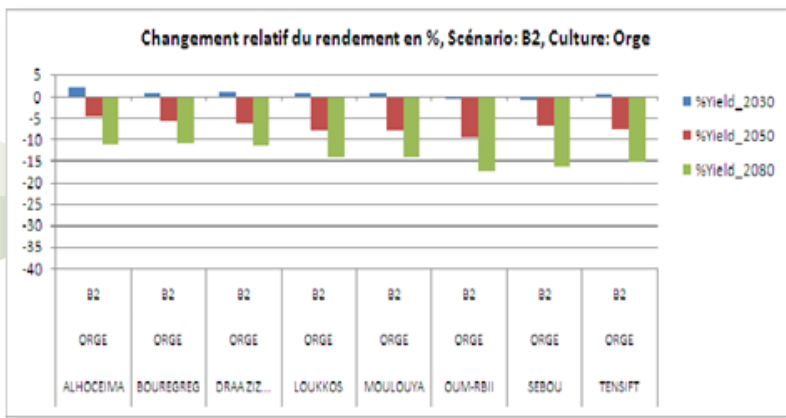
Baisse des rendements agricoles (Orge et Blé en bour) pour deux scénarios du GIEC, A2 et B2

(Source: *Seconde Communication Nationale du Maroc sur le Changement Climatique, 2010*)

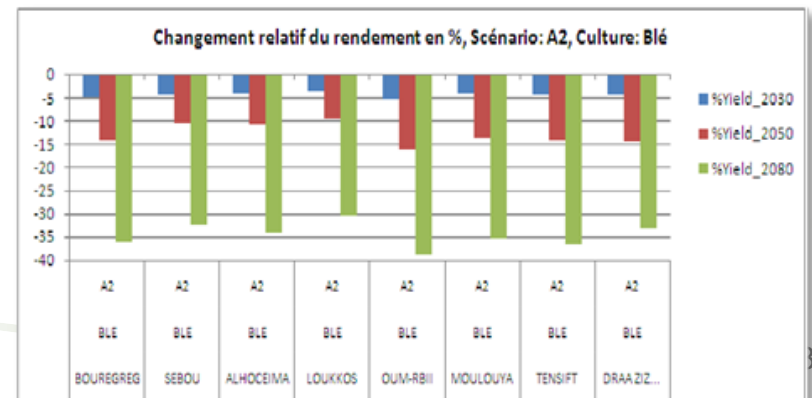
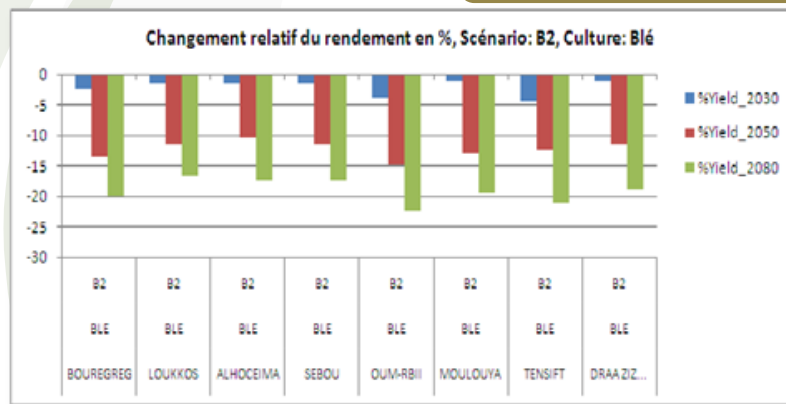
Scénario B2 (Optimiste)

Scénario A2 (Pessimiste)

Orge



Blé



4. Impact du CC sur le niveau de la mer et sur le Littoral

Les conséquences prévisibles du changement climatique sur le littoral sont:

- Submersion marine et érosion de la ligne de rivage, notamment pour le littoral meuble ou pourvu de côtes sableuses de faibles altitudes ;
- Menace de détérioration des ressources naturelles et des infrastructures: équipements portuaires, réduction de la surface des plages, salinisation des sols et des eaux, réduction de la biodiversité... ;
- Impacts négatifs sur les activités socio-économiques du littoral.

Impact du CC sur le niveau de la mer



Grosses vagues enregistrées sur le littoral de Rabat le 1^{er} mars 2017



Erosion du Littoral marocain



Erosion côtière

Changement Climatique :

Impacts sur les ouvrages hydrauliques

Dégradation des digues de barrages

Cas du barrage Sakia AL Hamra (Laâyoune: Oct. 2016)



Barrage avant la crue d'oct. 2016



Barrage après la crue d'oct. 2016



En 18 heures (entre le 28 et 29 octobre), le volume des eaux stockées au niveau du barrage de Sakia El Hamra (d'une capacité de stockage de 110 Mm³) est passé de 7 Mm³ à 203 Mm³, alors que le débit de pointe de la crue s'est établi à plus de 3.000 m³/s), largement au dessus du seuil du "dimensionnement de l'ouvrage de l'Evacuateur des crues (410 m³/s)".

Envasement des barrages

ETAT ACTUEL DE L'ENVASEMENT DES RB AU MAROC

- **Sur une superficie totale des BV de 20 Millions d'hectares : 50 % des risques d'érosion:** la majorité des BV du Maroc est caractérisée par de fortes dégradations spécifiques **> 2000 T/Km²/an** .



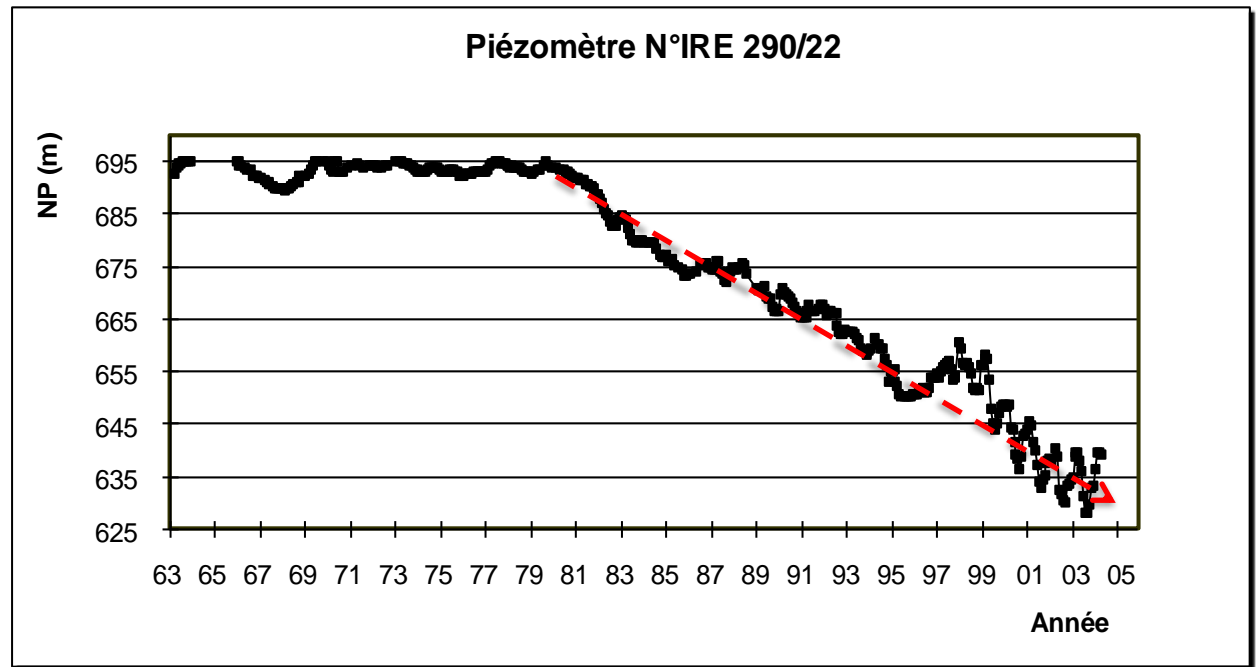
- **Perte de Capacité de stockage des RB : de 75 Millions de m³ /an:** le rythme d'envasement des RB varie de 0.3 Millions de m³/an à Oued Mellah à 10,5 Millions de m³/an à Mohammed V (330 Mm³).



Affaissement des sols du à la baisse des pressions des nappes en charge
(conséquence de la surexploitation)



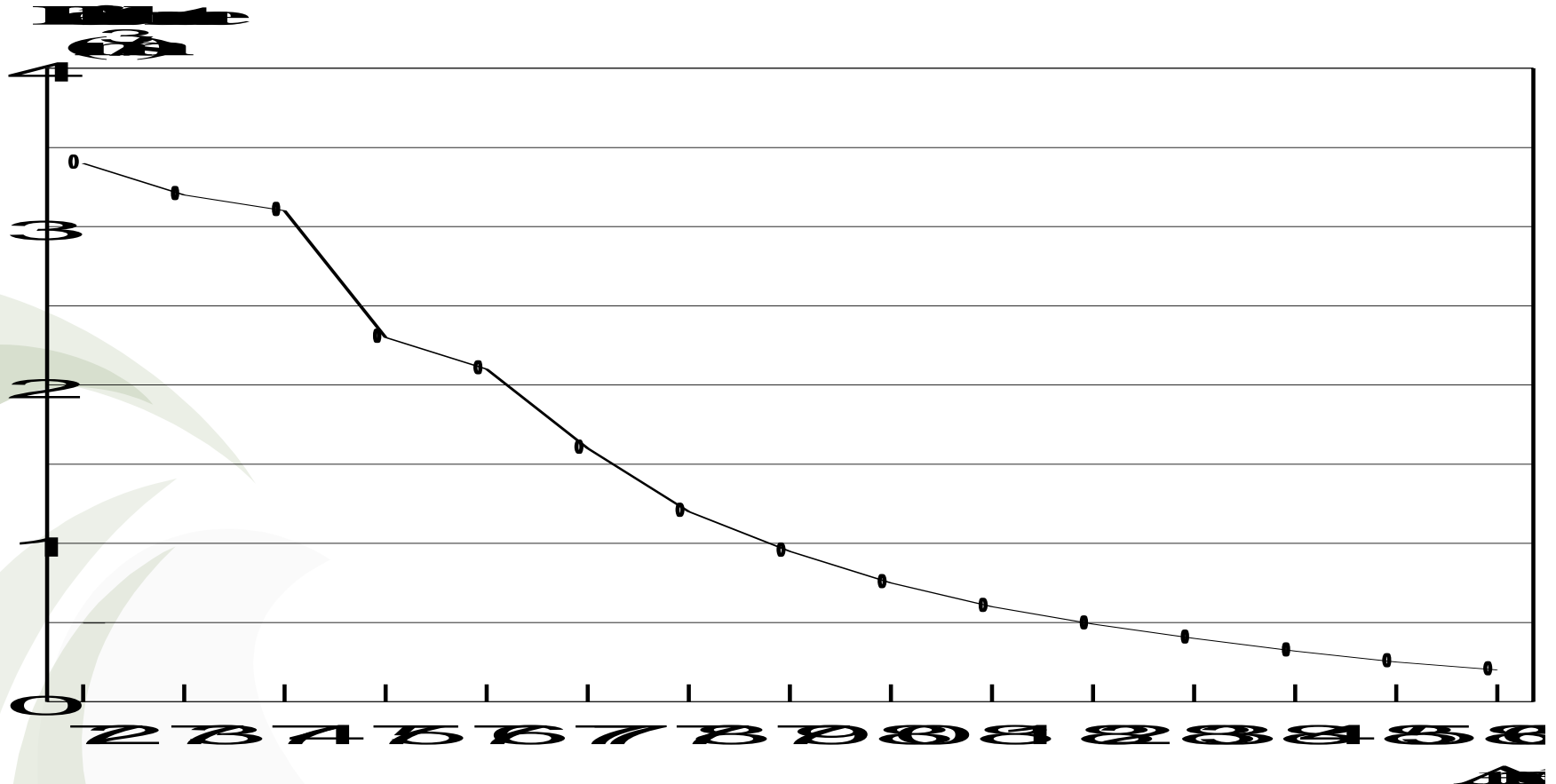
Exemple de nappe charge



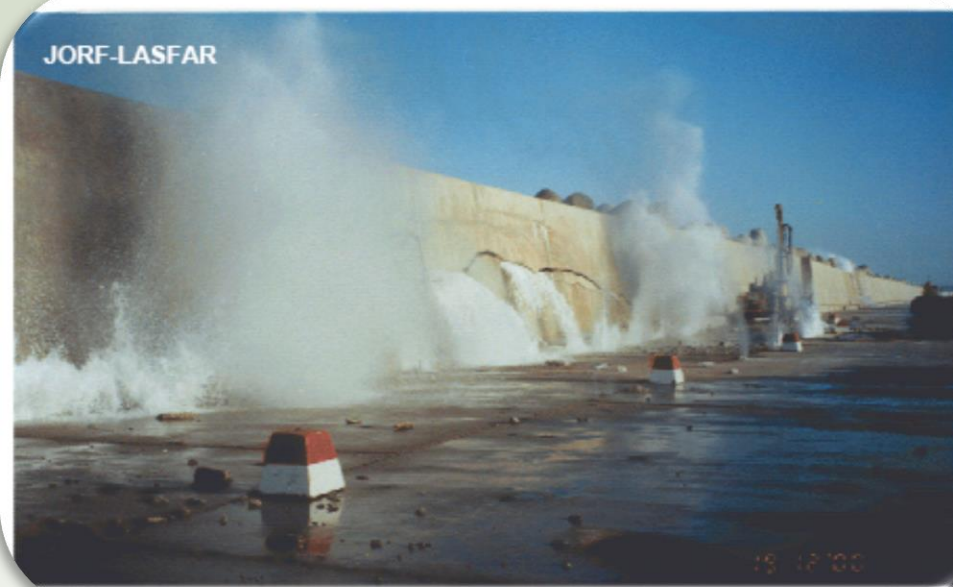
Baisse de la pression hydrostatique d'une nappe en charge (Lias calcaire du bassin de Fès-Meknès).

Baisse de plus de 70 m (soit une baisse de pression sup. à 7 bar)

Tarissement des Khettaras du Haouz de Marrakech



Dégâts causés par les grosses vagues sur la jetée du port de Jorf Lasfar



Changement Climatique :

Quelques mesures d'adaptation au CC
des ressources en eau
et des ouvrages hydrauliques du Maroc

➤ Economie d'eau potable et d'eau industrielle

- ✓ **Education et sensibilisation du public à l'économie de l'eau ;**
- ✓ **Lutte contre l'utilisation abusive de l'eau** par la création de comités de vigilance, l'installation des compteurs individuels, la révision du système tarifaire ;
- ✓ **Lutte contre les pertes dans les réseaux de distribution d'eau potable**, visant un rendement objectif de 80%;
- ✓ **Investissements pour l'économie d'eau dans l'industrie et incitations pour le recyclage de l'eau ;**
- ✓

Ces mesures devraient permettre d'économiser 120 millions de m³ d'eau/an avec un investissement de 6 milliards de DH.

➤ Economie de l'eau dans l'agriculture

- ✓ Généralisation des techniques d'irrigation localisée: objectif de 40 000 ha par an jusqu'à 2020 (Sup. Totale: 550 000 ha);
- ✓ Amélioration des rendements des réseaux d'adduction vers les périmètres irrigués;
- ✓ Promotion de la gestion participative en irrigation, avec implication des associations locales et les services régionaux;
- ✓ Réajustement tarifaire de l'eau d'irrigation par adoption d'une tarification basée sur un comptage volumétrique;
- ✓ Encadrement et sensibilisation des agriculteurs pour l'adoption des techniques modernes d'irrigation et d'économie d'eau.

Ces mesures devraient permettre d'économiser 2,4 milliards de m³ d'eau/an avec un investissement de 26 milliards de DH.



➤ Infrastructures hydrauliques

- ✓ Réalisation de 59 nouveaux grands barrages sur la période 2008 – 2030 et 1 millier de petits et moyens barrages à l’horizon 2030;
- ✓ Adaptation des outils de gestion des barrages aux effets du Changement Climatique, notamment aux fortes précipitations;
- ✓ Renforcement de l’entretien des infrastructures hydrauliques existantes et des interconnexions des systèmes hydrauliques;
- ✓ Transfert d’eau Nord-Sud pour le soutien du développement socio-économique des bassins de Bouregreg, Oum Er Rbia et du Tensift (1ère phase : 400 Mm³/an à partir du Sebou, 2eme phase : 400 Mm³/an à partir du Loukkos-Laou: Période 2011-2030);
- ✓ Programme de protection des bassins versants à l’amont des barrages (lutte contre l’érosion des sols) ;
- ✓

➤ Mobilisation de ressources en eau non conventionnelles

- ✓ **Développement d'usines de dessalement de l'eau de mer** utilisant l'énergie solaire ou éolienne et permettant de mobiliser 400 millions de m³/an (Laâyoune, Agadir, Tiznit, Sidi Ifni, Chtouka, Essaouira, Safi, El Jadida, Casablanca, AL Hoceima et Saidia);
- ✓ **Déminéralisation des eaux saumâtres** à Bou Areg & Sahel;
- ✓ **Réutilisation des eaux usées**, avec un potentiel de 300 millions de m³/an à l'horizon 2030;
- ✓ **Collecte des eaux pluviales** sur la période 2010-2030.

Station de Dessalement d'Agadir
(en cours de réalisation)



Station de Dessalement
de Laayoune



➤ Aspects institutionnels

- ✓ **Généralisation des contrats de nappes;**
- ✓ **Apurement de la situation juridique du Domaine Public Hydraulique;**
- ✓ **Amélioration des procédures d'octroi des autorisations de prélèvement d'eau ;**
- ✓ **Renforcement du rôle de la police des eaux,** par le renforcement du système de contrôle et des sanctions contre:
 - *Les prélèvements illégaux des eaux souterraines ;*
 - *L'occupation illégale du Domaine Public Hydraulique.*

Merci pour votre aimable attention