

Changement Climatique du global au régional



Elaboré par : Hiba OMRANI

Avril 2009

Sommaire

Liste des abréviations	4
Liste des illustrations.....	6
Liste des tableaux	6
Chapitre I : Introduction	8
1. Introduction	8
2. Les modèles de circulation générale.....	8
3. La régionalisation du climat à l'aide des modèles globaux.....	10
Chapitre II : Changement climatique et Gaz à effet de serre	12
1. Effet de serre.....	12
2. Gaz à effet de serre	13
2.1. Tendances relatives à la concentration des GES au 20e siècle.....	13
2.2. Tendances relatives aux émissions effet de serre en Tunisie	14
3. Forçage radiatif.....	15
4. Les gaz à effet de serre transforment le climat	15
Chapitre III : Mobilisation internationale et législations sur le changement climatique ...	17
1. Introduction	17
2. Examen des obligations et des opportunités offertes par la CCNUCC	17
2.1. Obligations des pays en développement Parties.....	17
2.2. Opportunités offertes aux pays en développement Parties.....	18
2.3. Contribution de la Tunisie à la mise en oeuvre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques	19
3. Protocole de Kyoto et opportunités offertes aux pays en développement Parties.....	20
4. Schéma institutionnel mis en place pour la mise en oeuvre de la CCNUCC.....	20
Chapitre IV : Principaux résultats d'IPCC sur le changement climatique à l'échelle du globe.....	22
1. Le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC).....	22
2. Les scénarii GIEC.....	23
3. Principaux résultats du GIEC sur Le changement climatique observés et les effets constatés à l'échelle du globe	25
3.1. Réchauffement.....	25
3.2. Niveau de la mer.....	26
3.3. Fonte des glaciers	26
3.4. Augmentation de la fréquence des événements extrêmes	27
Chapitre V : Projection du changement climatique futur	28
1. Introduction	28
2. Au niveau global.....	28
2.1. Gaz à effet de serre et température	28
2.2. Fonte de la couverture neigeuse	29
2.3. Evénements extrêmes	29
3. Au niveau de la Méditerranée.....	30
3.1. Réchauffement.....	30
3.2. Précipitations	31
3.3. Evènements extrêmes	32
3.4. Niveau de la mer.....	32
4. Au niveau de la Tunisie	32
4.1. Projections des températures moyennes annuelles et saisonnières aux horizons 2020 et 2050	32

4.2. Projections des précipitations moyennes annuelles et saisonnières aux horizons 2020 et 2050	33
Chapitre VI : Impacts attendus du changement climatique sur la Tunisie	35
1. Introduction	35
2. Les ressources en eau	35
3. Les écosystèmes	36
4. Le secteur agricole.....	37
5. Evénements extrêmes	38
6. Le tourisme	38
7. Le Littoral	38
8. Santé	40
Chapitre VII : Mesures d'adaptation et d'atténuation pour la Tunisie.....	41
1. Introduction	41
2. Atténuation des effets du Changement Climatique	41
2.1.Potentiel d'atténuation des impacts du changement climatique en Tunisie	41
2.2. Conjoncture énergétique en Tunisie	42
2.3. Mécanisme pour un développement propre (MDP)	43
3. La politique d'adaptation.....	43
3.1.Mesures d'adaptation et de protection du littoral	44
3.2. Mesures mises en place pour la lutte contre la désertification	46
3.2. La stratégie nationale intégrée d'adaptation de l'agriculture	46
Bibliographie.....	49

Liste des abréviations

APD	Aide Publique au Développement
AR	Assessment Report (Rapport d'évaluation du GIEC)
BM	Banque Mondiale
CC	Changement Climatique
CDB	Convention Internationale sur le Diversité Biologique
CES	Conservation des Eaux et des Sols
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
COP	Conférence des Parties
CNCC	Comité National sur les Changements Climatiques
ENM	Elévation du Niveau de la Mer
FEM	Fonds pour l'Environnement Mondial
GES	Gaz à Effet de Serre
GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GTZ	Coopération Technique Allemande
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPSL	Institut Pierre Simon Laplace
MARH	Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Hydrauliques
MCG	Modèle de Circulation Générale
MDP	Mécanisme pour un Développement Propre
MEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
MRC	Modèle Régional du Climat
PANLCD	Plan d'Action National de Lutte Contre la Désertification
PK	Protocole de Kyoto

PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
SBI	Conseil Subsidiaire de Mise en Œuvre
SBSTA	Organe Subsidiaire de Conseil Scientifique et Technologique

Liste des illustrations

- Figure 1 Les différentes composantes du climat terrestre
- Figure 2 La méditerranée représentée par un modèle de circulation générale et un modèle régional
- Figure 3 Désagrégation des modèles globaux vers les modèles régionaux
- Figure 4 Equilibre radiatif de l'atmosphère, appelé effet de serre
- Figure 5 Émissions mondiales de gaz à effet de serre anthropiques
- Figure 6 Répartition des émissions tunisiennes brutes de GES par source pour l'année 1994(%)
- Figure 7 Température mondiale annuelle moyenne en surface observée et simulée en tenant compte du forçage
- Figure 8 Température globale de surface simulée (à partir de l'an 2000) selon les six scénarii de référence IPCC avec des barres d'erreurs
- Figure 9 Variations observées de la température moyenne à la surface du globe : écart par rapport à la période de référence 1961-1990.
- Figure 10 Variations observées du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe
- Figure 11 Variations observées de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord en mars – avril : écart par rapport à la période de référence 1961-1990.
- Figure 12 Scénarii d'émissions de GES pour la période 2000–2100 et projections relatives aux températures en surface
- Figure 13 Anomalies saisonnières de températures en °C.
- Figure 14 Élévations des températures (° C) moyennes annuelles du modèle HadCM3 (scénario A2) par rapport à la période de référence à l'horizon 2020 et à l'horizon 2050
- Figure 15 Baisse en pourcentage (%) des précipitations moyennes annuelles selon le modèle utilisé (scénario A2) par rapport à la période de référence à l'horizon 2020 et à l'horizon 2050
- Figure 16 Effets physiques en fonction de l'augmentation de la température
-

Liste des tableaux

Tableau 1	Variation de la concentration atmosphérique de GES au 20e siècle
Tableau 2	Synthèse des émissions nettes de GES en Tunisie en 1994 (1000 TE-C02)
Tableau 3	Les scénarii de changements climatiques
Tableau 4	Vulnérabilité des zones touristiques à l'ENM
Tableau 5	Comparaison technico-économique des mesures d'adaptation des côtes à l'ENM
Tableau 6	La stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture au CC

Chapitre I : Introduction

1. Introduction

Le climat se définit comme une description des moyennes et des extrêmes météorologiques pour une région donnée, il est naturellement variable comme en témoigne l'irrégularité des saisons d'une année à une autre. Cette variabilité est normale, et tient aux fluctuations des courants océaniques, aux éruptions volcaniques, au rayonnement solaire et à d'autres composantes du système climatique. De plus, notre climat a ses extrêmes (comme les inondations, sécheresses, grêle, tornades et ouragans), qui peuvent devenir dévastateurs.

Depuis quelques décennies, un certain nombre d'indicateurs et d'études montrent que le climat se réchauffe à l'échelle du globe. Le quatrième rapport (2007) du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC, IPCC en anglais) vient confirmer ce fait. Le réchauffement du système climatique est sans équivoque, car il est maintenant évident dans les observations de l'accroissement des températures moyennes mondiales de l'atmosphère et de l'océan, la fonte généralisée de la neige et de la glace et l'élévation du niveau moyen mondial de la mer.

Cependant, la problématique du changement climatique reste particulièrement complexe et fait l'objet de très nombreux travaux de recherche au niveau mondial, et malgré la difficulté de tenir compte de toutes les composantes du climat ainsi que des interactions et rétroactions au sein de l'atmosphère, on trouve aujourd'hui plusieurs modèles numériques de climat, connus aussi sous le nom de "modèles de circulation générale" (MCG), qui permettent de simuler l'évolution temporelle des caractéristiques tridimensionnelles de l'atmosphère et de l'océan, en tenant compte de leurs interactions avec les surfaces continentales et glacées.

L'utilisation des MCG permet de reproduire la circulation atmosphérique à grande échelle et ainsi de simuler les principales caractéristiques de la distribution et de l'évolution du climat à la surface du globe. Toutefois, compte tenu de la faible résolution horizontale des modèles climatiques (autour de 350-450 km), les MCG ne peuvent pas représenter adéquatement certains processus climatiques qui se produisent à une échelle plus fine. La prise en compte appropriée de ces processus nécessite une plus haute résolution horizontale.

2. Les modèles de circulation générale

Les phénomènes climatiques sont très complexes, incertains et instables, d'où une très grande difficulté dans leur modélisation. En effet, l'articulation forçage anthropologique (l'influence de l'homme sur le système climatique) / forçage naturel (les influences par des cycles astronomiques et des phénomènes naturels) fait qu'il est quasiment impossible de délimiter l'amplitude de la responsabilité de l'un ou de l'autre.

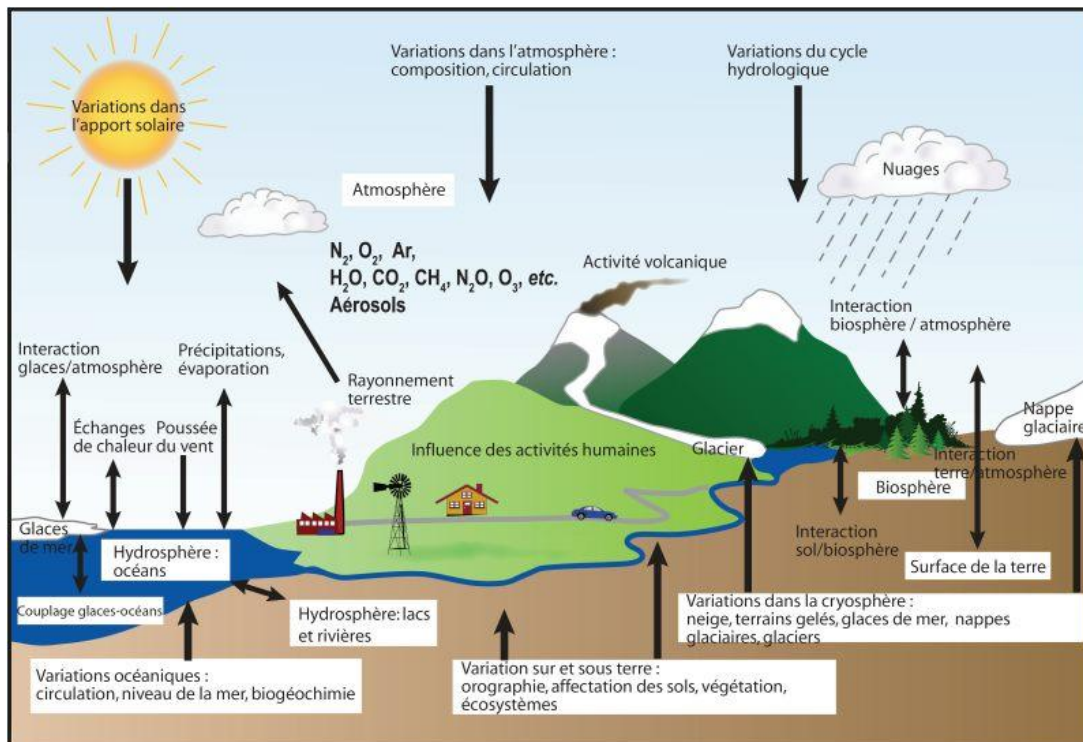


Figure 1 : Les différentes composantes du climat terrestre (IPCC, 2007)

Cette figure illustre les différentes composantes de notre climat et les interactions qui existent entre elles et montre la complexité du système climatique qui intègre tous les effets propre à chaque phénomène et les effets des rétroactions entre deux ou plusieurs phénomènes différents.

Un modèle climatique consiste alors à intégrer numériquement un ensemble d'équations mathématiques qui représentent les lois fondamentales gouvernant le comportement du système climatique et décrivant les processus physiques liant les divers éléments du système.

Les MCG de l'atmosphère incorporent la plupart des processus essentiels à la caractérisation du système climatique et les interactions entre ces différentes composantes (atmosphère, océans, continents, etc.). Ils reposent sur des équations mathématiques qui permettent de décrire les processus dynamiques liés à la circulation atmosphérique et aux processus physiques liés aux échanges de masse, d'énergie et de quantité de mouvement dans l'atmosphère et à l'interface atmosphère/océan, atmosphère/glace marine et atmosphère/biosphère. Ces équations sont issues des lois fondamentales de la mécanique des fluides, de la thermodynamique ainsi que des formulations empiriques pour représenter certains processus physiques.

Au cours de la dernière décennie, l'amélioration de la puissance de calcul des ordinateurs a permis de réaliser plus couramment des simulations de plusieurs décennies et utilisant des résolutions horizontales et verticales plus élevées. Ces simulations ont tout d'abord été limitées à la circulation atmosphérique et ont par la suite associé l'atmosphère et l'océan. Tous ces modèles ont été développés pour la prévision météorologique à courte échéance (quelques jours) ou pour des simulations climatiques à moyen et long terme (quelques mois à plusieurs décennies ou milliers d'années).

L'utilisation des MCG permet de reproduire la circulation atmosphérique à grande échelle et ainsi de simuler les principales caractéristiques de la distribution et de l'évolution du climat à la

surface du globe. Toutefois, compte tenu de la faible résolution horizontale des modèles climatiques (autour de 350 à 450 km), les MCG ne peuvent pas représenter adéquatement certains processus climatiques qui se produisent à une échelle plus fine. La prise en compte appropriée de ces processus nécessite une plus haute résolution horizontale.

Or, les contraintes de temps de calcul ne permettent pas à ces modèles d'être intégrés avec des résolutions plus élevées.

Afin d'améliorer le climat simulé d'une région, une approche complémentaire fut développée dans les années quatre-vingts, consistant à augmenter la résolution dans un modèle ne couvrant qu'une partie de la surface du globe. Ces modèles à aire limitée, nommé communément modèles régionaux (ou MRC, modèle régional de climat), nécessitent des données à l'extérieur du domaine d'intégration (informations nécessaires aux frontières de la grille de calcul). Ces données peuvent être fournies soit par un MCG, soit par des observations disponibles. Les MRC utilisent les mêmes principes physiques de base que les MCG, mais avec une résolution horizontale de 10 à 30 fois plus élevée (de 10 à 50 km environ).

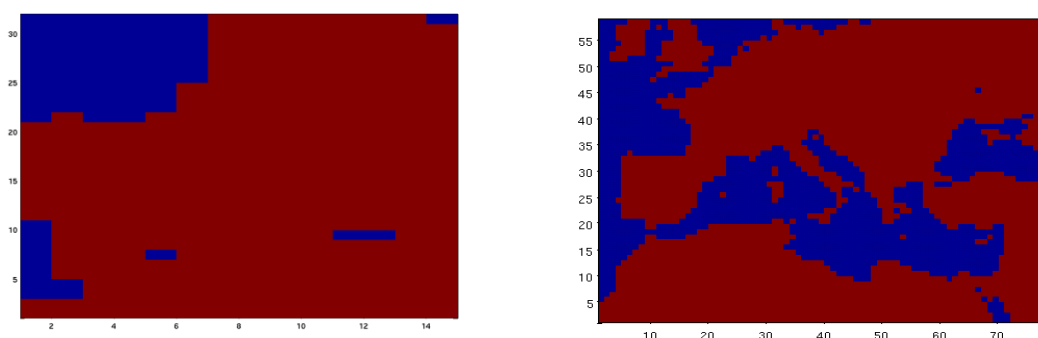


Figure 2 : La méditerranée représentée par un modèle de circulation générale (à gauche) et un modèle régional (à droite) (H.OMRANI, 2008)

Sur ces deux figures illustrent une représentation de la méditerranée (contraste terre-mer). La première est issue d'un modèle de circulation générale. La mer méditerranée apparaît comme deux petits rectangles et les deux continents européen et africain constituent pratiquement un seul. Ceci, pris sur un simple exemple, montre bien que la faible résolution horizontale des MCG ne permet pas prendre en compte tous les éléments nécessaires à la simulation du climat d'une région donnée.

3. La régionalisation du climat à l'aide des modèles globaux

Les projections actuelles du changement climatique réalisées à partir des MCG couplés Océan-Atmosphère, décrivent des échelles spatiales de variabilité de l'ordre de quelques centaines de kilomètres. Ces échelles sont trop importantes pour permettre une représentation réaliste de l'impact de certains facteurs locaux tels que la topographie ou le contraste terre-mer sur le climat simulé d'une région. Elles sont aussi trop importantes pour représenter nombre de phénomènes climatiques extrêmes tels que les cyclones tropicaux, les tempêtes des moyennes latitudes ou des événements pluvieux intenses. De plus, compte tenu de l'importante différence entre les échelles spatio-temporelles décrites par les MCG et celles des études d'impacts du changement climatique, il s'avère difficile d'utiliser directement les sorties de ces simulations pour contraindre des modèles de calcul des impacts. Ces limitations ont motivé le développement de la régionalisation du changement climatique.

Par ailleurs, les études de détection de signaux de changement climatique dans les observations et leur attribution aux activités humaines, se sont pour l'essentiel limitées à la recherche de signaux de variations de température d'échelles compatibles avec celles décrites par les MCG. Or, comme la plupart des évaluations socio-économiques des impacts du changement climatique se situent à une échelle nettement inférieure, il importe de réduire aussi les échelles spatiales de la détection de ces changements afin de tirer le meilleur parti possible des observations les plus récentes. La détection d'un changement climatique régional dans les observations pourrait en effet alerter sur l'imminence d'impacts plus radicaux. Un autre intérêt d'une détection et d'une attribution du changement climatique à l'échelle régionale, serait de permettre d'accorder une confiance accrue dans le calcul des projections à ces échelles.

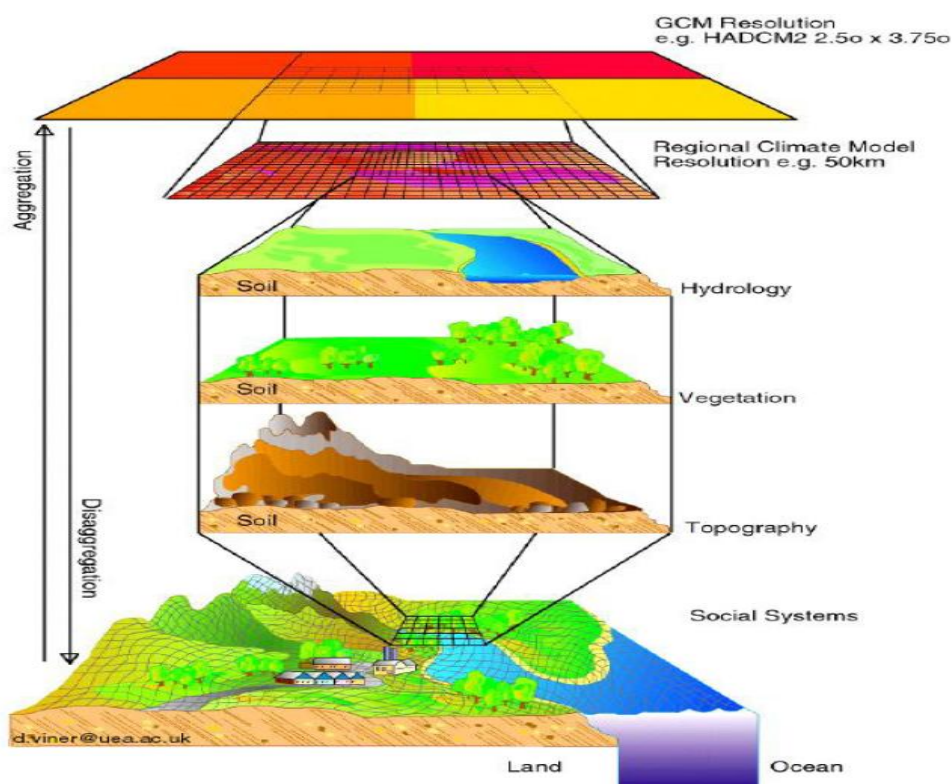


Figure 3 : Désagrégation des modèles globaux vers les modèles régionaux (J. Boé et L. Terray)

Cette figure illustre d'une manière simplifiée le passage d'un modèle de circulation global à un modèle régional par le technique de désagrégation (downscaling en anglais) qui consiste à simuler le climat d'une région donnée en se basant sur l'information fournie par la grande échelle aux bords du domaine considéré tout en intégrant les différentes composantes du système climatique propre à cette région.

Chapitre II : Changement climatique et Gaz à effet de serre

1. Effet de serre

L'effet de serre est le phénomène par lequel l'atmosphère protège la planète contre la perte de chaleur. Il est provoqué par les gaz à effet de serre (GES), qui permettent au rayonnement solaire de courtes longueurs d'onde de pénétrer l'atmosphère et la surface de la Terre. Ce rayonnement est absorbé par la surface de la planète, ce qui en provoque le réchauffement (figure 4). Les GES agissent comme une couverture qui emprisonne la chaleur dans la basse atmosphère c'est ce qu'on appelle « l'effet de serre ».

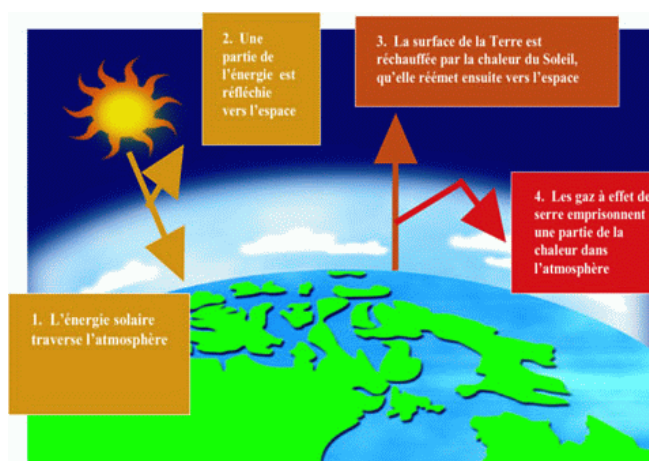


Figure 4 : équilibre radiatif de l'atmosphère, appelé effet de serre (UQAM)

L'énergie solaire traverse l'atmosphère et est absorbée par la Terre. Cette énergie est émise sous forme de rayonnement de grandes longueurs d'onde et elle est absorbée par les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère.

Ce phénomène, l'effet de serre naturel, est essentiel à la vie biologique sur Terre. Il maintient la température en surface à environ 15 °C. Si toute l'énergie de rayonnement s'échappait dans l'espace, la température globale serait de -18 °C, c'est-à-dire qu'elle descendrait de 33 °C.

La température et le système climatique de la Terre sont comparables à un moteur thermique, alimenté par l'énergie du Soleil. Il existe un équilibre énergétique entre le rayonnement incident et le rayonnement sortant, lequel est en partie régi par la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Un changement climatique se produit lorsque l'énergie solaire totale absorbée n'équivaut pas à l'énergie totale libérée. Il en résulte une perturbation de l'équilibre radiatif.

Les humains aussi peuvent donc faire varier la température et le système climatique. L'activité humaine ; notamment l'utilisation de combustibles fossiles, le déboisement ou la modification de l'affectation des terres, les procédés industriels, etc. fait croître la concentration des GES dans l'atmosphère à un rythme alarmant. Cette augmentation supplémentaire des GES est à l'origine de « l'effet de serre anthropique », lequel se produit lorsqu'une quantité accrue d'énergie incidente est retenue dans l'atmosphère. Ce phénomène peut avoir de graves répercussions sur les processus physiques et chimiques et sur la vie biologique sur Terre.

Même si les GES représentent moins de 1 % de tous les gaz de l’atmosphère, ils font augmenter de 33 °C la température à la surface de la Terre. Parce que la concentration des GES dans l’atmosphère est si faible, les émissions anthropiques (émissions de gaz liées à l’activité humaine) peuvent avoir un effet dramatique sur l’équilibre radiatif, et donc sur la température à la surface de la planète.

2. Gaz à effet de serre

Certains des GES présents dans l’atmosphère proviennent à la fois de processus naturels et de l’activité humaine. En voici quelques-uns :

- vapeur d’eau (H₂O)
- dioxyde de carbone (CO₂)
- méthane (CH₄)
- oxyde nitreux (N₂O)
- ozone troposphérique (O₃)

D’autres GES proviennent presque entièrement de sources anthropiques, dont les suivants :

- chlorofluorocarbures (CFC)
- hydrofluorocarbures (HFC)
- perfluorocarbures (PFC)
- hexafluorure de soufre (SF₆)

2.1. Tendances relatives à la concentration des GES au 20e siècle

Depuis 1750, la concentration atmosphérique de CO₂ s’est accrue de 31 %; elle continue d’augmenter de 1,5 ppm (0,4 %) par année, en moyenne. Environ 80 % des émissions anthropiques de CO₂ enregistrées au cours des 20 dernières années sont attribuables à l’utilisation de combustibles fossiles et à la production de ciment, et le reste, au déboisement. Quant aux concentrations atmosphériques de CH₄ et de N₂O, elles ont progressé respectivement de 151 et de 17 % depuis 1750. Le tableau 1 décrit comment la concentration de certains GES dans l’atmosphère de la Terre s’est accrue au 20e siècle. (IPCC, 2001)

Tableau 1 : Variation de la concentration atmosphérique de GES au 20e siècle

Indicateur atmosphérique	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	O ₃ troposphérique	HFCs, PFCs, SF ₆
Concentration pré-industrielle (1000-1750)	280 parties par milliard	700	270		
Concentration en l’an 2000	368 parties par milliard	1750	316		
Hausse observée	31 ± 4%	151 ± 25%	17 ± 5%	Hausse de 35 ± 15% depuis 1750; varie selon la région.	Hausse globale observée au cours des 50 dernières années.

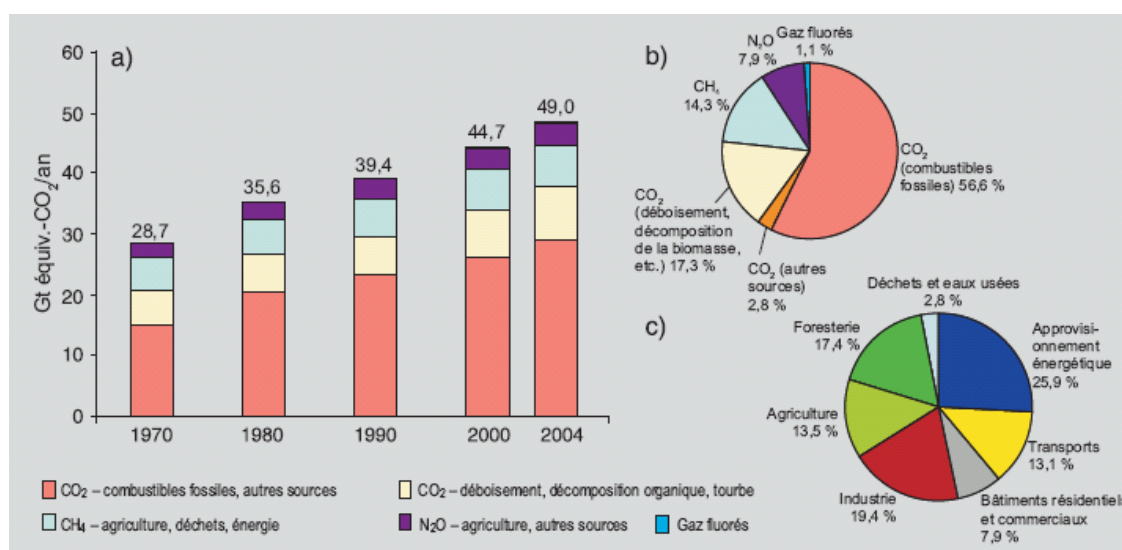


Figure 5 : Émissions mondiales de gaz à effet de serre anthropiques de gaz à effet de serre

a) Émissions annuelles de GES anthropiques dans le monde, 1970–2004. b) Parts respectives des différents GES anthropiques dans les émissions totales de 2004, en équivalent-CO₂. c) Contribution des différents secteurs aux émissions totales de GES anthropiques en 2004, en équivalent-CO₂. (IPCC, 2007)

2.2. Tendances relatives aux émissions effet de serre en Tunisie

L'inventaire des GES pour l'année 1994 montre une contribution relativement limitée de la Tunisie à l'amplification de l'effet de serre, en comparaison à d'autres nations. En effet, les émissions anthropiques nettes de GES de la Tunisie se sont élevées à 23,4 millions de tonnes équivalent CO₂ (TE-CO₂), ce qui représente 2,66 TE-CO₂ par habitant. Il faut rappeler, qu'avec 85% de l'absorption annuelle de carbone, l'arboriculture tunisienne joue un rôle déterminant, en tant que source nationale de séquestration de carbone (Communication Initiale de la Tunisie CCNUCC, 2001).

Tableau 2 : Synthèse des émissions nettes de GES en Tunisie en 1994 (1000 TE-CO₂)

	Emissions nettes de CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Total National des émissions /absorptions	15 323,7	3 783,5	4 260,4	23 367
1-Energie	14 257,4	925,2	68,6	15 251
2-Procédés Industriels	2 839,0		0,5	2 840
3-Solvants				
4-Agriculture		1 996,6	4 021,6	6 018
5-Changements d'affectation des sols et forêts	-1 772,7			-1 773
7-Déchets		861,6	169,7	1 031

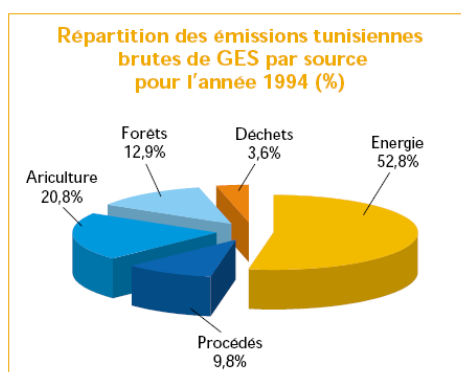


Figure 6: Répartition des émissions tunisiennes brutes de GES par source pour l'année 1994 (%) (Bulletin d'Information sur les Changements Climatiques, 2002)

3. Forçage radiatif

Le forçage radiatif représente un changement de l'équilibre entre les flux nets de rayonnement vers l'intérieur de l'atmosphère et vers l'extérieur de l'atmosphère qui « force » le climat à passer en état de déséquilibre. En somme, le forçage radiatif modifie le bilan radiatif de la Terre et donc le climat. Un forçage radiatif positif (par exemple, celui attribuable à la hausse de la concentration des GES) réchauffe l'atmosphère, tandis qu'un forçage radiatif négatif (par exemple, causé par un accroissement de la concentration des aérosols de sulfates, qui reflètent le rayonnement solaire incident) tend plutôt à entraîner un refroidissement de l'atmosphère. Il est important de connaître les agents qui provoquent le forçage radiatif du climat et leur incidence sur l'équilibre radiatif pour comprendre les changements climatiques qui se sont produits par le passé et pour prévoir ceux qui pourraient survenir.

4. Les gaz à effet de serre transforment le climat

La figure 7 montre les anomalies de la température mondiale annuelle moyenne en surface qui ont été observées (ligne grise) et celles qui ont été simulées en fonction d'un modèle (ligne rouge) depuis environ 1860. La simulation de l'effet du forçage radiatif naturel (variation du rayonnement solaire et des éruptions volcaniques) ne suffit pas à expliquer entièrement le réchauffement climatique observé au XXe siècle, surtout au cours des 50 dernières années. La simulation du forçage causé par l'activité humaine offre une meilleure explication des changements enregistrés depuis 50 ans. Comme prévu, c'est en combinant toutes les sources de forçage qu'on obtient la meilleure concordance entre les observations faites de 1850 à aujourd'hui et les simulations par modèle, comme le montre la figure 4c. Les experts en concluent que le réchauffement des 50 dernières années a probablement été causé en grande partie par l'activité humaine.

Moyennes des température de surface annuelles simulées du globe

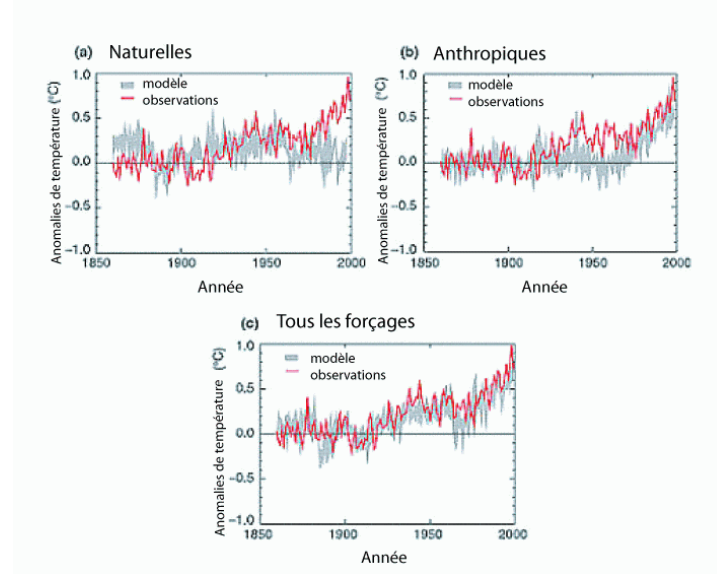


Figure 7 : Température mondiale annuelle moyenne en surface observée et simulée en tenant compte du forçage a) naturel, b) anthropique, c) naturel et anthropique. (IPCC, 2001)

Chapitre III : Mobilisation internationale et législations sur le changement climatique

1. Introduction

La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), qui est entrée en vigueur depuis le 21 mars 1994, fait partie avec la Convention Internationale sur le Diversité Biologique (CDB), des deux conventions qui ont été signées par la communauté internationale à l'occasion du Sommet de la Terre de Rio en 1992.

L'objectif ultime de cette convention « est de stabiliser les concentrations des Gaz à Effet de Serre (GES) dans l'atmosphère à un niveau empêchant toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Cette convention invite de façon volontaire les pays développés, premiers responsables de cette situation, à réduire leurs émissions en GES. La mise en application de cette convention au niveau des pays Parties pourrait signifier des remises en question des options de développement, des intérêts industriels et économiques, des choix technologiques entre autres. Mais, elle pourrait aussi ouvrir de nouvelles opportunités qui devront être saisies par les pays Parties, et en particulier ceux ne figurant pas à l'annexe I, afin de leur permettre de s'engager dans le processus de développement durable. L'application des termes de la convention devrait, en fin de compte, déboucher sur l'adoption d'un nouveau mode de développement par les pays Parties.

2. Examen des obligations et des opportunités offertes par la CCNUCC

Les obligations et les opportunités définies par la convention découlent de deux grands principes :

- La préservation du système climatique mondial dans l'intérêt des générations présentes et futures ;
- La création de mécanismes de financement nouveaux pour la protection de l'environnement global.

Ces deux principes découlent eux-mêmes du fait que la problématique des changements climatiques a fondamentalement un caractère global. Les responsabilités sont certes différenciées mais les conséquences sont partagées. Aussi, les procédures et mécanismes mis en place par la convention, privilégient naturellement les actions concertées à l'échelle globale, et plus particulièrement à l'échelle régionale.

2.1. Obligations des pays en développement Parties

En tant que pays Partie non Annexe I, la principale obligation de la Tunisie est de présenter une Communication Nationale, obligation qui est toutefois conditionnée à l'obtention d'un soutien financier.

En effet, en matière de communication d'informations concernant l'application des dispositions de la CCNUCC, l'article 12.1 précise pour chacune des Parties les éléments d'information à communiquer à la communauté internationale portant sur « l'inventaire national des émissions anthropiques par ses sources et de l'absorption par ses puits de tous les GES non réglementés par le Protocole de Montréal dans la mesure où ses moyens le lui permettent » ainsi qu' « une description générale des mesures qu'elle prend ou envisage de prendre pour appliquer la convention » et « toute information que la Partie juge utile pour atteindre l'objectif de la convention ». La fréquence de présentation de ces informations à travers la Communication

Nationale n'est toutefois pas imposée pour les pays en développement Parties. L'article 12.4 prévoit pour ces pays la possibilité, « sur une base volontaire, de proposer des projets à financer, incluant les technologies, les matériaux, l'équipement, les techniques ou les pratiques spécifiques qu'il faudrait pour les exécuter et en donnant si possible une estimation de tous les coûts supplémentaires de ces projets, des progrès escomptés dans la réduction des émissions et dans l'augmentation de l'absorption des GES ainsi qu'une estimation des avantages que l'on peut en attendre ». L'article 12.7 précise que « la COP prendra ses dispositions pour assurer la fourniture aux pays en développement Parties, sur leur demande, d'un concours technique et financier qui les aide à réunir et à communiquer les informations demandées dans l'article 12 et à recenser les moyens techniques et financiers nécessaires à l'exécution des projets proposés et des mesures de riposte prises au titre de l'article 4 ».

Pour honorer leurs engagements et tirer profit des opportunités, les pays en développement Parties doivent par ailleurs renforcer leurs capacités institutionnelles et humaines notamment par (article 6) :

- « La mise au point et l'exécution de programmes d'éducation et de formation, y compris par le renforcement des organismes nationaux et par l'échange ou le détachement de personnel chargé de former des experts en la matière, notamment pour les pays en développement » ;
- « L'élaboration et l'application de programmes d'éducation et de sensibilisation sur les CC et leurs effets » ;
- « L'accès public aux informations concernant les CC et leurs effets » ;
- « La participation publique à l'examen des CC et de leurs effets et à la mise au point de mesures appropriées pour y faire face » ;
- « La formation de personnel scientifique, technique et de gestion ».

En matière de recherche et d'observation systématique (article 5), les pays en développement Parties à la CCNUCC s'engagent à :

- soutenir et, selon le cas, développer « davantage les organisations ou les programmes et réseaux internationaux et intergouvernementaux dont le but est de définir, réaliser, évaluer et financer des travaux de recherche, de collecte de données et d'observation systématique, en tenant compte de la nécessité de limiter le plus possible les doubles emplois » ;
- soutenir « les efforts menés aux niveaux international et intergouvernemental pour renforcer l'observation systématique et les capacités et moyens nationaux de recherche scientifique et technique, et pour encourager l'accès aux données provenant de zones ne relevant pas de la juridiction nationale et à leur analyse, ainsi que pour en promouvoir l'échange ».

En tant que Partie à la CCNUCC, la Tunisie a enfin une obligation morale de contribuer à atteindre l'objectif ultime de la CCNUCC à savoir la stabilisation des concentrations des GES dans l'atmosphère à un niveau empêchant toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique.

2.2. Opportunités offertes aux pays en développement Parties

La Tunisie, en tant que pays en développement Partie à la CCNUCC, peut bénéficier d'opportunités offertes dans le cadre de cette convention notamment en matière de renforcement de capacités, d'obtention de financement, d'échange d'informations et d'accès aux technologies propres.

Il est important de noter que la CCNUCC reconnaît en son article 4.7, que le développement économique et l'éradication de la pauvreté sont des priorités premières pour les pays en

développement. Par ailleurs, il n'est pas demandé aux pays en développement de procéder à des réductions de leurs émissions de GES au détriment de leur développement.

En matière de financement, les pays développés ont pris l'engagement de financer les surcoûts des activités qui seraient mises en œuvre par les pays en développement pour satisfaire les objectifs de la CCNUCC. Ceci s'explique tant par la responsabilité première des pays développés dans les émissions de GES que par l'absence de ressources financières suffisantes dans les pays en développement.

Il est bien spécifié que ces financements doivent être nouveaux et additionnels et ne peuvent donc se confondre avec l'Aide Publique au Développement (APD). Seuls les pays en développement Parties sont éligibles à ces financements. Les fonds sont octroyés sous forme de dons ou à des conditions concessionnelles. Les directives relatives aux mécanismes financiers (article 11) ont été arrêtées lors de la 1ère COP (Berlin, 1995). Pour éviter la création de nouvelles institutions financières, les pays développés ont proposé le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), sous contrôle de la Conférence des Parties. Le fonds est confié au triumvirat Banque Mondiale (BM) pour les investissements, Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) pour les projets scientifiques et Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) pour les appuis techniques et la formation.

La Conférence des Parties est chargée de :

- Dresser les orientations générales du FEM ;
- Décider des politiques, des programmes prioritaires et des critères d'éligibilité ;
- Chercher à mobiliser des fonds.

Le Fonds pour l'Environnement Mondial doit :

- S'assurer que les politiques, les programmes prioritaires et les critères d'éligibilité décidés par la COP sont compatibles ;
- S'entendre sur les activités spécifiques à financer pour les pays en développement Parties ;
- Etre responsable devant la COP.

2.3. Contribution de la Tunisie à la mise en œuvre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

Depuis la ratification de la Convention en juillet 1993, la Tunisie a consolidé sa politique en matière de Changements Climatiques en lançant plusieurs initiatives dont notamment:

- La mise en œuvre d'un programme national de maîtrise de l'énergie axé sur le développement de l'efficacité énergétique et la promotion des énergies renouvelables et propres. Ce programme a permis d'atténuer le taux de croissance de la demande d'énergie, d'améliorer l'intensité énergétique et de réduire les émissions de GES dues aux utilisations énergétiques ;
- L'élaboration d'une politique de protection de l'environnement devant contribuer à l'atténuation des impacts des Changements Climatiques. Cette politique a été axée sur la lutte contre la pollution, la normalisation et la réglementation des rejets, l'aménagement des parcs naturels, la gestion des déchets solides, la protection contre les inondations et la gestion rationnelle des ressources naturelles (eau, sol, air) ;
- L'adoption d'une stratégie nationale de reboisement permettant de contribuer à l'amélioration des puits de dioxyde de carbone ;
- La mise en place d'un Comité National sur les Changements Climatiques (CNCC) qui regroupe l'ensemble des organismes concernés. Ce comité est chargé du suivi des négociations

internationales et de la coordination des travaux ayant trait aux Changements Climatiques ;

- La préparation de la première communication nationale comportant notamment l'inventaire des GES pour l'année 1994, des études sectorielles et un plan d'action d'atténuation et d'adaptation aux Changements Climatiques ;
- L'identification des options d'atténuation des émissions de GES dans les secteurs de l'énergie, des déchets et de l'agriculture ;
- La mise en place d'une Cellule d'Information sur l'Energie Durable et l'Environnement (CIEDE) avec le soutien du projet Maghrébin sur les Changements Climatiques.

3. Protocole de Kyoto et opportunités offertes aux pays en développement Parties

En 1997, lors de la 3ème Conférence des Parties à la CCNUCC tenue à Kyoto au Japon, un accord clé a été adopté : le Protocole de Kyoto (PK). Ce protocole a fixé des objectifs chiffrés de limitation et de réduction des émissions en GES pour les pays développés et les pays en transition responsables de l'essentiel des émissions des GES.

Globalement, ces pays s'engagent à réduire de 5,2 % leurs émissions annuelles de GES par rapport à l'année 1990, et ce d'ici la fin de la première période d'engagement allant de 2008 à 2012.

Selon le PK, les pays en développement ne sont pas astreints à diminuer leurs émissions, ils doivent cependant faire part régulièrement de l'évolution du niveau de leurs émissions.

Le PK a introduit trois mécanismes de flexibilité destinés à aider les pays ayant un objectif de limitation ou de réduction de GES à remplir leurs engagements à moindre coût. Parmi ces trois mécanismes, le Mécanisme pour un Développement Propre (MDP) concerne spécifiquement les pays en développement et présente de ce fait une opportunité pour ces pays en vue de parvenir à un développement durable ainsi qu'à contribuer à l'objectif ultime de la convention (Article 12 du PK).

L'objectif du MDP est double :

- aider les pays en développement Parties à la CCNUCC à parvenir à un développement durable et contribuer à l'objectif ultime de la convention ;
- aider les pays industrialisés Parties à la CCNUCC à remplir leurs engagements chiffrés de limitation et de réduction de leurs émissions.

En termes d'opportunités, le MDP permet aux pays en développement Parties au PK d'accéder à des flux de capitaux additionnels, à des technologies nouvelles et propres et à du savoir-faire tout en poursuivant scrupuleusement leurs propres priorités de développement durable dans la mesure où tout projet MDP doit, entre autres, être conforme aux critères nationaux de développement durable. Ce mécanisme constitue donc pour la Tunisie une opportunité de se mettre sur l'orbite du développement durable.

4. Schéma institutionnel mis en place pour la mise en œuvre de la CCNUCC

Le besoin de compétences très diverses pour faire face à l'ensemble des questions relatives à la mise en œuvre de la CCNUCC a conduit, au niveau international, à la création d'organes tels que la Conférence des Parties (COP), le Secrétariat de la convention, l'Organe Subsidaire de Conseil Scientifique et Technologique (SBSTA) et le Conseil Subsidaire de Mise en Œuvre

(SBI) qui sont chargés de la gestion, du suivi et de l'évaluation de la convention. Le Groupe Intergouvernemental des Experts sur l'évolution du Climat (GIEC ou IPCC en anglais) constitue l'autorité scientifique et technique en matière des CC. Ses rapports périodiques sur les aspects scientifiques, techniques et socio-économiques, permettent de faire des évaluations sur les risques que représentent les CC et de développer des réponses pour faire face à leurs effets.

Ces rapports constituent de ce fait un argumentaire scientifique et technique et un support de base pour les négociateurs dans les instances de la CCNUCC.

Chapitre IV : Principaux résultats d'IPCC sur le changement climatique à l'échelle du globe

Le réchauffement du système climatique est aujourd'hui un fait incontestable. La hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, la fonte massive de la neige et de la glace, et l'élévation du niveau moyen de la mer en sont la preuve. Les principaux résultats scientifiques qui quantifient l'ampleur du changement climatique viennent des différents rapports du GIEC.

1. Le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC)

Le GIEC est un organisme chargé du suivi scientifique des négociations internationales sur le changement climatique. Fondé en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement, il joue un rôle central dans les négociations.

Sa mission est de rassembler des données scientifiques, techniques et socio-économiques pertinentes afin d'envisager les risques du changement climatique liés aux activités humaines. Il doit également formuler et évaluer des stratégies possibles de prévention et d'adaptation.

- Il a publié son premier rapport en 1990. Mis à jour en 1992, ce rapport a servi de base à la négociation de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, adoptée à Rio de Janeiro en juin 1992.
- Le rapport publié en 2001, qui comprend trois volets : Les bases scientifiques, impacts, adaptation et vulnérabilité, et mesures d'atténuation, fait état de l'augmentation des indices témoignant d'un réchauffement de la planète et d'autres modifications du système climatique.
- En février 2007, le GIEC publie le premier volume de l'édition 2007 du rapport "Changement climatique 2007 : les bases scientifiques physiques", qui établit la responsabilité humaine dans le réchauffement climatique. C'est le bilan de six années de travaux menés par un réseau de 2500 scientifiques.
- En avril 2007, le GIEC publie le deuxième volume : "Bilan 2007 du changement climatique: impacts, adaptation et vulnérabilité ". Celui-ci établit un diagnostic alarmant des impacts du réchauffement climatique.
- En mai 2007, le 3ème volume sur le changement climatique 2007 : les mesures d'atténuation est publié à Bangkok. Le rapport établit qu'une action résolue contre le réchauffement aurait un coût relativement modéré et que les 20 à 30 prochaines années seront déterminantes. Le GIEC présente les principales options pour atténuer le réchauffement : diminuer les subventions aux énergies fossiles, encourager les énergies renouvelables, encourager l'énergie nucléaire, capter et stocker le CO₂, réduire la pollution des transports, construire écologique, réduire les émissions de l'industrie, modifier les pratiques agricoles et réduire la déforestation.

- Le 12 octobre 2007, le GIEC obtient, avec l'ancien vice-président américain Al Gore, le Prix Nobel de la paix pour «leurs efforts de collecte et de diffusion des connaissances sur Le changement climatique provoqués par l'homme».

2. Les scénarii GIEC

Les scénarii de changements climatiques constituent la première étape dans le développement des représentations vraisemblables du climat futur. Cependant ces scénarii ne sont pas des prévisions. Ce sont des scénarii dits contre-factuels, qui permettent de hiérarchiser les priorités en évaluant le poids relatif des tendances et des décisions nécessaires pour atteindre tel ou tel but. Ils montrent ce qui va se passer si on continue à agir de telle ou telle manière, ou si on change dans tel ou tel secteur.

Le GIEC a abouti à 6 familles de scénarii assez contrastés. Ces 6 scénarii constituent la référence en matière de politiques de lutte contre les causes majeures du changement climatique.

A titre d'exemple, le premier type de scénario est la famille de scénarii « business-as-usual », qu'on traduit usuellement par scénarii de référence. Il s'agit de simple extrapolations à partir des tendances constatées au cours des décennies précédentes, en supposant qu'il n'y a pas de problème de changement climatique, ni aucun autre problème d'environnement, et que les buts actuellement poursuivis par les sociétés humaines restent inchangés.

Les scénarii de référence sont multiples parce qu'ils prennent en compte différentes combinaisons de valeur pour l'évolution des variables principales, à savoir la croissance économique, la population, et la composition de l'approvisionnement énergétique (solaire, combustibles fossiles, biomasse, etc.), elle-même basée sur des hypothèses sur l'évolution technique.

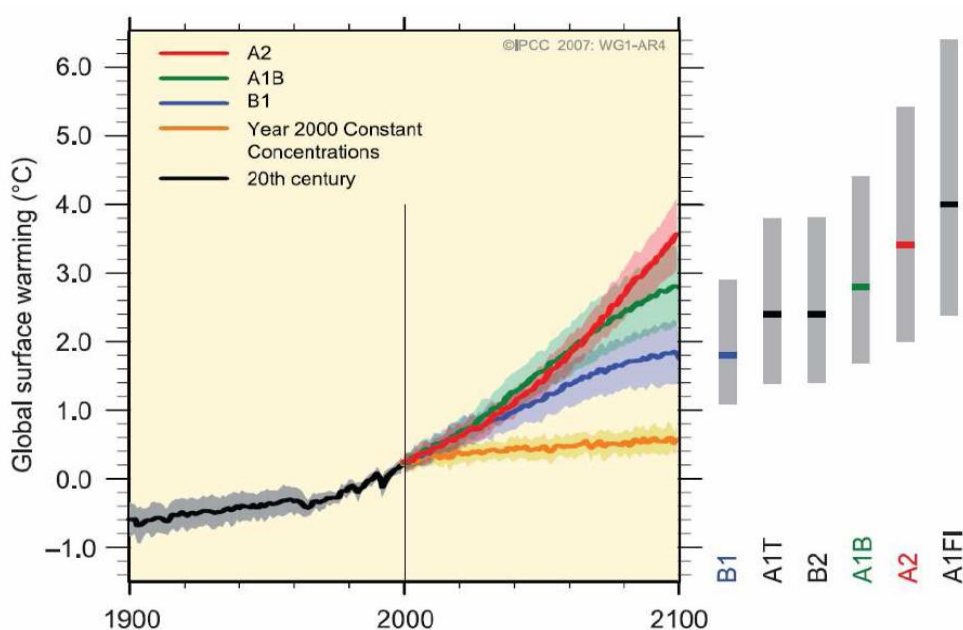


Figure 8 : Température globale de surface simulée (à partir de l'an 2000) selon les six scénarii de référence IPCC avec des barres d'erreurs (à droite de la figure) (IPCC, 2007)

D'une manière générale, ces scénarii ont pour objectif de représenter de manière simple le monde futur sous différents aspects. Ils se fondent sur des hypothèses d'évolution pour aboutir à des projections dans différents domaines.

Tableau 3 : Les scénarii de changements climatiques

Familles de scénarii	Description
A1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Croissance économique rapide. ▪ Croissance de la population mondiale jusqu'à la moitié du siècle et qui diminue ensuite. ▪ Apparition rapide de technologies nouvelles et plus efficaces. ▪ Convergence entre les régions. ▪ Renforcement des capacités et accroissement des interactions culturelles et sociales. ▪ Réduction sensible de la disparité régionale du revenu par habitant. La famille de scénarii A1 se divise en trois groupes liés à différentes hypothèses concernant l'évolution technologique du système énergétique: A1F1, basé sur un usage intensif de combustibles fossiles; A1T, lié à des sources d'énergie autres que fossiles; A1B, établi sur un équilibre entre toutes les sources d'énergie.
A2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un monde très hétérogène. ▪ Autosuffisance et préservation des identités locales. ▪ Convergence lente des taux de fécondité régionaux se traduisant par une augmentation constante de la population. ▪ Orientation régionale du développement économique. ▪ La croissance économique par habitant comme le progrès technologique sont plus fragmentés et plus lents que dans les autres familles.
B1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un monde convergent doté des mêmes caractéristiques démographiques que dans la famille A1. ▪ Une économie axée progressivement sur les services et l'information. ▪ Moindre importance des activités productrices de matières et adoption de technologies propres avec une exploitation efficace des ressources. ▪ Recherche de solutions mondiales en matière de viabilité économique, sociale et environnementale. ▪ Plus grande équité. ▪ Pas de nouvelles initiatives en matière de climat.
B2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Des solutions locales en matière de viabilité économique, sociale et environnementale. ▪ Une population mondiale qui augmente régulièrement (avec un rythme plus lent que dans la famille A2). ▪ Un développement économique de niveau intermédiaire et un progrès technologique moins rapide et plus divers que dans les familles A1 et B1. ▪ Protection de l'environnement et équité sociale. ▪ Approche locale et régionale privilégiée.

3. Principaux résultats du GIEC sur Le changement climatique observés et les effets constatés à l'échelle du globe

Un examen complet du changement climatique observé est fourni dans le quatrième rapport d'évaluation du Groupe de Travail I du Groupe d'experts intergouvernemental sur Le changement climatique (GIEC). Ce paragraphe expose les principaux résultats pertinents de ce rapport.

3.1. Réchauffement

D'après le dernier rapport du GIEC, les douze dernières années (1995–2006) figurent parmi les douze années les plus chaudes depuis 1850. On estime une augmentation de température moyenne globale de 0,74 °C entre 1906 et 2005. Les températures ont augmenté presque partout dans le monde, avec une tendance plus marquée aux latitudes élevées de l'hémisphère Nord. Par ailleurs, les continents se sont réchauffés plus rapidement que les océans.

Les températures moyennes dans l'hémisphère Nord ont été plus élevées pendant la seconde moitié du XXe siècle qu'au cours des cinq derniers siècles et il est probable qu'elles ont été les plus élevées depuis 1 300 ans au moins.

Les observations effectuées sur tous les continents et dans la plupart des océans montrent qu'une multitude de systèmes naturels sont touchés par les changements climatiques régionaux, en particulier par la hausse des températures.

Dans les écosystèmes terrestres, le caractère hâtif des phénomènes printaniers et la migration d'espèces animales et végétales vers les pôles et vers les hauteurs sont associées au réchauffement. Dans certains écosystèmes marins et d'eau douce, le déplacement des aires de répartition et les variations du degré d'abondance des algues, du plancton et des poissons sont liés à la hausse de la température de l'eau ainsi qu'aux modifications connexes de la couche de glace, de la salinité, de la teneur en oxygène et de la circulation de l'eau.

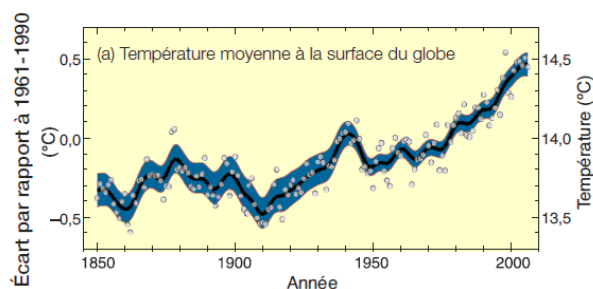


Figure 9 : Variations observées de la température moyenne à la surface du globe : écart par rapport à la période de référence 1961-1990. (IPCC, 2007)

3.2. Niveau de la mer

L'élévation du niveau de la mer concorde avec le réchauffement. Sur l'ensemble de la planète, le niveau moyen de la mer s'est élevé de 3,1 mm/an depuis 1993, sous l'effet de la dilatation thermique et de la fonte des glaciers.

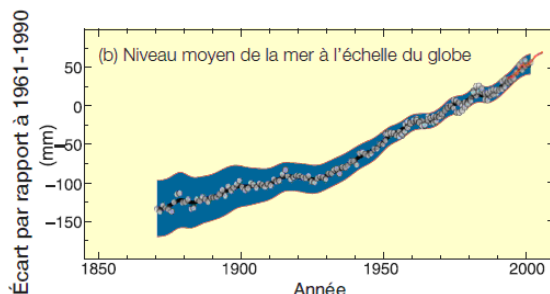


Figure 10 : Variations observées du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe, selon les données recueillies par les marégraphes (en bleu) et les satellites (en rouge) : écart par rapport à la période de référence 1961-1990. (IPCC, 2007)

3.3. Fonte des glaciers

Une accumulation de preuves permet de conclure avec un degré de confiance élevé qu'une diminution de l'étendue des zones couvertes de neige et de glace est observée. En effet, les données-satellite disponibles depuis 1978 montrent que l'étendue annuelle moyenne des glaces a diminué de 2,7 % par décennie dans l'océan Arctique, avec un recul plus marqué en été. Les glaciers et la couverture neigeuse occupent de moins de moins de superficie dans les deux hémisphères. Ceci a un impact direct sur les systèmes naturels :

- un élargissement et une augmentation du nombre de lacs glaciaires;
- une augmentation de l'instabilité des sols dans les régions de pergélisol et des avalanches de roches dans les régions de montagneuses;
- des changements dans certains écosystèmes arctiques et antarctiques, comprenant la faune et la flore de la banquise ;
- débit accru et crue de printemps plus précoce de beaucoup des rivières alimentées par la fonte des glaciers et des neiges.

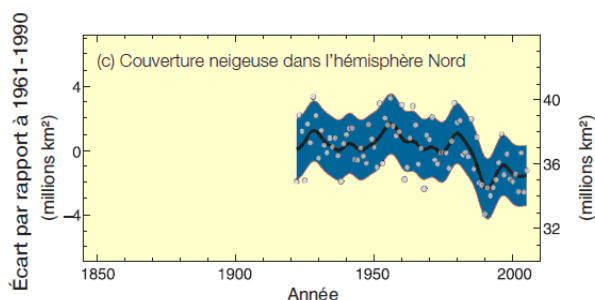


Figure 11 : Variations observées de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord en mars – avril : écart par rapport à la période de référence 1961-1990. (IPCC, 2007)

Tous les écarts sont calculés par rapport aux moyennes pour la période 1961-1990. Les courbes lissées représentent les moyennes décennales, et les cercles correspondent aux valeurs annuelles. Les zones ombrées représentent les intervalles d'incertitude qui ont été estimés à partir d'une analyse poussée des incertitudes connues et à partir des séries chronologiques.

3.4. Augmentation de la fréquence des événements extrêmes

Entre 1900 et 2005, les précipitations ont fortement augmenté dans l'est de l'Amérique du Nord et du Sud, dans le nord de l'Europe et dans le nord et le centre de l'Asie, tandis qu'elles diminuaient au Sahel, en Méditerranée, en Afrique australe et dans une partie de l'Asie du Sud. La sécheresse a progressé à l'échelle du globe depuis les années 1970.

Une diminution de la fréquence des journées froides, des nuits froides et du gel sur la plus grande partie des continents a été observée depuis la seconde moitié du XXe siècle par contre le nombre de journées chaudes et de nuits chaudes a au contraire augmenté. De plus, on note une fréquence plus accrue de certains phénomènes: vagues de chaleur, fortes précipitations et une élévation extrême du niveau de la mer dans le monde entier depuis 1975.

Les observations révèlent une augmentation de l'activité cyclonique intense dans l'Atlantique Nord depuis 1970 environ.

Chapitre V : Projection du changement climatique futur

1. Introduction

Le risque associé au changement climatique est désormais reconnu comme réel. L'effort international porte maintenant sur une estimation plus fine du changement climatique futur, mais également sur une évaluation critique des incertitudes associées.

2. Au niveau global

Un progrès majeur de cette évaluation des projections du changement climatique par rapport au troisième rapport du GIEC est le grand nombre de simulations du climat futur fournies par un ensemble plus large de modèles. Pris ensemble, et compte tenu des informations additionnelles fournies par les observations, ils fournissent une base quantitative pour estimer le degré de fiabilité de nombreux aspects du changement climatique futur.

2.1. Gaz à effet de serre et température

La poursuite des émissions de gaz à effet de serre au niveau actuel ou au-dessus provoquerait un réchauffement supplémentaire et induirait de nombreux changements dans le système climatique global au long du 21^{ème} siècle, qui seraient très vraisemblablement plus importants que ce qui a été observé au cours du 20^{ème} siècle.

- Pour les deux prochaines décennies un réchauffement d'environ 0,2°C par décennie est simulé pour une série de scénarii d'émissions de gaz à effet de serre.
- Même si les concentrations de tous les gaz à effet de serre et des aérosols avaient été gardées constantes au niveau de l'an 2000, un réchauffement supplémentaire (induit), d'environ 0,1°C par décennie se produirait dû essentiellement à la réponse lente des océans.
- Depuis le premier rapport du GIEC en 1990, les projections réalisées ont indiqué des accroissements de température moyenne mondiale de 0,15 à 0,3 °C par décennie de 1990 à 2005. Cela peut maintenant être comparé avec les valeurs observées d'environ 0,2 °C par décennie renforçant la confiance des projections à court terme.
- Le réchauffement tend à réduire l'absorption (la séquestration) du dioxyde de carbone par les terres et l'océan, accroissant la fraction des émissions dues aux activités humaines (anthropiques) qui restent dans l'atmosphère. Pour le scénario A2 par exemple, la boucle de réaction entre le climat et le cycle du carbone accroît le réchauffement mondial moyen correspondant en 2100 de plus de 1 °C.
- L'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère provoque une augmentation de l'acidité de l'océan.
- Le réchauffement le plus important est attendu sur les continents et aux latitudes élevées, et le moins important devrait apparaître dans le sud de l'océan indien et dans certaines parties de l'Atlantique nord.

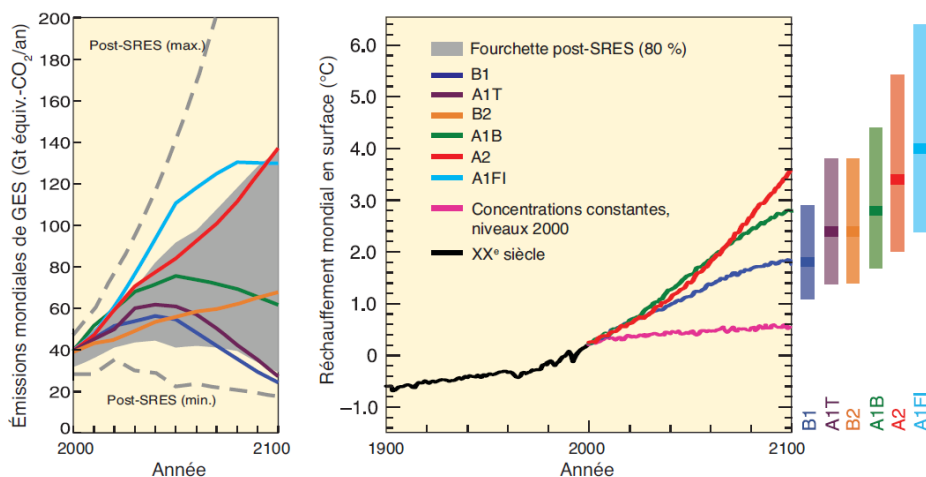


Figure 12 : Scénarii d'émissions de GES pour la période 2000–2100 (en l'absence de politiques climatiques additionnelles) et projections relatives aux températures en surface (IPCC, 2007)

2.2. Fonte de la couverture neigeuse

- Les simulations produisent une contraction de la couverture neigeuse. Des augmentations étendues de la couche de fonte sont également projetées sur la plupart des régions à couverture neigeuse permanente.
- Les simulations produisent une diminution des glaces de mer dans l'Arctique comme dans l'Antarctique pour tous les scénarii. Pour certaines simulations, la glace disparaît presque entièrement en Arctique à la fin de l'été dans la seconde partie du 21^{ème} siècle.
- La fonte de la calotte glaciaire du Groenland continuerait à contribuer à l'élévation du niveau de la mer après 2100. Les modèles actuels suggèrent une augmentation de la perte de glace avec la température plus rapide que les gains dus aux précipitations, et que le bilan en masse en surface deviendrait négatif avec un réchauffement global moyen (relatif aux valeurs préindustrielles) en excès de 1,9 à 4,6 °C. Dans le cas où un bilan de masse en surface négatif était maintenu sur des millénaires, ceci conduirait à une disparition pratiquement complète de la calotte glaciaire du Groenland, avec pour conséquence une contribution d'environ 7 m à l'élévation du niveau de la mer.

2.3. Événements extrêmes

- Il est très probable que les chaleurs extrêmes, les vagues de chaleur, et les événements de fortes précipitations deviendront plus fréquents.
- Il est probable que les cyclones tropicaux futurs (ainsi que les typhons et ouragans) deviendront plus intenses, avec des vents maximum plus forts et des précipitations plus fortes.
- Les projections prévoient un déplacement des trajectoires des tempêtes non tropicales vers les pôles, avec des changements en conséquence sur les répartitions des vents, des précipitations et des températures.

- La compréhension des répartitions attendues des précipitations a progressé depuis le troisième Rapport. Des augmentations des quantités de précipitations sont attendues aux latitudes élevées, alors que des diminutions seront probablement observées dans la plupart des terres subtropicales.

En conclusion, le réchauffement et l'élévation du niveau de la mer dus à l'homme continueraient pendant des siècles à cause des échelles de temps associées aux processus climatiques et aux rétroactions, même si les concentrations des gaz à effet de serre étaient stabilisées.

3. Au niveau de la Méditerranée

Le bassin méditerranéen est très sensible aux interactions avec les phénomènes naturels à l'échelle globale. Des mécanismes climatiques complexes y opèrent et font intervenir l'atmosphère, l'océan nord-atlantique, la mer méditerranée, les glaciers alpins, la végétation continentale et les aérosols d'origine désertique ou anthropique. De plus l'activité humaine, qui est reliée directement à cette variabilité, présente d'importants impacts sur le climat aussi bien à l'échelle locale que régionale. La Méditerranée est enfin une zone de transition entre un climat chaud et sec au sud et un climat doux et humide au nord. Ceci implique que la Méditerranée et son écosystème sont sensibles et vulnérables face au changement climatique futur.

Sur la région méditerranéenne plusieurs études semblent s'accorder sur le fait que la Méditerranée sera l'objet d'une augmentation de la température moyenne accompagnée d'une montée du niveau de la mer et d'une fréquence plus accrue d'évènements climatiques extrêmes. Nous citons ainsi, à titre indicatif, les résultats des modèles couplés de l'Institut Pierre Simon Laplace IPSL concernant la région méditerranéenne établis dans le cadre de sa contribution à la préparation du quatrième rapport d'évaluation (AR4) du GIEC.

3.1. Réchauffement

Une augmentation de la température globale de 1°C se traduira par un réchauffement en Méditerranée de +0.7 à +1.6 °C selon les régions qui sera maximal sur le bassin méditerranéen. La région méditerranéenne connaîtra ainsi un réchauffement en été deux fois plus rapide qu'en Europe du nord avec des étés chauds de plus en plus fréquents et une disparition des hivers rudes d'ici 2080.

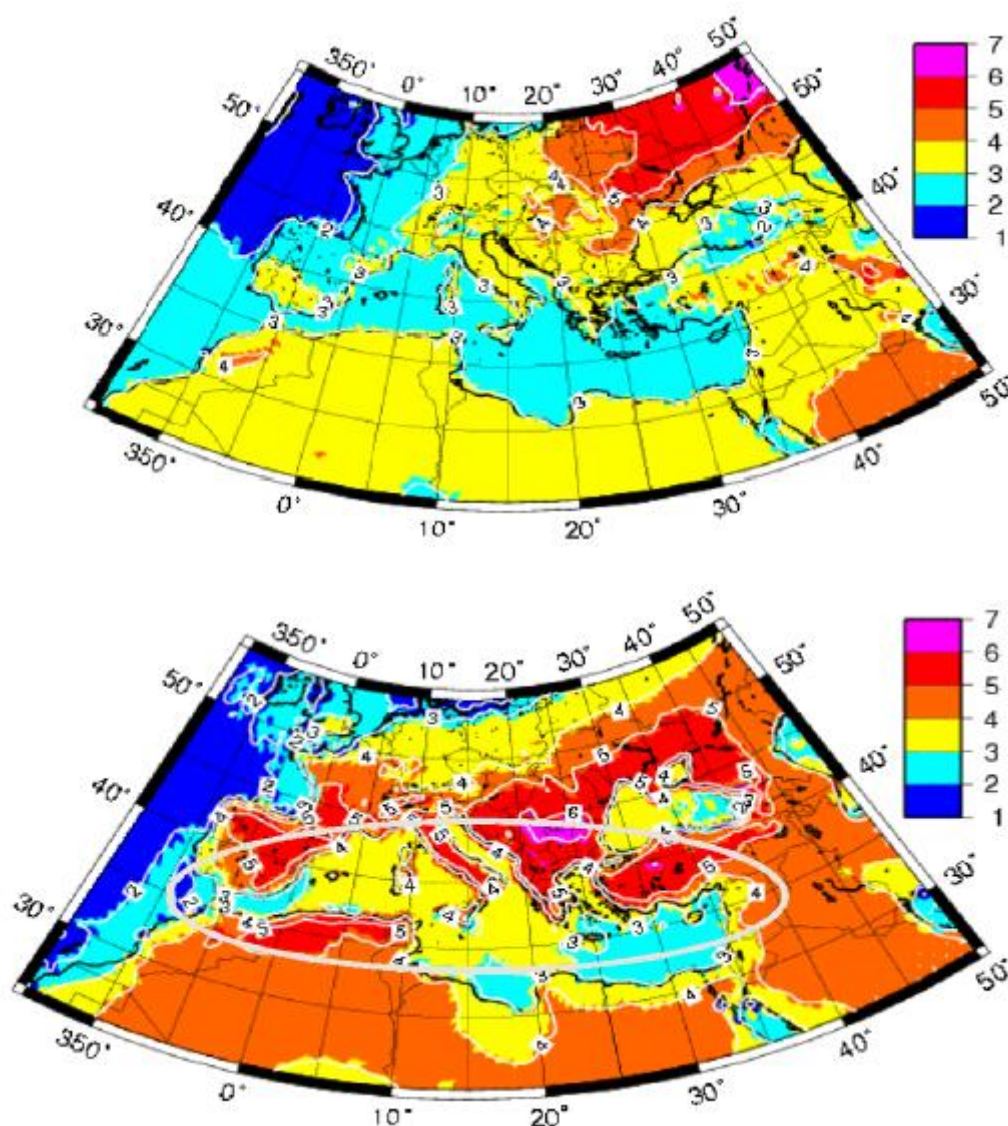


Figure 13 : Anomalies saisonnières (haut, hiver; bas, été) de températures en °C. A noter les importantes anomalies estivales (bas) positives (ovale) sur le bassin nord-ouest de la Méditerranée (Somot et al., 2007)

Il est facile de constater que l'anomalie est positive sur tout le bassin méditerranéen en été comme en hiver et les valeurs les plus importantes sont situées sur les côtes (la zone encerclée).

3.2. Précipitations

Les résultats concernant les précipitations sur la région méditerranéenne sont très variables, mais restent en accord sur les tendances futures:

- en hiver et au printemps, une augmentation au Nord et une diminution au Sud, le tout dans une fourchette très large comprise entre +26 % et - 2 % pour une augmentation de température de 1 °C.
- en été, une diminution au Nord et au Sud;
- en automne, une diminution dans la partie Ouest et une augmentation à l'Est et au Centre, pour une augmentation de température de 1 °C.

3.3. Evènements extrêmes

Une augmentation de la fréquence des évènements extrêmes (vagues de chaleur, sécheresses estivales, inondations hivernales au Nord du bassin) est prévue. Ce n'est pas très précis. Je pense qu'il faut donner des indications sur la fréquence (un pourcentage par exemple)

3.4. Niveau de la mer

La mer méditerranée est caractérisée par une circulation très particulière, ceci en conjugaison avec le réchauffement, aura pour effets :

- Des changements de température, salinité, contenu en matière organique et de concentration en CO₂, nitrates, phosphates; la circulation thermohaline (les flux de matière organique et chimique liés aux différences de température entre les différentes couches d'eau de mer) devra entraîner ces modifications vers le fond.
- Les scientifiques sont très prudents quant à la déclinaison, en Méditerranée, du risque d'élévation du niveau de la mer ; s'agissant d'une mer semi-fermée en contact avec l'Océan atlantique par le détroit de Gibraltar et avec la mer Noire. La modélisation des échanges d'eau avec les autres mers et avec l'atmosphère y est très complexe ; l'évaporation y est supérieure aux précipitations ce qui entraîne une augmentation de la salinité.
- La subsidence du Sud de l'Europe liée aux ajustements tectoniques post glaciaires (-5 cm d'ici 2080), ainsi que la subsidence de certains deltas qui pourrait localement aggraver la vulnérabilité à une hypothétique montée des eaux.

4. Au niveau de la Tunisie

Les résultats des projections futures du changement climatique sur la Tunisie sont issus de l'étude « Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques » réalisée en coopération avec le Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques du Gouvernement Tunisien et la Coopération Technique Allemande (GTZ).

Les projections climatiques pour la Tunisie ont été construites sur la base des résultats du modèle climatique britannique HadCM3 aux horizons temporels 2020 et 2050. Les deux scénarii moyens les plus probables (A2 et B2) ont été privilégiés.

Le modèle HadCM3 utilise pour la Tunisie un maillage (une résolution horizontale) de 55 x 55 km et un ensemble de 56 mailles. Les sorties du modèle sont des prévisions des quantités mensuelles des précipitations et des niveaux de températures pour chaque maille.

Les horizons temporels des projections sont 2020 (2011-2040) et 2050 (2041-2070), les variations des températures et des précipitations sont déterminées par rapport à la période de référence (1961-1990).

4.1. Projections des températures moyennes annuelles et saisonnières aux horizons 2020 et 2050

A l'horizon 2020, le modèle conclut à l'élévation générale des températures par rapport à la période référence (Fig. 10). L'augmentation moyenne annuelle sur l'ensemble du pays des scénarii A2 et B2 est de +1.1° C à l'horizon 2020 et de +2.1° C à l'horizon 2050. Le scénario bas B1 conclut à une augmentation moyenne des températures de +1.0 ° C en Tunisie à

l'horizon 2020.

Selon le scénario A2, trois zones peuvent être distinguées.

- La zone Nord, du Cap Bon et du Centre-Ouest où la température moyenne aura une augmentation relativement faible (+0.8° C).
- La zone Sud-ouest et de l'Extrême Sud où l'élévation des températures est plus importante (+1.3° C).
- La zone allant de la limite du Nord-Ouest au Sud-est (+1.0° C) où l'élévation de la température est moyenne.

Le scénario B2 indique des tendances identiques bien que des élévations légèrement supérieures soient constatées (+0.9° C à +1.5° C). A l'horizon 2050, la tendance à la hausse de température s'accroît, allant de +1.6° C au Nord à +2.7° C au Sud.

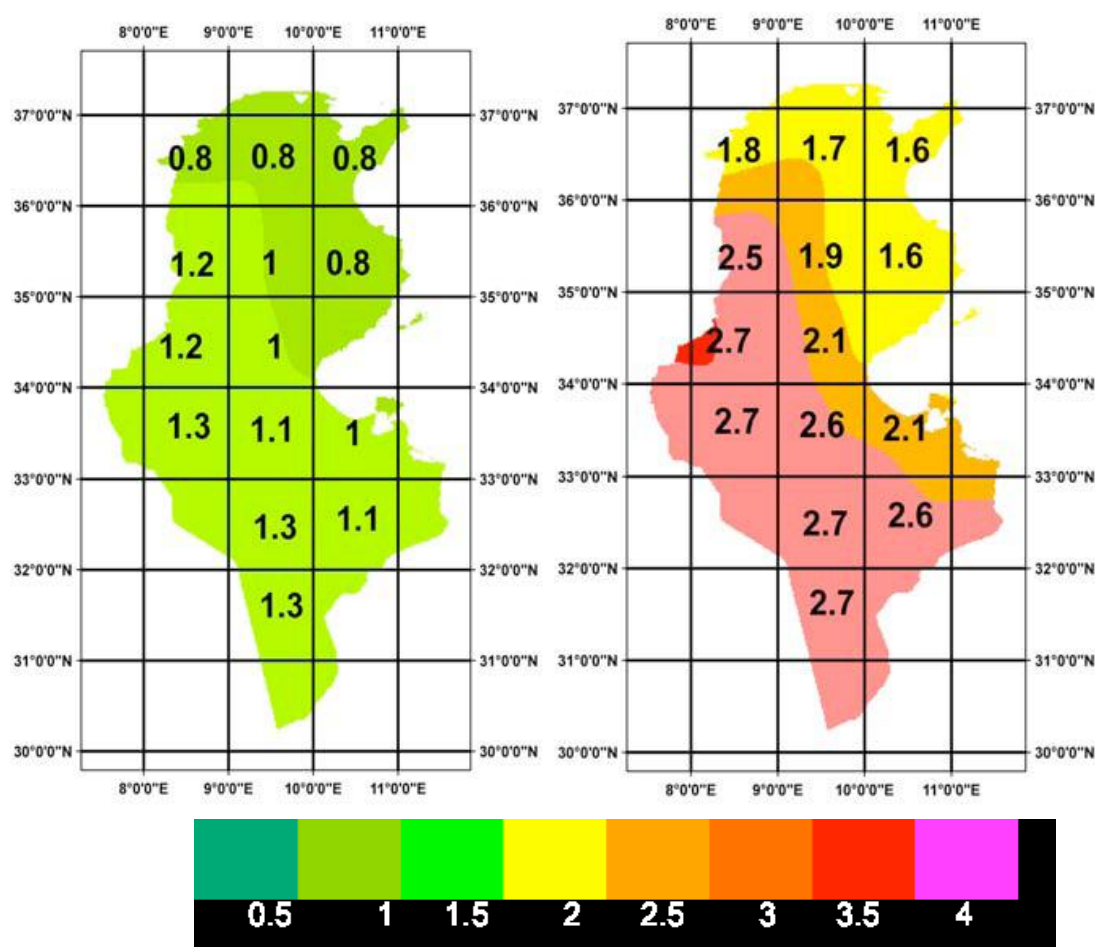


Figure 14 : Élévations des températures (° C) moyennes annuelles du modèle HadCM3 (scénario A2) par rapport à la période de référence à l'horizon 2020 (gauche) et à l'horizon 2050 (droite) (MARH, 2007)

4.2. Projections des précipitations moyennes annuelles et saisonnières aux horizons 2020 et 2050

Le modèle montre une tendance générale à la baisse des précipitations moyennes. Cette baisse est modérée à l'horizon 2020, mais s'accroît à l'horizon 2050 pour le scénario B2 (Fig. 11). La diminution est de -5 % au Nord, de -8 % au Cap Bon et Nord-est et de -10 % à l'extrême

Sud. Le scénario B2 prédit une tendance à la baisse légèrement plus faible (-4 % au Nord à -8 % à l'extrême Sud).

A l'horizon 2050, la baisse des précipitations s'accroît, elle varie alors de -10 % au Nord-Ouest à -30 % à l'extrême Sud. Trois zones se différencient : l'extrême Ouest du pays connaît une faible diminution des précipitations (-10 %), le Sud subit une plus forte baisse (-27 %) comparativement au reste du pays dont la quantité de précipitations baisse de -12 % à -16 %.

Au niveau des variations saisonnières, l'hiver connaît la plus faible diminution des précipitations (0 % à -7 %) alors que l'été subit la baisse la plus forte (-8 % à -40 % du Nord à l'extrême Sud) à l'horizon 2020. La situation de l'automne et du printemps est intermédiaire avec une baisse des précipitations de -6 % à -12 % à l'extrême Sud. Les variations saisonnières sont généralement identiques à l'horizon 2050.

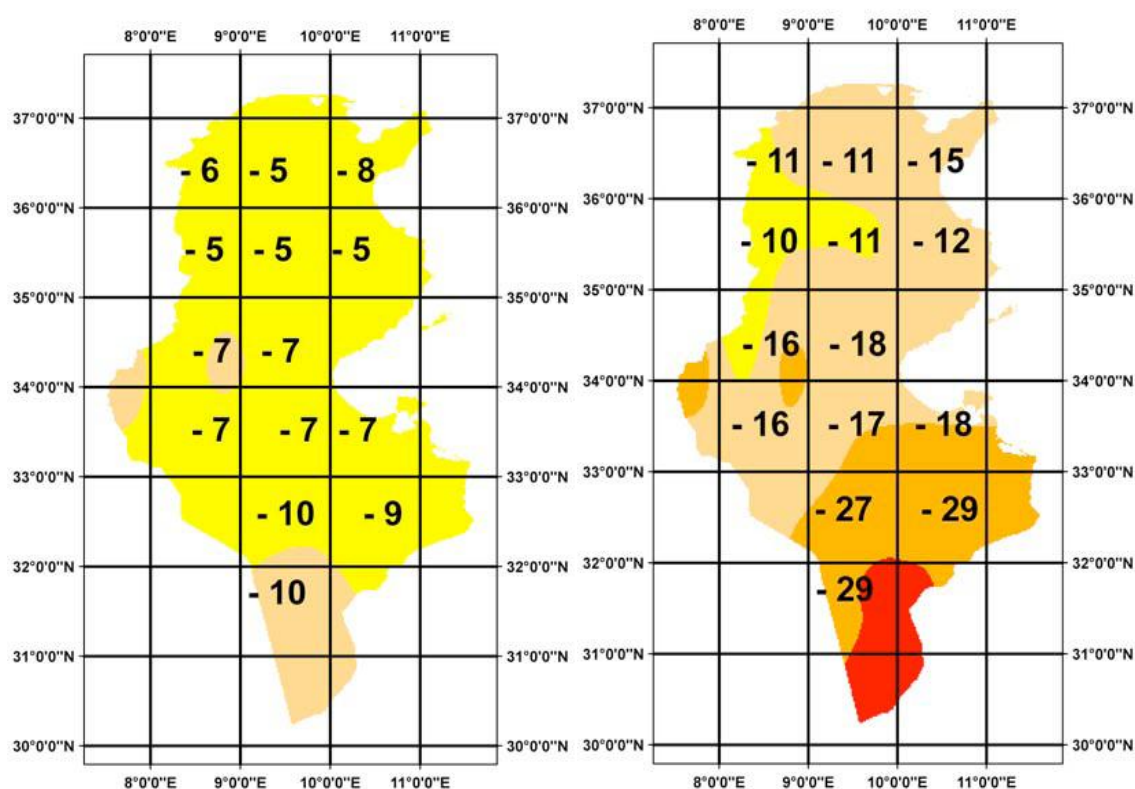


Figure 15 : Baisse en pourcentage (%) des précipitations moyennes annuelles selon le modèle utilisé (scénario A2) par rapport à la période de référence à l'horizon 2020 (à gauche) et à l'horizon 2050 (à droite) (MARH, 2007)

Chapitre VI : Impacts attendus du changement climatique sur la Tunisie

1. Introduction

Les projections climatiques pour la Tunisie ont été construites sur la base des résultats d'un modèle climatique aux horizons temporels 2020 et 2050. Les deux scénarii moyens les plus probables (A2 et B2) ont été privilégiés. Le scénario A2 a été retenu comme scénario de référence pour les groupes eau, agro-systèmes et écosystèmes.

2. Les ressources en eau

La connaissance actuelle des variables hydrologiques liées aux changements climatiques reste entachée d'incertitudes. Toutefois, sur la base d'une amorce de modélisation faite dans le cadre de l'étude « Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques » faite par le ministère de l'agriculture et des ressources en eaux avec la participation de la coopération technique allemande GTZ, les résultats obtenus montrent :

- Que les ressources en eaux conventionnelles diminueront d'environ 28 % à l'horizon 2030. Cette diminution sera localisée au niveau des nappes phréatiques de fortes salinités, des nappes littorales et des nappes contenant des eaux non renouvelables. La diminution des eaux de surface avoisinera 5 % à l'horizon 2030.
- Que les années sèches seront légèrement plus sèches et que seul le Nord du pays sera légèrement plus humide (une augmentation de 3 %), alors que les autres zones seront moins humides. Le modèle reste cependant peu précis, ce qui est le propre des modèles climatiques actuels.

En considérant une évolution moyenne des besoins en eau sans considérer Le changement climatique, le bilan obtenu montre que les ressources conventionnelles ne pourront satisfaire qu'à concurrence de 91 % les besoins à l'horizon 2030. Cela signifie que sans les ressources non conventionnelles et la mise en place des stratégies d'économie d'eau, les besoins à l'horizon 2030 ne seront pas satisfaits.

Impacts prévisibles du changement climatique sur les ressources en eau

Les impacts directs du changement climatique seront relativement faibles au niveau du stockage dans les barrages et les différents autres ouvrages. Seules les périodes extrêmes auront des effets négatifs supplémentaires sur la ressource souterraine déjà fragile et surexploitée par endroit.

La succession des périodes sèches ne sera pas bénéfique pour l'agriculture qui supportera un manque d'eau en irrigation, les besoins en eau potable étant prioritaires. En outre, la succession de ces périodes sèches aura pour effet une diminution de la recharge naturelle des nappes phréatiques. Ces dernières seront de plus en plus surexploitées afin de compenser le déficit dans l'irrigation par les eaux de surface. Cette surexploitation sera accompagnée d'une augmentation de la salinité, salinité d'autant plus accentuée que la nappe se situera en zone littorale.

En effet, ces zones, qui connaîtront également une élévation du niveau des mers, risquent un inversement du gradient hydraulique et, par conséquent, une intrusion marine.

Les zones humides naturelles et artificielles risquent l'eutrophisation et une dégradation de la qualité des eaux de surface (augmentation de la salinité et de la turbidité).

Une légère augmentation de l'intensité des pluies est possible, un phénomène augmentera l'érosion des sols.

Le Sud tunisien, qui dispose principalement de ressources en eau issues des nappes profondes, constitue la zone la plus vulnérable. En effet, la demande en eau y augmentera en raison de l'élévation de la température et génèrera une surexploitation des nappes profondes. Les conséquences probables consisteront en la diminution des niveaux piézométriques et la dégradation de la qualité des eaux.

La diminution de l'eau de bonne qualité risque d'augmenter les conflits entre usages concurrents de l'eau. L'approvisionnement des populations et du cheptel des zones rurales en eau potable sera plus difficile compte tenu de la dégradation de la qualité des eaux des nappes.

Au niveau de la ressource en eau, Le changement climatique auront des incidences non négligeables. Il n'est toutefois pas possible, sur la base des informations disponibles, d'en préciser l'importance. Aussi, le rythme et l'ampleur des changements restent tributaires de l'évolution du changement climatique.

Au total, cette section montre qu'il demeure difficile de prévoir les variations de la disponibilité de l'eau à l'échelle du pays. En effet, bien que les chercheurs soient convaincus que la hausse des températures influera sur certaines variables (telle l'évaporation), les incertitudes concernant la nature des variations régionales des régimes de précipitations ainsi que le manque de compréhension de la complexité des écosystèmes naturels limitent la capacité de prévoir les changements hydrologiques à l'échelle des bassins versants.

3. Les écosystèmes

Les écosystèmes tunisiens sont résilients, mais ils sont aussi surexploités, voire dégradés malgré les programmes mis en application. La clé de cette évolution se situant dans le poids de la pression humaine, le changement climatique n'interviendrait de la sorte que comme pression additionnelle.

Dans le scénario retenu pour les écosystèmes, la température moyenne annuelle augmenterait sur l'ensemble du pays, à l'horizon 2030 de +1.1° C, et de +2.1° C à l'horizon 2050.

Les modèles climatiques donnent, avec les réserves d'usage, une tendance à l'horizon 2030 à une légère augmentation de la fréquence et de l'intensité des années extrêmes sèches. Pour les années humides, le Nord-Ouest bénéficierait d'une légère augmentation des précipitations.

Avec l'élévation des températures, les feux de forêt, en l'absence de mesures d'adaptation, feront perdre une superficie d'au moins 6000 ha/an.

Les écosystèmes steppiques verront leurs fonctions pastorales diminuer au centre du pays, voire s'annuler au Sud. Les troupeaux se rabattront sur les parcours du Nord, alourdissant davantage leur charge et augmentant ainsi le taux de leur surpâturage.

En période de sécheresse, d'une part, le nombre d'espèces végétales et animales diminuerait rapidement et, d'autre part, la production de matériel végétal décroîtrait; ce qui réduirait les résidus organiques qui retournent au sol. Il en résulterait une baisse de fertilité due à l'appauvrissement du sol. Une telle évolution transformerait les sols stables en sols sensibles à la dégradation.

Les sécheresses prolongées conjuguées avec l'aridification pourraient transformer les terres fertiles en sols vulnérables à l'érosion.

En termes de production de matière sèche, les sols appauvris en matière organique voient leur capacité de production diminuer de 25 %.

A la suite des sécheresses prolongées et des inondations, l'enchaînement de divers processus de dégradation conduit à la désertification.

En milieu aride, la rareté de la végétation par un surpâturage excessif augmente la vulnérabilité du sol à l'érosion éolienne en période de sécheresse et à l'érosion hydrique au moindre orage.

Avec la diminution des précipitations, les zones humides s'appauvriraient grandement. Leur survie dépendrait alors d'apport d'eau douce. Le système deviendrait ainsi artificiel et deviendrait dépendant de la gestion hydrologique du pays.

L'élévation accélérée du niveau de la mer risque fortement de changer la morphologie des côtes et ainsi de transformer les zones humides. L'impact de l'élévation accélérée de l'eau de mer provoquerait à la fois des créations et des destructions de zones humides. La salinisation grandissante des zones humides constituerait un impact négatif du phénomène de la montée des eaux.

4. Le secteur agricole

Les agro-systèmes tunisiens subissent deux sortes de forçages, au sens de pressions. En premier lieu, l'ouverture de l'économie tunisienne aux marchés internationaux provoque un forçage économique. En second lieu, le secteur agricole subit à la marge les pressions du changement climatique. Il s'agit du forçage climatique.

Les événements extrêmes retenus ici sont relatifs à une succession de sécheresse et d'années pluvieuses durant deux années, au Nord, et trois années sur le reste du pays. Une année est considérée comme sèche si la pluviométrie reçue est égale ou inférieure à 50 % de la moyenne calculée sur cinquante ans. Une année est en revanche considérée comme pluvieuse si les précipitations enregistrées sont au moins équivalentes à 1.5 fois la moyenne.

Suite à une sécheresse, les cultures pluviales sont les plus affectées, les ressources d'eau mobilisées étant supposées couvrir les besoins des cultures irriguées.

- Les superficies des cultures céréalières connaîtront une baisse d'environ 200'000 ha, réparties selon les régions. Ces baisses concernent essentiellement les régions du Centre et du Sud.

- La superficie de l'arboriculture baissera à concurrence de 800'000 ha, environ. Cette baisse est répartie selon les espèces fruitières menées en sec en fonction de leur importance relative à l'échelle nationale ; notamment dans les régions du Centre et du Sud.
- L'effectif de cheptel (bovin, ovin et caprin) baissera d'environ 80 % dans le centre et le Sud, contre 20 % au Nord.

5. Evénements extrêmes

Le climat de la Tunisie change et tend à évoluer, il est à noter que la décennie 1999-2009 a été marquée en Tunisie par une intensification du rythme des situations extrêmes aussi bien au niveau de la température que celui de la pluie. Quatre années sèches successives ont marqué la période allant de 1999 à 2002 suivies par quatre années humides de 2003 à 2006. Des inondations ont marqué l'année 2003 à deux reprises (en janvier et en septembre) et l'année 2007. L'été 2003 était parmi les plus chauds depuis le début du 20^e siècle.

Aux horizons 2030 et 2050 le climat tendra vers une augmentation de la température et une baisse des précipitations sur fond de variabilité déjà grande du climat régional. D'autre part il semble acquis qu'aux horizons temporels 2020 et 2050, les phénomènes météorologiques extrêmes (sécheresses, vents, inondations) vont augmenter en fréquence et en intensité, notamment à travers la succession d'années très sèches.

Les conséquences sociales et économiques peuvent être dramatiques. Elles vont de la perte de récoltes, d'abandon de certaines cultures à une augmentation des risques de grands feux, le tout pouvant entraîner des répercussions sur l'économie et la société. Au surplus, le niveau de la mer va augmenter.

6. Le tourisme

Le secteur touristique, qui figure parmi les principaux axes stratégiques de développement de la Tunisie, pourrait souffrir des conséquences de l'élévation du niveau de la mer (ENM). En effet, l'esthétique et l'étendue des plages, qui sont parmi les principaux attraits des trois pôles touristiques majeurs du pays risquent d'être fortement affectés par l'ENM. D'autre part, les infrastructures, notamment celles très proches de la côte, seront particulièrement menacées.

Le tourisme balnéaire semble appelé à ressentir le plus les effets des changements climatiques, notamment l'érosion des plages, l'élévation du niveau des océans, l'aggravation des dommages provoqués par les raz de marée, et la diminution des réserves d'eau. Parallèlement, il pourrait se produire un allongement de la saison estivale et, en conséquence, une augmentation de la demande, ce qui pourrait avoir pour corollaire l'apparition de nouvelles dégradations de l'environnement.

7. Le Littoral

Le littoral tunisien de par sa morphologie et de par sa position majeure dans le cadre du développement socio-économique national est potentiellement sensible à l'ENM.

Les impacts de la montée du niveau marin seront perceptibles sur l'ensemble du territoire, toutefois, ces impacts seront plus ou moins déterminants en fonction de la géologie de l'arrière pays.

- La côte du golfe de Tunis montre plusieurs formes de faiblesse. Celles-ci tiennent à des facteurs naturels mais sont aussi le résultat d'un cumul d'interventions anthropiques, à travers une histoire relativement longue.

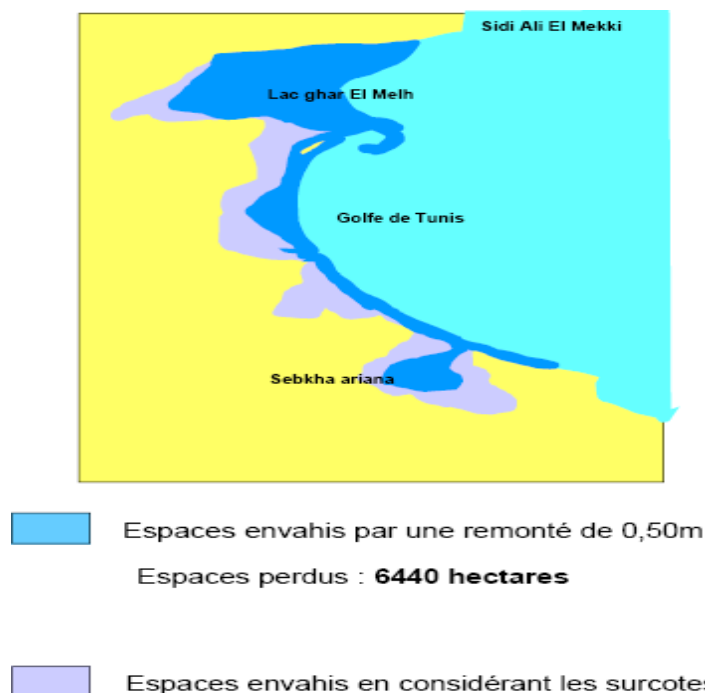


Figure 16: Effets physiques en fonction de l'augmentation de la température (MEDD, 2001)

- Les plages représentent la forme la plus fréquente des côtes du golfe de Hammamet et du Sahel et qui abrite la plus importante concentration urbaine et industrielle du pays.
- Les îles Kerkenna, qui se distinguent surtout par leur topographie très faible, apparaît comme l'un des milieux les plus menacés par l'ENM.
- Les falaises de l'île de Jerba sont parfois soumises à une érosion sévère et reculent à une vitesse importante. Les plages de Jerba sont très fragiles et plusieurs d'entre elles sont sérieusement menacées dans leur existence. Ainsi, plusieurs aménagements touristiques sont fortement affectés par l'avancée de la mer.

En ce qui concerne les zones touristiques côtières, le tableau suivant récapitule la vulnérabilité de ces zones à l'ENM.

Tableau 4 : Vulnérabilité des zones touristiques projetées à l'ENM

Zone touristique projetée	Vulnérabilité à l'ENM
Bekalta	<ul style="list-style-type: none"> • Bien que le littoral soit stable, une éventuelle élévation accélérée du niveau de la mer pourrait générer des problèmes d'érosion ; • La perte de terre est très faible ;
Ghedabna	<ul style="list-style-type: none"> • La marina peut générer une érosion qui peut être accentuée avec l'ENM; • La perte de terre est faible ;
Cap Gammarth	<ul style="list-style-type: none"> • La marina peut générer une érosion qui peut être accentuée avec l'ENM ; • La perte de terre est faible ;
Sidi Founkhal	<ul style="list-style-type: none"> • Avec l'ENM, la zone touristique de Founkhal entourée par des zones submergées. Elle se trouvera dans une petite île ;
Chaffar	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnérabilité faible
Hergla	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de terre dans les zones de Marais ; • L'érosion marine sera accentuée ;
Salloum	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de terre dans les zones de Marais ; • Perte du cordon par la destruction des salicornes des marais ;

Gabès	<ul style="list-style-type: none"> • Il est probable que la zone soit submergée ; • L'érosion marine sera accentuée ; • Vulnérabilité faible
Lella Hadhria	<ul style="list-style-type: none"> • Perte de terre dans les zones de Marais ; • Perte du cordon séparant la mer de la Sebkha; • Il est probable que la zone sera submergée ; • L'érosion marine sera accentuée ; • Vulnérabilité faible
Zouara Béja	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnérabilité faible
Zarzis	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnérabilité faible • Risque de créer une érosion marine
Bizerte	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnérabilité faible
Raoued	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de submersion partielle
Sidi Erreis	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de création d'une érosion
Kalat El	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de submersion partielle
Andalous	

8. Santé

La santé humaine est largement tributaire du climat et des changements qui s'y opèrent. Certains sont peut être bénéfiques, c'est le cas d'hivers plus doux dans certaines régions qui contribuent à réduire la mortalité hivernale, c'est aussi le cas de l'augmentation de la température qui peut réduire la viabilité de vecteurs de maladies. Toutefois, les scientifiques estiment que dans l'ensemble, la plupart des conséquences des changements climatiques seront néfastes pour la santé. On observe déjà une altération de l'étendue géographique et saisonnière de certaines maladies infectieuses et des infections d'origine alimentaire, qui sévissent plus particulièrement pendant la période chaude de l'année. Une augmentation de la température moyenne, associée à une plus grande variabilité climatique, augmente la fréquence des expositions aux extrêmes thermiques avec les effets sur la santé qui en découlent.

Les principales pathologies particulièrement sensibles au CC sont:

- Maladies à transmission hydrique: elles concernent les maladies liées à l'avènement d'inondations qui favorisent l'émergence de nouvelles maladies infectieuses transmises par l'eau ;
- Maladies à transmission vectorielle: elles sont liées au vecteur moustique qui connaît un développement particulier lié à l'apparition de marécages suite à des séquences pluvieuses ;
- Maladies liées à l'exposition au soleil : elles concernent en premier lieu les maladies dermatologiques ;
- Maladies du système respiratoire : qui concernent les allergies et les infections liés à la pollution atmosphérique.

Il convient donc de prendre en compte dès aujourd'hui la juste mesure du changement climatique et de ce qu'il implique en matière d'adaptation afin de pouvoir l'intégrer dans les décisions à tous les niveaux et dans tous les secteurs. Tenant compte de sa conjoncture économique et plus particulièrement énergétique, la Tunisie est également appelée à améliorer son efficacité énergétique ce qui est de nature à limiter ses émissions de GES.

Chapitre VII : Mesures d'adaptation et d'atténuation pour la Tunisie

1. Introduction

Les options et les réponses possibles aux changements climatiques sont en général multiples et méritent le plus souvent une réflexion approfondie, prenant notamment en compte les conséquences indirectes et à long terme des différentes attitudes possibles.

Une politique climatique équilibrée doit donc reposer sur deux piliers :

- d'une part, la poursuite et l'intensification des efforts pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ;
- d'autre part, la mise en œuvre d'une politique d'adaptation face aux conséquences des changements climatiques.

2. Atténuation des effets des Changements Climatiques

Les changements climatiques futurs sont inéluctables, mais c'est leur ampleur que l'on doit tout d'abord limiter, en ayant recours à l'atténuation. Plus vite et plus bas on diminuera les émissions plus tôt on stabilisera les concentrations à un niveau faible et donc on limitera les changements.

La Tunisie a fait beaucoup d'efforts dans ce contexte à savoir l'atténuation des émissions des gaz à effet de serre, la politique de l'énergie et de l'environnement dans un cadre du développement durable.

2.1. Potentiel d'atténuation des impacts du changement climatique en Tunisie

La Tunisie a déjà mis en place un cadre lui permettant d'avoir une contribution effective à la protection de l'environnement local et global, tout en poursuivant ses objectifs de développement économique et social.

La stratégie tunisienne de développement, peut être déjà considérée comme correspondante à une politique d'atténuation des GES. En effet, les mutations économiques, engagées depuis plus d'une décennie, ayant conduit à une structure industrielle moins énergivore, et une domination croissante du tertiaire, se sont traduites par une atténuation significative de la croissance des émissions de GES. Par ailleurs, la politique tunisienne passée, en matière de maîtrise de l'énergie, de protection et de régénération des milieux naturels, de lutte contre les pollutions de toutes sortes, a déjà significativement contribué à l'atténuation des émissions des gaz à effet de serre.

Pays en développement, la Tunisie met, tout d'abord, les préoccupations liées au développement en première ligne de priorité. Néanmoins, elle dispose d'un potentiel d'atténuation des gaz à effet de serre non négligeable, qu'elle pourrait mobiliser tout en respectant ses priorités de développement.

Politique de protection de l'environnement

La protection de l'environnement en Tunisie constitue une des priorités nationales en matière de développement économique et social. La Tunisie s'est engagée pleinement dans la protection de l'environnement depuis les années 1980.

En outre, le législateur tunisien a adopté des lois et règlements à l'échelle nationale dans divers domaines de l'environnement. Il s'agit en particulier des textes suivants :

- Loi n° 96-29 instituant un plan national d'intervention urgente pour lutter contre les événements de pollution marine ;

- Adoption d'une réglementation exigeant l'obtention d'un permis spécial à l'importation des substances détruisant la couche d'ozone ;
- Décret instituant l'obligation de l'étude d'impact (1991) ;
- Loi n° 96-41 du 10 juin 1996, relative aux déchets et au contrôle de leur gestion et de leur élimination.

Politique nationale dans le domaine des forêts

Les pouvoirs publics ont fait du reboisement une composante essentielle du développement agricole et de la sauvegarde des ressources naturelles. C'est ainsi que la superficie forestière qui était estimée à 1.200.000 ha au début du siècle, puis à seulement 400.000 ha en 1956, a connu un accroissement important, notamment durant les dix dernières années, pour atteindre ainsi près de 850.000 ha.

En 1988, le législateur tunisien adopte le code forestier qui régit et organise l'activité forestière sous toutes ses composantes. Les principaux objectifs visés par le législateur, en matière de forêts, sont :

- L'accroissement de la superficie forestière ;
- La gestion rationnelle des ressources forestières ;
- La protection des eaux et du sol ;
- L'amélioration des conditions de vie des populations forestières ;
- La protection et la préservation des habitats naturels.

Malgré les efforts très particuliers, la politique engagée par la Tunisie concernant l'atténuation des impacts du changement climatique présente encore des failles qui seraient très profitable d'en combler les lacunes.

2.2. Conjoncture énergétique en Tunisie

Maîtrise de l'énergie

Le huitième Plan de développement économique et social (1987-1991) intègre, pour la première fois en Tunisie, parmi ses composantes, un programme national de maîtrise de l'énergie, comportant deux axes majeurs :

L'utilisation rationnelle de l'énergie se basant principalement sur :

- La consultation préalable pour les nouveaux projets grands consommateurs d'énergie.
- L'assistance technique aux petites et moyennes entreprises et la formation des responsables de l'énergie et des chefs d'entreprises ;
- L'agrément de produits économes en énergie et la certification des équipements de consommation ;
- La réglementation et la normalisation ;

Les énergies renouvelables, dont les principales composantes sont :

- L'encouragement des actions de recherche développement et de projets de démonstration dans les diverses techniques prouvées du renouvelable ;
- La diffusion à grande échelle de technologies matures ;

La communication et la sensibilisation constituent par ailleurs, des composantes essentielles dans le programme national de maîtrise de l'énergie. L'action de communication est destinée aux divers consommateurs d'énergie : ménages, conducteurs de véhicules, chefs d'entreprises, enfants et jeunes écoliers, etc.

Investissements dans les énergies propres

Comparés aux investissements dans le secteur des hydrocarbures et le secteur électrique, les investissements dans les énergies propres sont très faibles et ne dépassent pas 1% des investissements globaux publics du secteur énergétique en 1990. Ainsi, s'il est vrai que des efforts

sont consentis en faveur des énergies propres en Tunisie, il n'en reste pas moins que la part des investissements destinés à ces énergies demeure très faible ; ceci est illustré par le fait que la ventilation des investissements publics dans le secteur énergétique ne tient pas compte des investissements dans les énergies propres.

L'indicateur HELIO (indicateur de viabilité technologique relatif à l'intensité Energétique) pour les investissements dans les énergies propres qui reste pratiquement stable en 2003 (I=0,996) par rapport à 1990 (I=1,000). Les valeurs ne sont donc pas très précises et sont à considérer avec précaution, mais il n'en reste pas moins qu'il est un fait que les efforts consentis pour le développement des énergies propres s'intensifient de plus en plus en Tunisie, mais ceux-ci demeurent en dessous des enjeux et des ambitions escomptées.

Déploiement des énergies renouvelables

La Tunisie est dotée de ressources abondantes d'énergies renouvelables, en particulier d'énergie solaire (2 000 kWh/m² d'irradiation moyenne et 2 700 à 3 600 heures d'ensoleillement par an) et d'énergie éolienne (7 à 10 m/s de vitesse moyenne du vent et un potentiel estimé à 1000 MW). Cependant, en dépit de ces ressources importantes et de la volonté affichée de les exploiter, les énergies renouvelables (hors biomasse) ont représenté moins de 1% de la demande d'énergie primaire du pays en 2003. La biomasse a représenté 12% de cette consommation.

En ce qui concerne la production d'électricité, les énergies renouvelables ont contribué à hauteur d'environ 1,8% dans la production nationale du pays en 2003. La capacité totale installée en énergies renouvelables pour la même année s'est élevée à 85 MW décomposée en systèmes PV (2 MW), fermes éoliennes (20 MW), petite hydraulique (29,5 MW), grande hydraulique (33,5 MW) et biomasse électricité (0,05 MW) (voir tableau annexe).

A l'échelle internationale et dans le cadre de la mise en œuvre du protocole du Kyoto les participants ont instauré un certain nombre de mécanismes de flexibilité.

2.3. Mécanisme pour un développement propre (MDP)

Le Mécanisme de Développement Propre (MDP) fonctionne de la manière suivante: les pays industrialisés payent pour des projets qui réduisent ou évitent des émissions dans des nations « moins riches » et sont récompensés de crédits pouvant être utilisés pour atteindre leurs propres objectifs d'émissions. Les pays récipiendaires bénéficient d'injections "gratuites" de technologies avancées qui permettent à leurs usines ou leurs installations générant de l'électricité d'opérer de manière plus efficace et de ce fait à bas coût et des profits élevés. Et l'atmosphère est bénéficiaire car les futures émissions sont moindres que ce qu'elles seraient autrement.

Dans le cadre de la mise en œuvre du protocole de Kyoto en Tunisie, plusieurs activités ont été initiées visant la mise en place des conditions favorables à l'exploitation du potentiel d'atténuation des émissions de GES et le développement de projets dans le cadre du Mécanisme de développement propre (MDP). À ce titre, on peut citer à titre d'exemple, l'élaboration d'un portefeuille de projets d'atténuation des émissions de GES en Tunisie dans les secteurs de l'énergie, du transport, de gestion des déchets solides et liquides et des forêts.

Il conviendra d'établir la complémentarité entre les politiques d'atténuation et d'adaptation même si ces deux actions sont distinctes.

3. La politique d'adaptation

L'adaptation est, par définition, limiter les aspects négatifs des impacts et de tirer parti au mieux de leurs éventuels aspects positifs.

L'adaptation, qui vise à réduire notre vulnérabilité aux conséquences des CC, poursuit quatre grandes finalités qui doivent sous-tendre l'ensemble des mesures à mettre en place:

- protéger les personnes et les biens en agissant pour la sécurité et la santé publique ;
- préserver le patrimoine naturel ;
- tenir compte des aspects sociaux et éviter les inégalités devant les risques ;
- limiter les coûts et tirer parti des avantages.

3.1. Mesures d'adaptation et de protection du littoral

En dépit des incertitudes quant à leur réelle évaluation à l'échelle du Maghreb, les risques de remontée du niveau de la mer liés aux changements climatiques incitent, selon le principe de précaution, à des actions d'adaptation en fonction d'une vulnérabilité de la Tunisie à une incidence très probable sur sa morphologie côtière. Le tableau 4 résume les principales mesures d'adaptation contre l'ENM et leur faisabilité technique et économique.

Tableau 5 : Comparaison technico-économique des mesures d'adaptation des côtes à l'ENM

Nature de la mesure	Mesure d'adaptation	Utilité et nécessité	Faisabilité technique et économique
1. Prévention des risques côtiers	1. Mise en place d'un observatoire sur le suivi du niveau de la mer en Tunisie	En absence d'historiques sur les niveaux, un observatoire est nécessaire en vue de suivre la variation du niveau de mer en relation avec les changements climatiques	Solution faisable par des moyens simples (échelles de marée dans les ports) ou par des moyens sophistiqués en mettant en place un réseau de marégraphes analogiques
	2. Prise en compte de la variation séculaire du niveau marin	Mesure indispensable à prendre en compte au niveau de la conception de tous les ouvrages ou infrastructures littorales ayant une durée de vie plus de 50 ans	La faisabilité technique est possible. Toutes les infrastructures littorales devraient être calculées en tenant compte d'une élévation potentielle du niveau de la mer.
	3. Appréciation convenable des répercussions sédimentologiques des aménagements côtiers	Etant donné que les sédiments constituent l'élément essentiel de la stabilité des rivages, l'appréciation des répercussions sédimentologiques est indispensable.	La faisabilité technique est possible. Elle permet de modifier le projet, de déplacer le site du projet ou d'abandonner totalement le projet. Le choix est fait selon les priorités et le coût.
	4. Contrôle des extractions des matériaux du littoral	Mesure indispensable et nécessaire. Il faut éviter tous type d'extraction de sable sans recours à une étude approfondie.	Renforcement des textes juridiques réglementant l'extraction des matériaux du haut de plage ou du bas de plage.
	5. Lutte contre la pollution et la dégradation des herbiers sous-marins	Mesure indispensable et nécessaire. Il faut éviter toute forme tendant l'écosystème à l'eutrophisation.	La faisabilité technique est possible. Il faut réaliser des traitements poussés des eaux ou réutiliser les eaux traitées.
	6. Protection	Etant donné que les dunes	Renforcement des textes juridiques

	réglementaire des dunes littorales contre les dégradations	constituent des réserves pour les plages, cette mesure est indispensable et nécessaire.	réglementant l'exploitation des terrains proches du DPM
2. Ajustement des rivages	7. Stabilisation des dunes	Mesure nécessaire. Elle a été déjà appliquée pour les dunes du nord par plantation et à Mahdia par écrans	La faisabilité technique est possible. Par plantation des dunes ou par formation artificielle des dunes. Coût acceptable
	8. Remodelage de l'estran	Solution non envisageable en Tunisie.	Solution spécifique pour des zones à marée et elle nécessite des apports terrestres de matériaux. Mesure coûteuse
	9. Rechargement de la plage	Mesure nécessaires pour les zones menacées d'une forte érosion.	Faisabilité technique envisageable à condition de trouver des gîtes d'emprunt appropriés. Mesure coûteuse.
	10. Déversement des matériaux par petits fonds	Mesure recommandée selon le cas	Faisabilité technique envisageable à condition de réaliser des études approfondies sur la qualité des matériaux. Mesure non coûteuse voire gratuite
	11. Réalisation d'un cordon artificiel	Mesure envisageable selon le cas	Faisabilité technique envisageable par la réalisation d'un cordon artificiel type Polder. Mesure coûteuse
	12. Etablissement d'un transit artificiel	Mesure nécessaire selon le cas	Faisabilité technique envisageable par la mise en place d'une drague flottante. Mesure coûteuse
	13. L'utilisation de divers produits géotextiles	Mesure recommandée selon le cas	Faisabilité technique envisageable mais coûteuse
3. Réalisation des ouvrages	14. ouvrages longitudinaux de haut de plage	Mesure recommandée en milieu urbain lorsqu'aucune autre solution n'est possible	Faisabilité technique envisageable mais coûteuse
	15. ouvrages longitudinaux de bas de plage et de petits fonds	Mesure recommandée en milieu urbain pour reconstituer une côte	Faisabilité technique envisageable mais très onéreuse
	16. ouvrages transversaux	Mesure recommandée en milieu urbain pour reconstituer une côte	Faisabilité technique envisageable mais très onéreuse
	17. digues	Non envisageable pour la Tunisie	
4. Retrait et abandon des côtes	18. en milieu urbain	Mesure recommandée uniquement pour des cas très particuliers	Faisabilité technique envisageable pour les cordons menacés de disparition Ex. Kelibia
	19. en milieu péri-urbain	Mesure non recommandée	Laisser la nature agir librement

3.2. Mesures mises en place pour la lutte contre la désertification

Dans le cadre d'une politique nationale de développement durable, la Tunisie s'est résolument engagée dans la lutte contre la désertification.

Ainsi, la Tunisie a été parmi les premiers pays à avoir ratifié la convention sur la désertification en 1995. Par ailleurs, elle a élaboré un Plan d'Action National de Lutte Contre la Désertification (PAN-LCD). L'objectif de ce plan est de lutter contre la désertification et d'atténuer les effets de la sécheresse dans les milieux arides, semi-arides et sub-humides secs.

Ce plan se démarque considérablement par rapport au passé, dans la mesure où, en plus du diagnostic physique et socio-économique des milieux sensibles, et des expériences passées menées dans le même cadre, il préconise une approche:

- Concertée et participative (partenariat entre administration et population, coopération entre toutes les structures gouvernementales et non gouvernementales);
- Intégrée au niveau des zones socio-agro-écologiques ;
- S'inscrivant dans une optique de développement rural durable ;
- Préconisant le développement d'une coopération internationale au niveau sous régional, régional et mondial.

Le PAN-LCD comprend des mesures conservatoires d'envergure, s'articulant autour de trois thèmes majeurs :

- Lutte contre l'érosion hydrique et éolienne par une stratégie de Conservation des Eaux et des Sols (CES) et de lutte contre l'ensablement ;
- Lutte contre la dégradation du couvert végétal par une stratégie de reboisement et d'amélioration des parcours ;
- Lutte contre la salinisation des sols et des eaux par la mise en œuvre d'une stratégie de développement des ressources en eau.

A côté des causes naturelles de la désertification, les activités anthropiques (exploitation non durable des ressources naturelles, extension des cultures et des établissements humains, etc.) ont également contribué à son aggravation. Ces mêmes activités sont également responsables de l'amplification des changements climatiques, lesquels fragilisent encore davantage les écosystèmes, et rendent la désertification irréversible.

La lutte contre la désertification comporte donc des activités qui sont également très liées à la lutte contre les changements climatiques. On peut citer des cas très concrets pour le cas de la Tunisie.

Par exemple, l'édification d'ouvrages de mobilisation des eaux permet de mieux gérer les ressources en eau, et d'anticiper la baisse de la disponibilité de ces ressources, qui serait due à l'action concomitante de la désertification et du changement climatique. Elle représenterait en cela une mesure conservatoire d'adaptation au contexte créé par ces deux phénomènes.

La lutte contre la salinisation des eaux et des sols, qui est parmi les mesures préconisées par le PAN-CLD, figure également parmi les mesures conservatoires, habituellement préconisées par les programmes de lutte contre les effets des changements climatiques, en particulier en réponse à l'élévation des niveaux de la mer.

3.2. La stratégie nationale intégrée d'adaptation de l'agriculture

La stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques repose sur des images directrices thématiques : ressources en eau, écosystèmes, agrosystèmes et secteur agricole.

Les stratégies d'adaptation énoncent les actions d'ordre institutionnel, agricole et économique à entreprendre.

Tableau 6 : La stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture au CC

CLIMAT

Dimension institutionnelle et technique

-Mettre en fonction un système de veille climatologique (télédétection spatiale) et d'alerte précoce (réseau terrestre météorologique amélioré par automatisation) jusqu'au niveau des exploitations.
-Mettre en place la diffusion de l'information sous la forme d'indices climatiques à tous les secteurs économiques, jusqu'aux exploitations agricoles.

RESSOURCES EN EAU

Dimension institutionnelle

-Poursuivre le programme de gestion de l'eau qui va dans la bonne direction par écosystème toutefois, plutôt que par bassin versant de manière à tenir compte des bénéfices des services environnementaux de ces derniers.
- S'engager à appliquer rigoureusement le Code des eaux dans le dessein particulier de protéger les ressources souterraines et d'en actionner la clause de nécessité face aux changements climatiques.

Dimension économique

-Poursuivre la révision de la tarification de l'eau en tenant compte de la préservation des services des écosystèmes.

Lien avec l'agriculture

-Etudier, en complément des réserves techniques existantes ou prévues, la création de capacités de réserve climatiques virtuelles* en prévision des sécheresses extrêmes.
* L'eau virtuelle est l'eau contenue dans les produits agricoles échangés.

ECOSYSTÈMES

Dimension institutionnelle

Réhabiliter la capacité de résilience des écosystèmes méditerranéens en renforçant les programmes existants, notamment forestiers et tenants aux parcours.

Lien avec l'économie et l'aménagement du territoire

Placer, en plus de la valeur directe des produits des forêts et des autres écosystèmes, une valeur économique sur les fonctions climatiques régulatrices des écosystèmes (conservation de l'eau, recharge des aquifères, protection des sols, atténuation des impacts en cas de fortes pluies et d'inondation, protection des barrages contre l'envasement, ...).

Lien avec l'agriculture et la société

Encourager les agriculteurs à préserver et entretenir les services fournis par les écosystèmes. Définir à l'échelle nationale les services requis dans le cadre de la politique agricole.

AGROSYSTÈMES | SECTEUR AGRICOLE

Dimension institutionnelle

-Appliquer rigoureusement la Carte agricole (vocation des sols et des cultures), par précaution climatique, et cela en dépit des

<p>Adaptations structurelles en lien avec les écosystèmes</p> <p>Liens économique-financiers (portage et transfert des risques)</p> <p>Lien avec les marchés</p>	<p>fluctuations des variables de marché.</p> <p>-Adapter la Carte agricole, de même que les risques naturels, en fonction des changements à venir.</p> <p>-Prévoir des reconversions, non nécessairement agricoles (prestations climatiques, nouveaux débouchés à l'exemple du marché du biocarburant), pour les exploitations affectées par les extrêmes climatiques.</p> <p>-Porter le risque climatique à l'échelle nationale tout en transférant une partie au titre du Fonds d'adaptation du Protocole de Kyoto.</p> <p>-Instituer l'assurance indexée des événements n'entrant pas dans la catégorie des dommages naturels à l'échelle du secteur agricole (exemple : sécheresse généralisée).</p> <p>-Instituer l'assurance des événements climatiques extrêmes assimilables à des dommages naturels (inondations, forces de la nature) au niveau des exploitations.</p> <p>-Labelliser « climatique »* l'agriculture compétitive adaptée aux risques climatiques au moyen d'un poinçon de qualité la rendant attractive et rentable.</p> <p>* Une agriculture est « climatique » lorsque la volatilité des indices climatiques dépasse la volatilité des variables de marché.</p>
---	---

Bibliographie

Etude sur la délimitation du domaine public maritime en prévision d'une élévation accélérée du niveau de la mer en Tunisie

Etude sur l'adaptation du secteur de la santé en Tunisie au changement climatique : Volet 1 : Analyse diagnostique, Mai 2008

(IPCC,2007) :GIEC, Résumé pour Décideurs du 4e rapport de synthèse du GIEC, 16 novembre 2007,

(IPCC,2001) :GIEC, Résumé pour Décideurs du 3e rapport de synthèse du GIEC, 2001

Hiba OMRANI, Projet de Fin d'Etudes : La régionalisation dynamique des simulations climatiques IPCC avec le modèle non hydrostatique WRF sur la région méditerranéenne, juin 2008.

Ministère de l'Environnement et du développement durable, Agence Nationale des Energies Renouvelables (CIEDE), Cellule d'information sur l'énergie durable et l'environnement N° 2 et 3 : Bulletin d'Information sur les Changements Climatiques : Mars 2002

Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Hydrauliques, Coopération Technique Allemande : Etude : « Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux CC », Janvier 2007

Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, Communication Initiale de la Tunisie à la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques CCNUCC : Octobre 2001

Sophia Antipolis, The present status of knowledge on global Climatic Change; its regional aspects and impacts in the Mediterranean Region, December 2001.

Somot, S., 2005 : Modélisation climatique du bassin Méditerranéen : Variabilité et scénarios de changement climatique. Thèse de Doctorat, Université Toulouse III-Paul Sabatier.

Site internet

L'Université du Québec à Montréal (UQAM) :

<http://www.mrcc.uqam.ca>

La version française du site internet de la CCNUCC :

http://unfccc.int/portal_francophone/items/3072.php