

MATÉRIELS DE FORMATION DU GCE - ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ ET DES MESURES D'ADAPTATION

CHAPITRE 8

Scénarii de changement climatique



Objectifs et attentes

- Le lecteur doit, après avoir lu cette présentation conjointement avec le livret qui lui est associé :
 - a) bien connaître les **termes et concepts clés** et avoir une vue d'ensemble des scénarii de changements climatiques ;
 - b) avoir une compréhension générale des **approches de conception** de scénarii climatiques pour l'évaluation des impacts
 - c) savoir ce que sont les Modèles de circulation générale (MCG) et les Modèles climatiques régionaux (MCR) ainsi que leurs **avantages et limites** ;
 - d) avoir une compréhension générale des **méthodes, outils et sources de données** disponibles nécessaires à la conception de scénarii climatiques.



- Qu'est-ce qu'un scénario de changement climatique ?
- Pourquoi utiliser des scénarii ?
- Vue d'ensemble des changements climatiques
- Approche à l'élaboration de scénarii
- Méthodes, outils et sources de données
- Trajectoires futures dans l'élaboration de scénarii



Pourquoi utiliser des scénarii de changements climatiques ?

- Nous sommes incapables de dire précisément comment le climat régional va évoluer
- Les scénarii sont des combinaisons plausibles de variables qui s'alignent avec nos connaissances actuelles des changements climatiques induits par l'homme
- On peut les considérer comme la prédiction d'un modèle, dépendant de scénarii d'émissions de gaz à effet de serre (GES)
- Les estimations de changements régionaux des modèles varient significativement, c'est pourquoi les estimations d'un modèle individuel devraient être davantage traitées comme un scénario
- Les scénarii nous aident à comprendre les impacts des changements climatiques et à déterminer les vulnérabilités clés
- On peut également les employer pour évaluer et identifier les stratégies d'adaptation



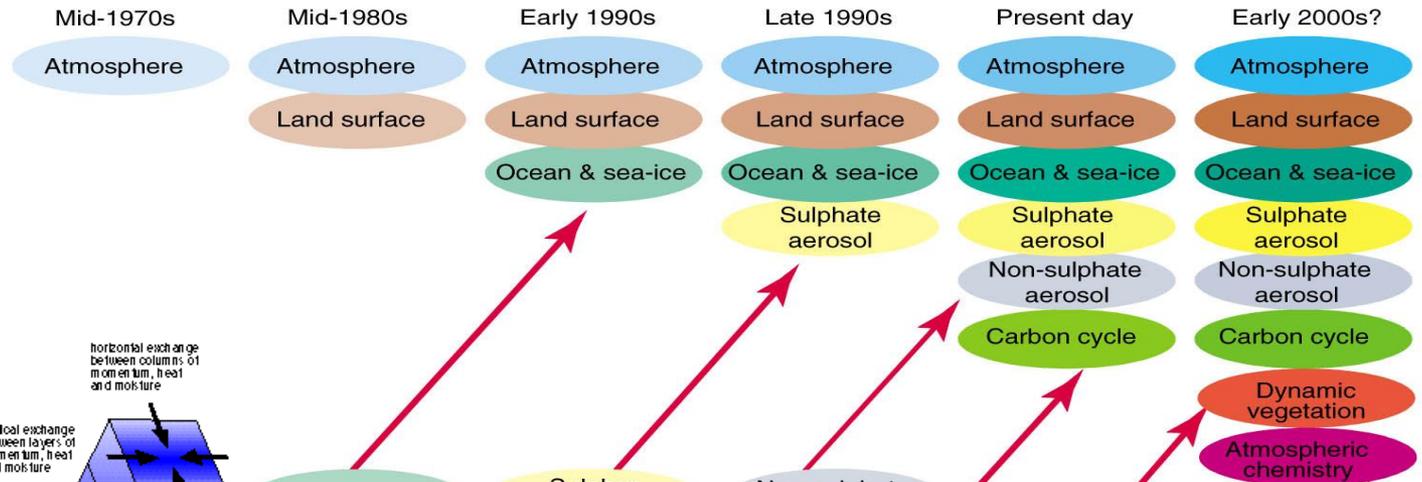
Brève introduction aux changements climatiques régionaux

- Les températures sont susceptibles d'augmenter sur la plupart des masses terrestres :
 - a) D'autres facteurs, ex. les changements d'utilisation des terres, peuvent également être importants
 - b) Une hausse des températures signifie une augmentation des canicules et de l'évaporation
- L'élévation moyenne du niveau de la mer au niveau mondial : de 0,18 à 0,59 m en 2100 est basée sur les résultats du GIEC en 2007 :
 - a) Modifiée par des affaissements/soulèvements de terrains locaux
- Les précipitations changeront (augmentation) à l'échelle mondiale :
 - a) Changements locaux incertains : incertitude importante
 - b) Augmentation de l'intensité des tempêtes dans certaines régions.

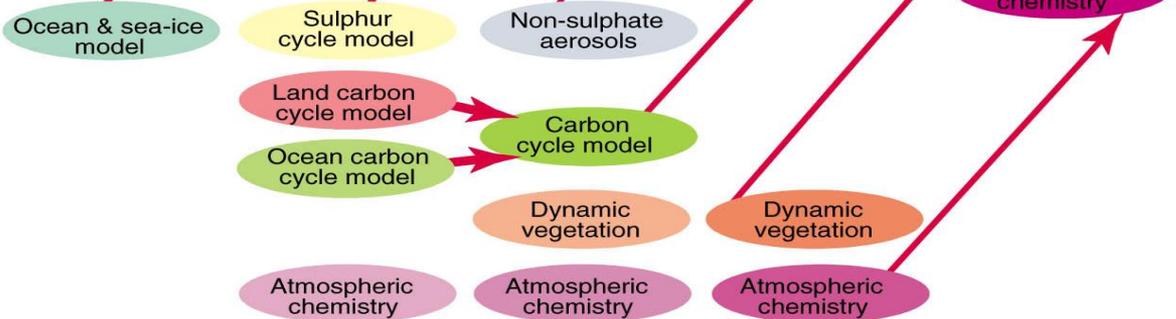
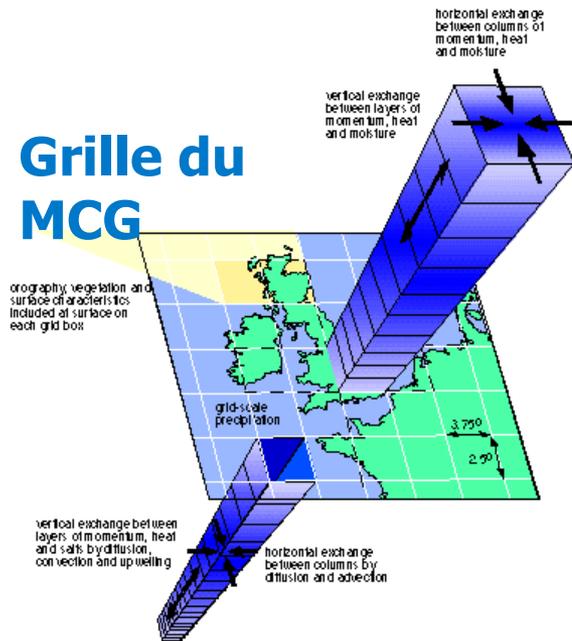


Évolution des modèles climatiques

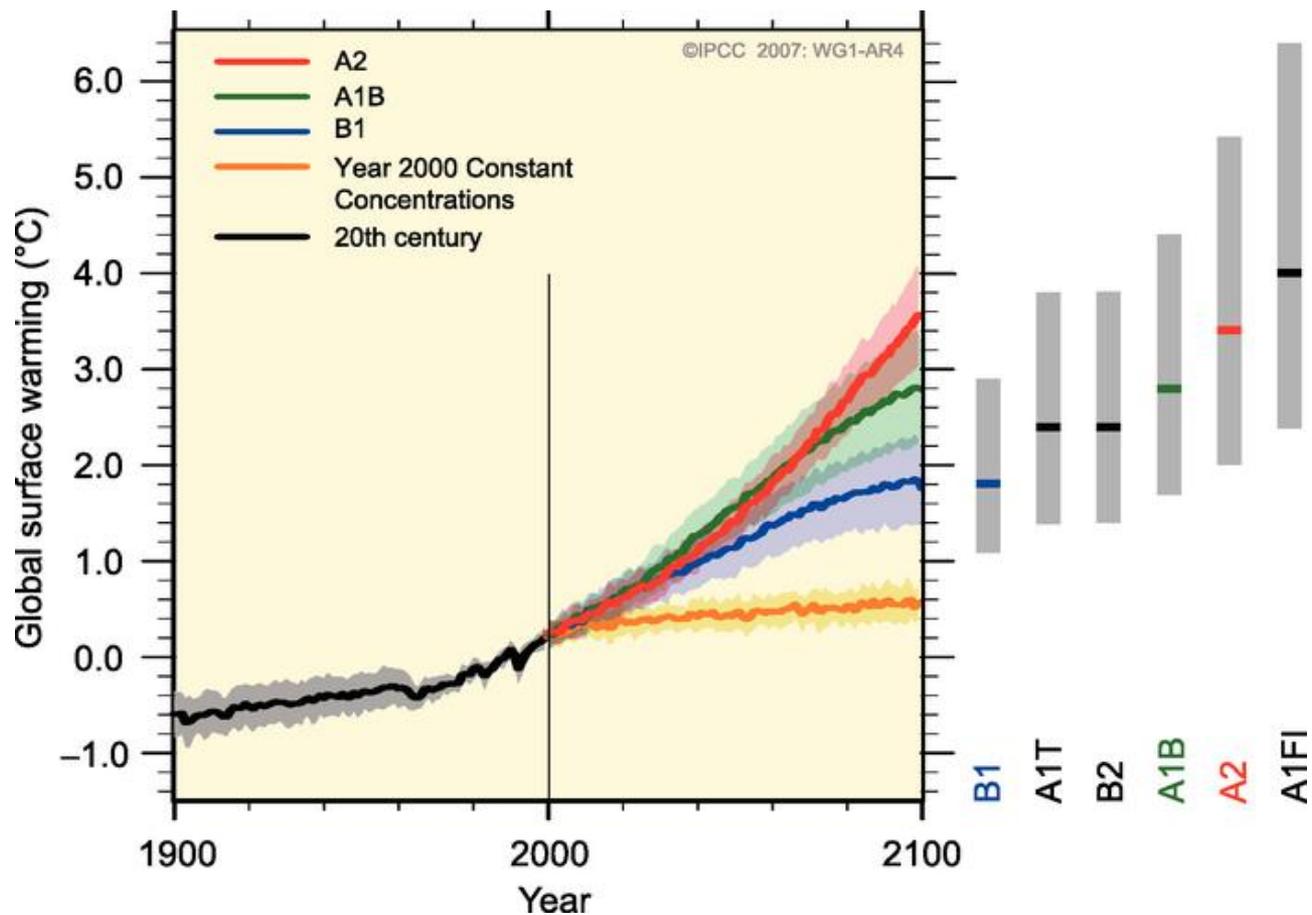
The Development of Climate models, Past, Present and Future



Grille du MCG



Réchauffement global de la surface projeté



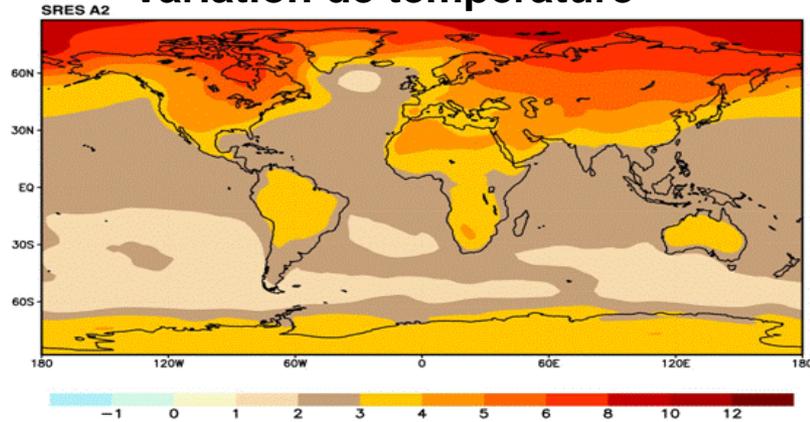
Moyennes multi-modèles du réchauffement global de la surface de 1980 à 1999

(Source : GIEC, 2007 WG I)

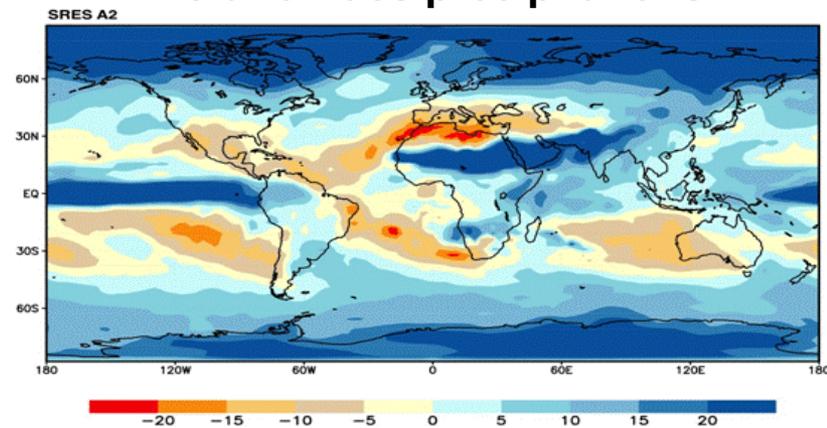


Le modèle climatique Had CM2 2050

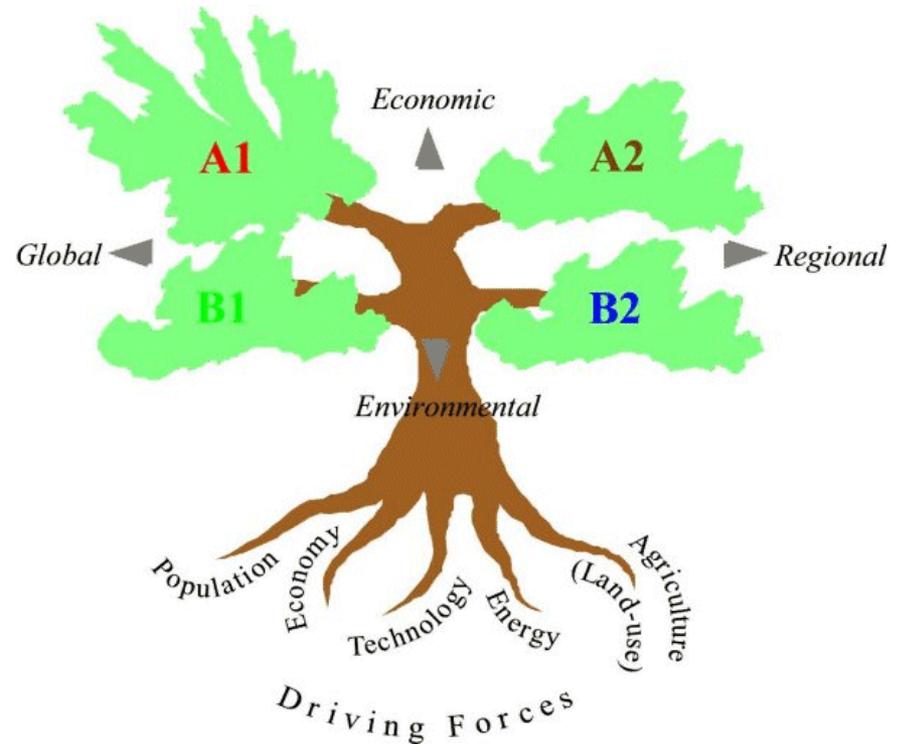
Variation de température



Évolution des précipitations

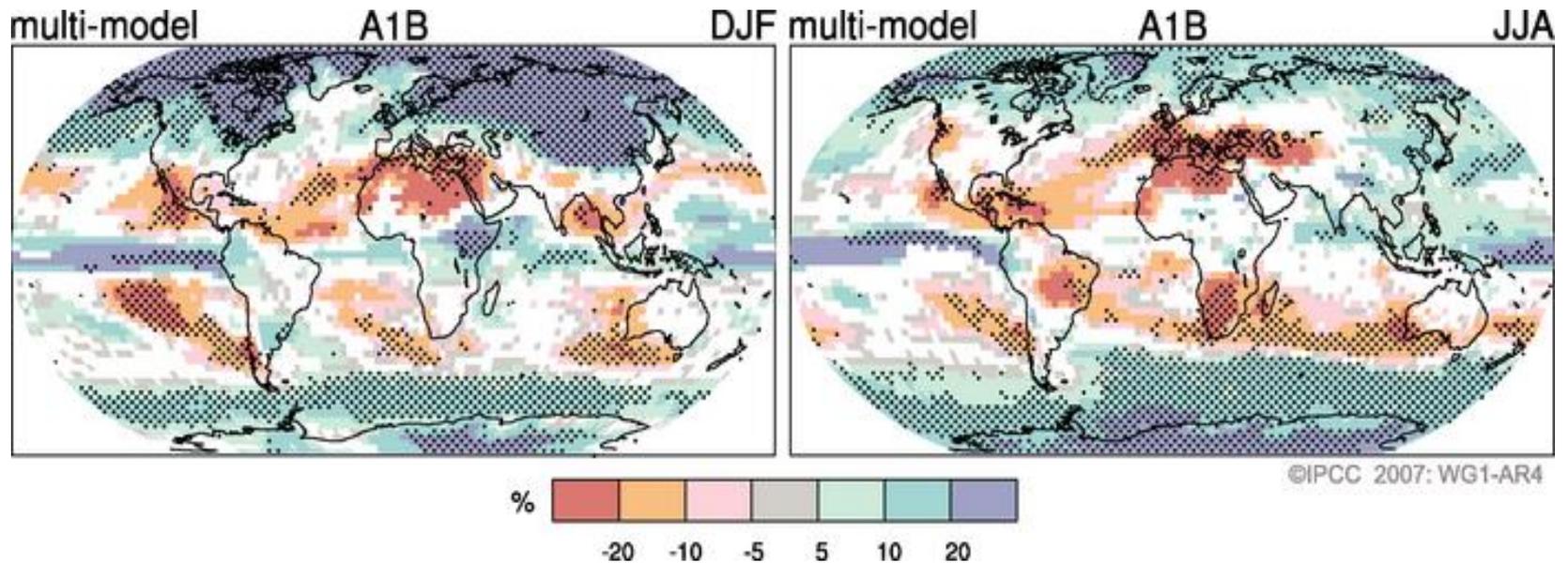


SRES Scenarios



(Source : Nakicenovic and Swart, 2000.)

Modèles projeté de l'évolution des précipitations



Changements relatifs des précipitations pour la période de 2090 à 2099 par rapport à 1980 à 1999 basés sur les moyennes multi-modèles du scénario A1B du RSSE

(Source : GIEC, 2007 WG I)



Qu'est-ce qu'un scénario de changement climatique ?

- Les scénarii de changements climatiques servent d'outils pour :
 - a) aider à visualiser la manière dont les climats régionaux pourraient changer en fonction de concentrations plus importantes de gaz à effet de serre (GES)
 - b) comprendre et évaluer la manière dont les systèmes sensibles pourraient être affectés par les changements climatiques induits par l'homme dans l'espoir d'obtenir des informations pertinentes aux politiques sur les changements attendus et les directives pour les mesures d'atténuation et d'adaptation
- Il est essentiel de garder à l'esprit que les scénarii de changements climatiques ne sont ni des prédictions ni des prévisions des changements climatiques futurs.
- L'utilisation de scénarii de changements climatiques régionaux dans une évaluation V&A signifie que :
 - a) Ils doivent donner des informations sur les variables climatiques nécessaires à la V&A à l'échelle spatiale et temporelle nécessaire à une analyse qui requerra des données spatiales journalières voire même sous-journalières



Quels scénarii peut-on considérer comme raisonnables ?

- Les scénarii devraient être :
 - a) cohérents par rapport à notre compréhension des effets anthropiques sur le climat
 - b) cohérents au niveau interne :
 - ex. nuages, température, précipitations
- Les scénarii nous permettent de communiquer ce que nous savons et ignorons à propos du changement climatique :
 - a) Ils devraient refléter des éventails plausibles pour les variables clés.



Approche à l'élaboration de scénarii de changements climatiques

1. Évaluer et déterminer les besoins pour l'élaboration de scénarii climatiques
2. Préciser le climat de référence
3. Élaborer des scénarii de changements climatiques :
 - Scénarii arbitraires, scénarii analogiques, MCG, modèles climatiques régionaux (MCR), méthodes de réduction d'échelle etc.
 - Il existe de nombreux guides au processus d'élaboration de scénarii qui sont mis à disposition par le PNUD/FEM :

Lu (2007)

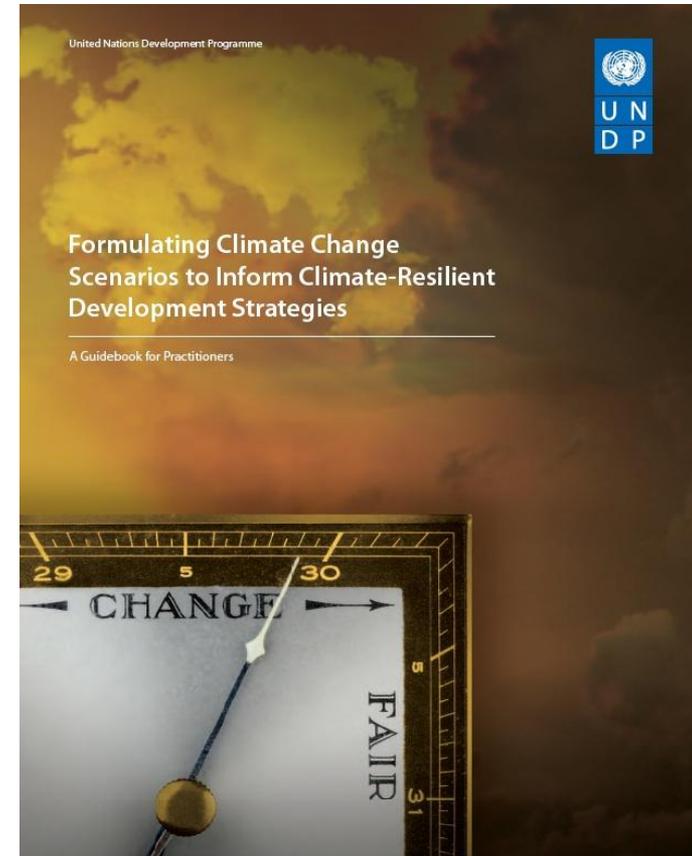
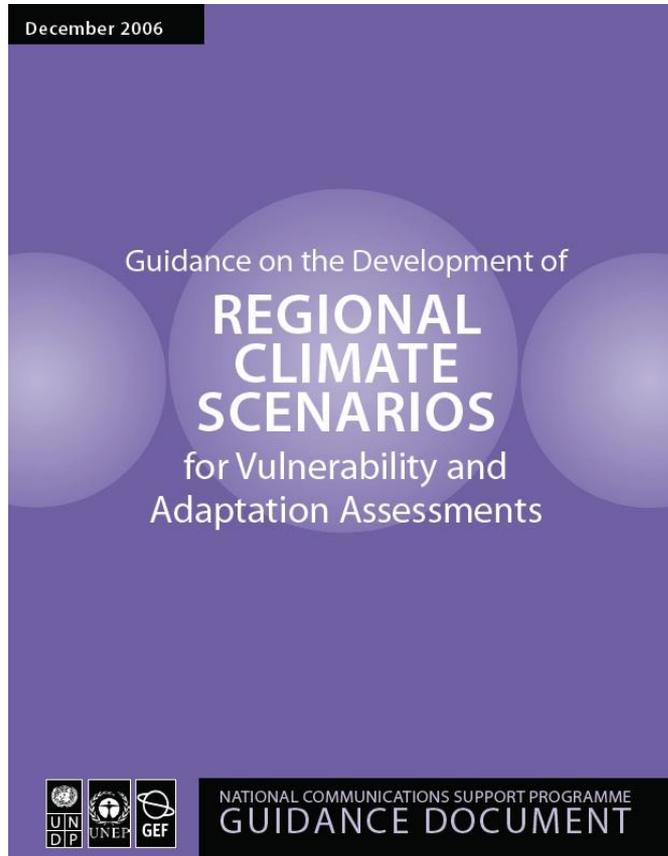
http://www.undp.org/environment/docs/lecrds/applying_climate_information.pdf

Puma & Gold (2011)

<http://content.undp.org/go/cms-service/download/publication/?version=live&id=3259633>



Approche à l'élaboration de scénarii de changements climatiques



Il existe de nombreux guides aidant au processus d'élaboration de scénarii mis à disposition par le PNUD/FEM



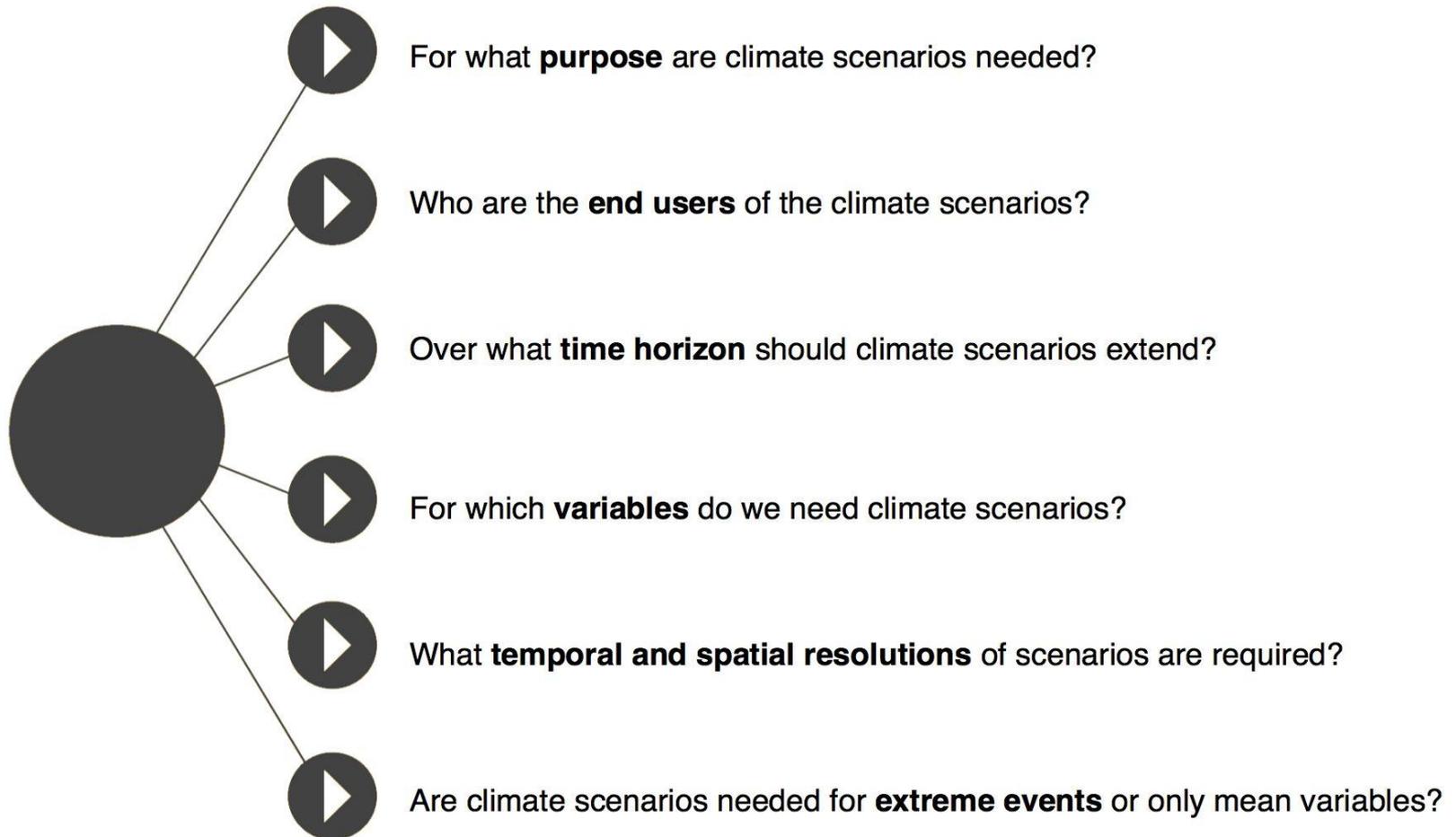
Évaluation et détermination des besoins pour l'élaboration de scénarii climatiques

- *Seule une évaluation soigneuse des approches disponibles par rapport aux besoins (application) et aux contraintes (ex. financières, informatiques, de main-d'œuvre, scientifiques, etc.) auxquels les responsables de projet et leurs équipes font face permet de choisir la méthode appropriée à l'élaboration d'un scénario climatique*
- *Avant d'embarquer pour une « partie de pêche » aux données, modèles et outils, il est fortement recommandé de consacrer du temps à la définition claire de l'étendue des informations du scénario climatique nécessaires dans le cadre des communications nationales.*

Lu, 2006



Évaluation et détermination des besoins pour l'élaboration de scénarii climatiques



(Source : Puma and Gold, 2011 adapté de Lu, 2006)



Identification des besoins de l'utilisateur pour l'utilisation du cadre de référence du PNUD)

- Le cadre de référence facilite les points suivants :
 - a) Il aide les décideurs politiques à identifier leurs contraintes (ex. financières, informatiques, de main-d'œuvre, scientifiques, etc.) et à comprendre leur interdépendance, pour une meilleure approche de l'élaboration de scénarii climatiques, en particulier à l'égard de l'allocation des ressources.
 - b) Il conseille aux responsables de projet de travailler avec une équipe d'experts scientifiques et techniques à la gestion des incertitudes, la sélection de méthodes de scénarii appropriées et à la création de nombreux scénarii hypothétiques
 - c) Une plateforme permettant un dialogue clair et fréquent entre les membres d'une équipe :
 - a) les experts scientifiques responsables de l'élaboration de scénarii ne sont pas toujours conscients des besoins des gestionnaires ou des aspects non scientifiques des projets.



Spécification du climat de référence

- Le climat de référence est important pour l'identification des caractéristiques clés du régime climatique actuel.
- Les données sur le climat de référence aident à identifier les caractéristiques clés du régime climatique actuel (telles que la saisonnalité, les tendances et la variabilité, les événements extrêmes et les phénomènes météorologiques locaux)
- Les questions suivantes permettent de définir le climat de référence :
 - a) Quelles données sur les scénarii climatiques sont nécessaires ? Variabilité de l'échelle
 - b) Quelle période de référence devrait être sélectionnée ? OMS 30 ans
 - c) Quelles sont les sources de données disponibles ?



Identification des sources de données clés

- Le climat de référence est important pour l'identification des caractéristiques clés du régime climatique actuel
 - Les sources de données clés disponibles pour la définition d'un climat de référence comprennent :
 - a) les archives des agences météorologiques nationales
 - b) les générateurs stochastiques
 - c) les données de sorties des modèles climatiques
 - d) les données de réanalyse
 - e) les données de sortie de simulations de contrôle de MCG.
-



Certaines sources de données climatiques

- le centre GIEC de distribution des données <http://www.ipcc-data.org/>
- Institut international de recherche sur la prévision du climat (IRI) <http://iridl.ldeo.columbia.edu/docfind/databrief/cat-atmos.html>
- Centre de Tyndall pour la recherche sur les changements climatiques <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/tmc.htm>
- US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>
- Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison <http://www-pcmdi.llnl.gov>



Centre de distribution des données GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat)

- Le Centre de distribution des données GIEC est probablement le meilleur site de données de modèles climatiques accessible au public
- Données climatiques observées de 1901 à 1990
 - a) sur une grille de $0,5 \times 0,5^\circ$
 - b) moyennes sur 10 et 30 ans

(Source : <http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/>
<http://sedac.ciesin.columbia.edu/ddc/>)



- Données MCG de
 - a) CCC (Canada)
 - b) CSIRO (Australie)
 - c) ECHAM5 (Allemagne)
 - d) GFDL-R30 (E.U.)
 - e) HadCM3 (RU)
 - f) NIES (Japon)
 - g) IPSL (France)
- Peut obtenir les données de sortie réelles (non mises à l'échelle) du MCG



- Contient les données moyennes mensuelles des MCG sur :
 - a) la température moyenne ($^{\circ}$ C)
 - b) la température maximale ($^{\circ}$ C)
 - c) la température minimale ($^{\circ}$ C)
 - d) les précipitations (mm/jour)
 - e) la pression de vapeur (hPa)
 - f) la couverture nuageuse (%)
 - g) la vitesse du vent (m/s)
 - h) l'humidité des sols.



Relevé d'observations

- Bureaux météorologiques nationaux
- CMORPH (précip, satellite)
- Unité de recherche climatique (URC) de l'Université d'East Anglia
- Nouvelle analyse (ERA INT, NCEP)
- GIEC (données jauge)
- ISCCP (nébulosité, satellite)
- TRMM (précip, satellite)
- GPCP (précip, satellite et jauge)



Élaboration de scénarii de changements climatiques

- Les scénarii de changements climatiques doivent être à une échelle nécessaire à l'analyse :
 - a) Spatiale :
 - ex. au niveau du bassin hydrographique ou de l'exploitation agricole
 - b) Temporelle :
 - mensuelle
 - journalière
 - sous-journalière.



Options pour l'élaboration de scénarii de changements climatiques

- Climats passés : équivalents
- Equivalents spatiaux
- Changements arbitraires ; progressifs
- Modèles climatiques.



Climats passés

- Options :
 - a) Relevé instrumental
 - b) Reconstructions de paléoclimats.
- Relevé instrumental :
 - a) Avantages :
 - Peut fournir des données quotidiennes
 - Inclut des événements extrêmes passés
 - b) Inconvénients :
 - L'éventail des changements dans le climat passé est limité
 - Les données peuvent être limitées.

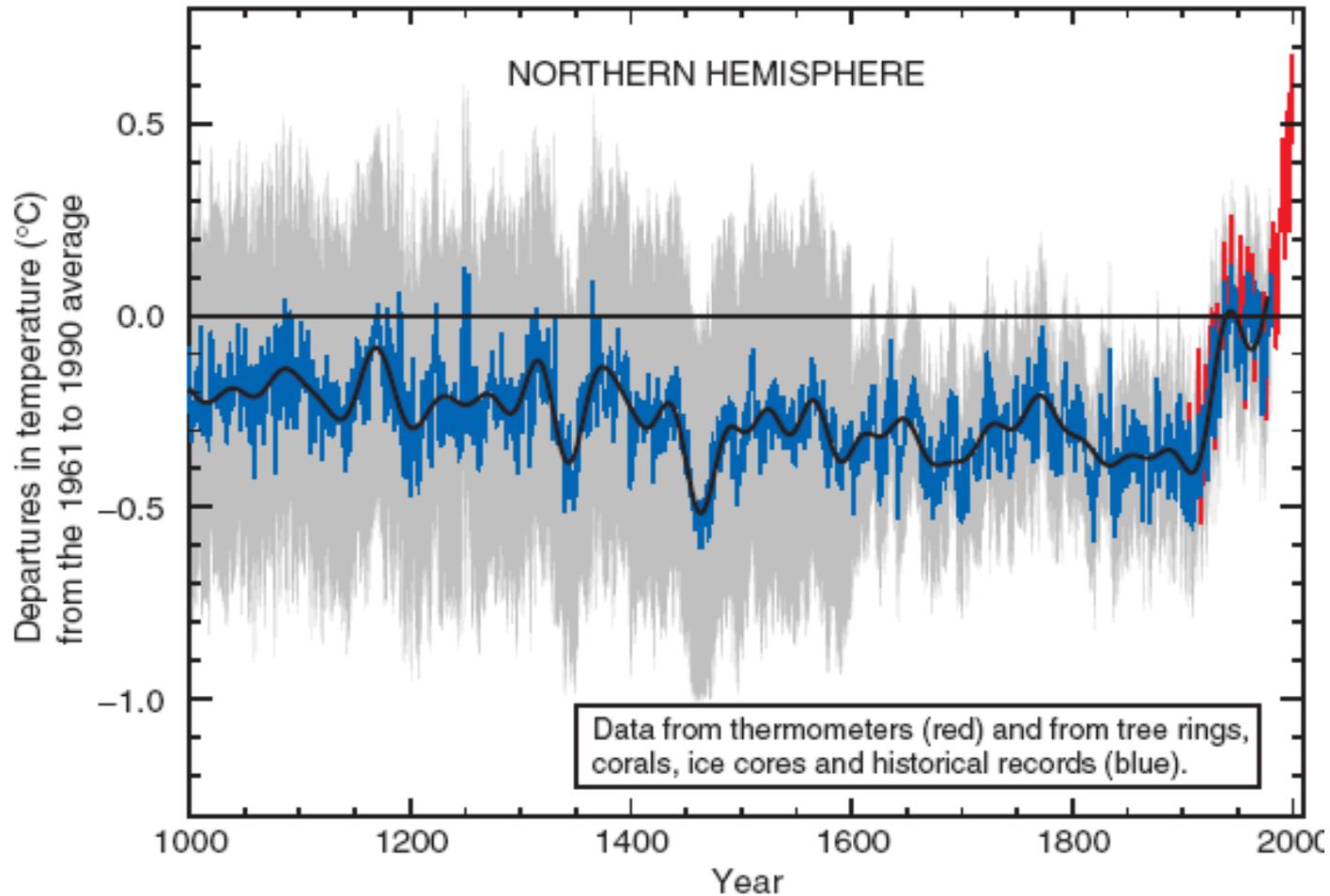


Climats passés (suite)

- Reconstructions de paléoclimats :
 - a) A partir des anneaux de croissance des arbres, des trous de forage, des carottes de glace, etc.
 - b) Peuvent indiquer un climat annuel et parfois saisonnier
 - c) Peuvent remonter sur des centaines d'années
- Avantage :
 - a) Un éventail de climats plus grand
- Inconvénients :
 - a) Données incomplètes
 - b) Incertitudes quant aux valeurs.



Climats passés : Reconstruction des températures dans l'hémisphère Nord



(Source : Mann et al., 1998)



Equivalents spatiaux

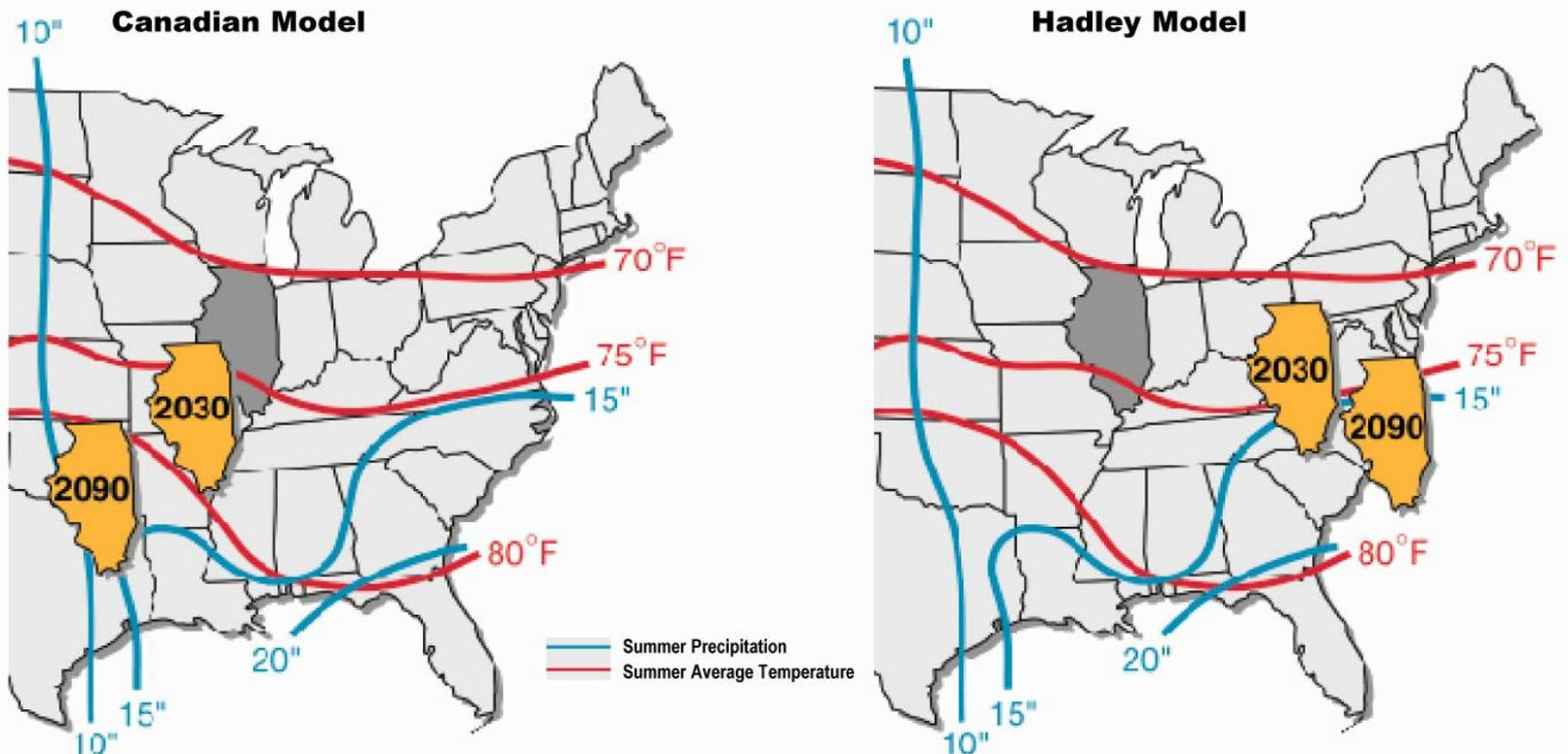


Illustration of how the summer climate of Illinois would shift under the Canadian and Hadley model scenarios. Under the Canadian scenario, the summer climate of Illinois would become more like the current climate of southern Missouri in 2030 and more like Oklahoma's current climate in 2090. The primary difference in the resulting climates of the two models relates to the amount of summer rainfall.

Source : NAST, 2000.



- Avantage :
 - a) Outil de communication : peut-être plus facile à comprendre
- Inconvénients :
 - a) Il faut utiliser un résultat de modèle pour choisir la région de l'équivalent spatial
 - b) Ne capture pas les changements dans la variabilité.

Scénarii arbitraires/progressifs

- Supposent des changements annuels ou saisonniers uniformes dans une région, par exemple :
 - a) $+2^{\circ}$ C ou $+4^{\circ}$ C pour la température
 - b) $\pm 10\%$ ou 20% de changement dans les précipitations
- Peuvent également émettre des hypothèses sur les changements dans la variabilité et les extrêmes.



- Avantages :
 - a) Faciles à utiliser
 - b) Peuvent simuler un large éventail de conditions
- Inconvénients :
 - a) Ils supposent un changement uniforme sur l'année ou dans une région mais pourraient ne pas capturer les détails saisonniers ou spatiaux importants
 - b) Les combinaisons de changements climatiques pour différentes variables peuvent être physiquement insensées.



Modèles climatiques

- Les modèles sont des représentations mathématiques du système climatique.
 - Un modèle incorporant les principes de la **physique, de la chimie et de la biologie dans un modèle mathématique du climat**, ex. MCG ou MCR (modèle de zone limitée).
 - Un tel modèle ne donne pas de réponse précise quant à l'évolution de la température, précipitations, humidité, vitesse et trajectoire des vents, nuages, glace et d'autres variables au niveau mondial
 - Il est possible de les exécuter avec différents forçages, ex. concentrations de GES plus élevées.
 - Seuls les modèles permettent de saisir les complexités de la hausse des concentrations de GES.
-



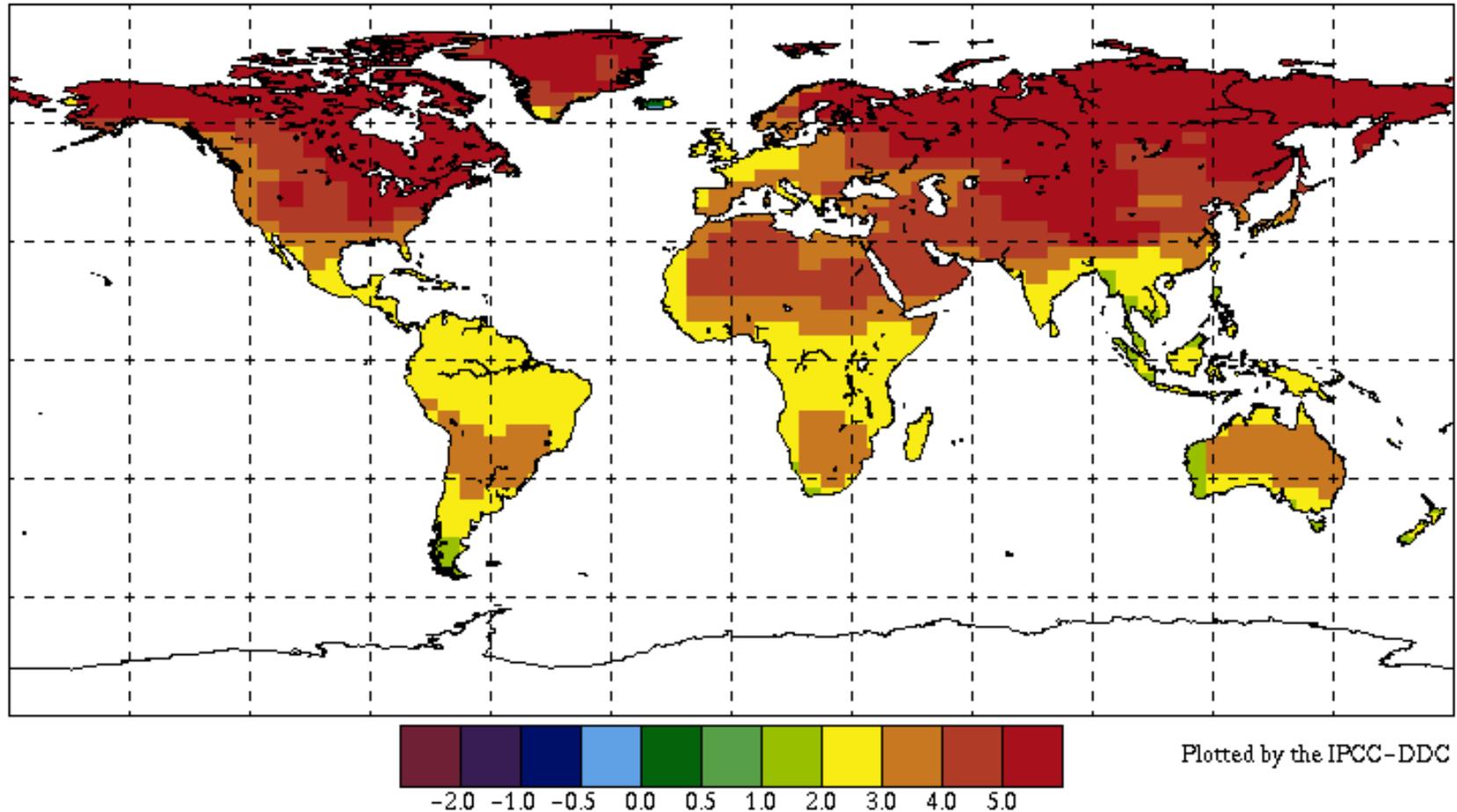
Modèles de circulation générale

- Avantages
 - a) Peuvent représenter les détails spatiaux des conditions climatiques futures de toutes les variables
 - b) Peuvent rester cohérents au niveau interne
- Inconvénients
 - a) Résolution spatiale relativement basse
 - b) Pourraient ne pas représenter les paramètres climatiques avec exactitude



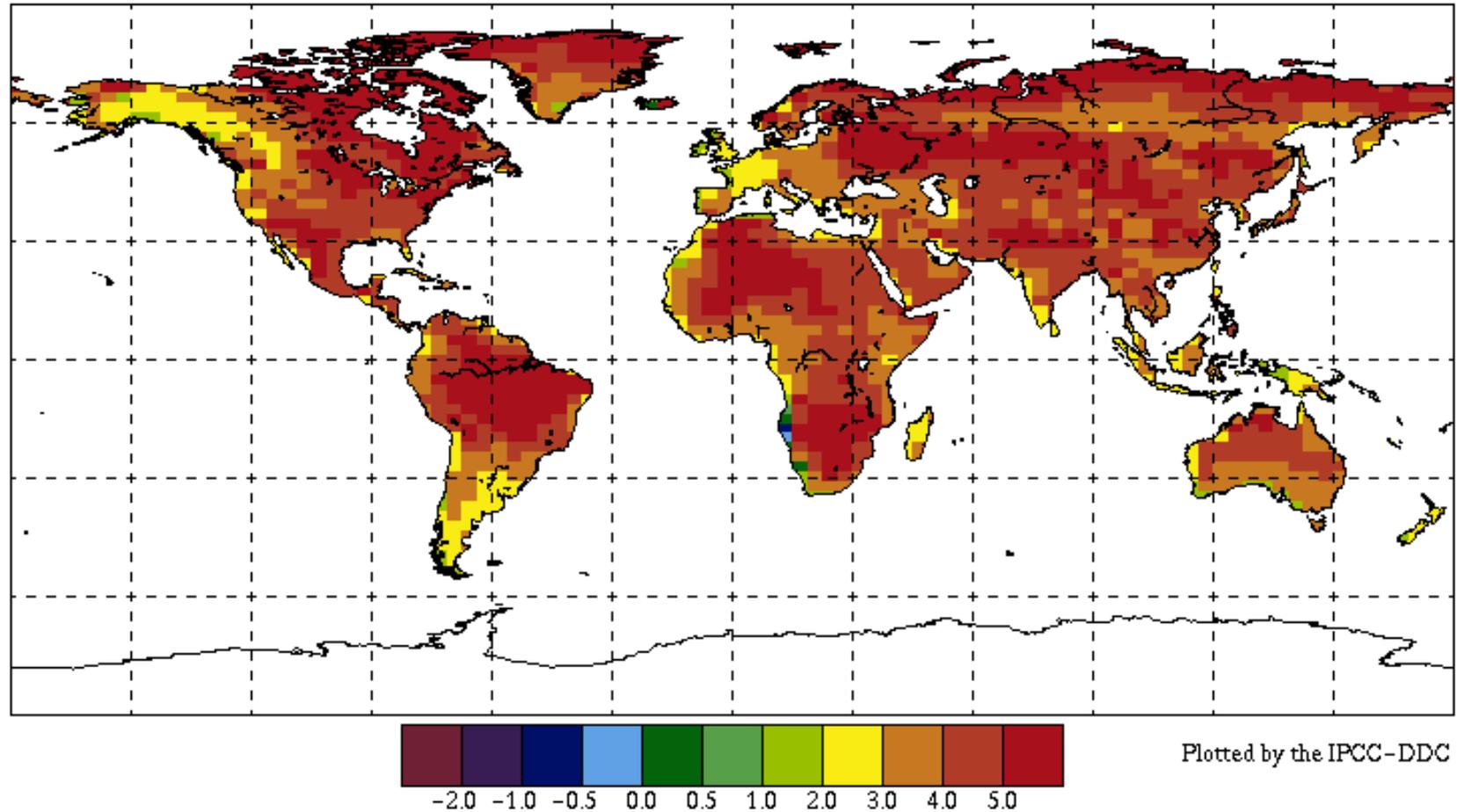
Données exemples du CDD - température

CSIRO/A1a January to December Mean Temperature (degrees C) 2080s relative to 1961-90



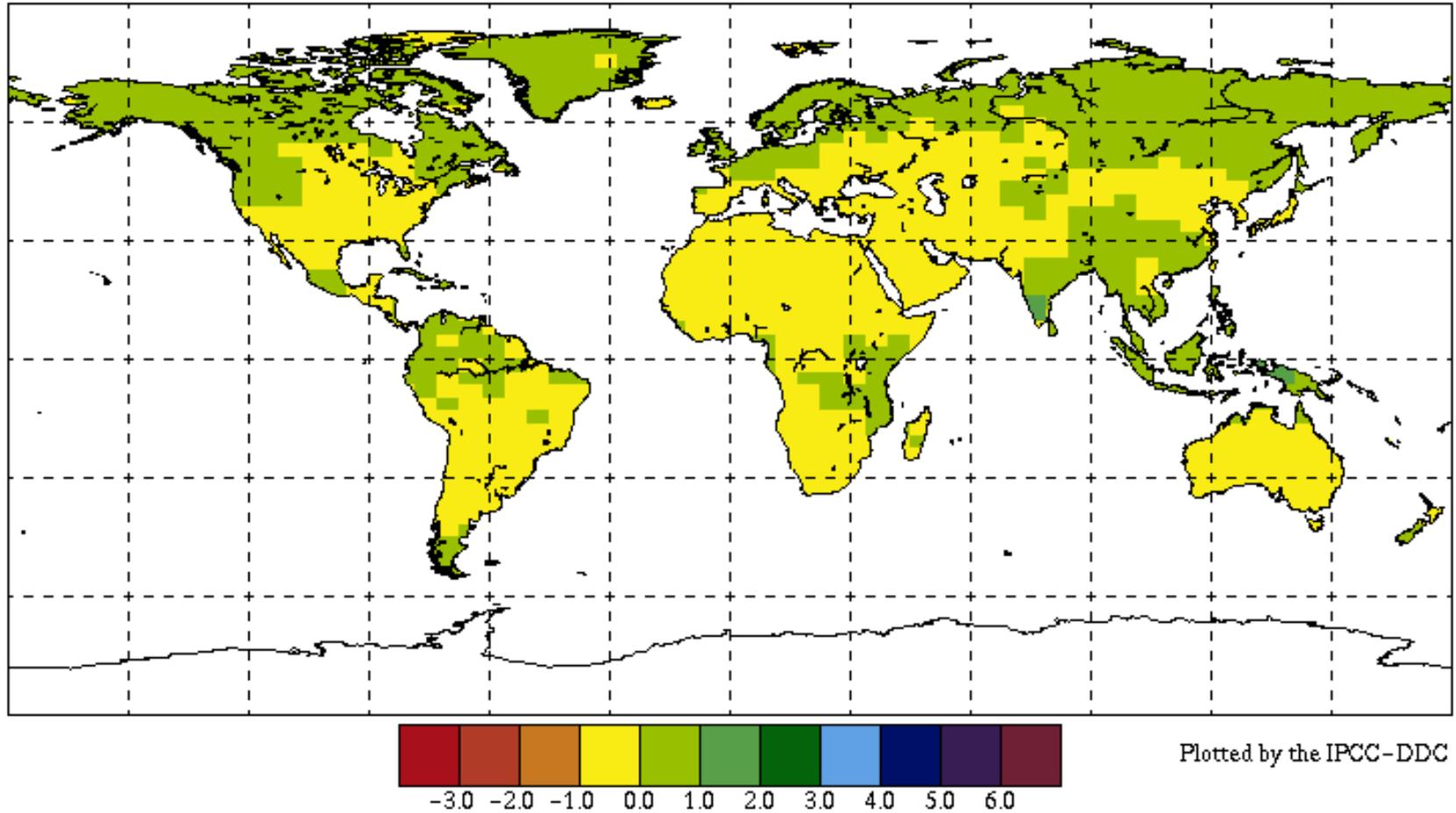
Exemple de données de sortie d'un MCG

HadCM3/A2b April to April Mean Temperature (degrees C) 2080s relative to 1961-90



Données exemples - précipitations

CSIRO/A1a January to December Precipitation (mm/day) 2080s relative to 1961-90



Données de sortie du MCG Has du Programme pour le diagnostic et l'intercomparaison des modèles climatiques (PDIMC)

Data Availability Summary (as of 30 March 2005)

shaded area indicates that at least some but not necessarily all fields are available for data type indicated



	Picntrl	PDcntrl	20C3M	Commit	SRESA2	SRESA1B	SRESB1	1%to2x	1%to4x	Slab cntl	2xCO2	AMIP
BCC-CM1, China												
BCCR-BCM2.0, Norway												
CCSM3, USA												
CGCM3.1(T47), Canada												
CNRM-CM3, France												
CSIRO-Mk3.0, Australia												
ECHAM5/MPI-OM, Germany												
FGOALS-g1.0, China												
GFDL-CM2.0, USA												
GFDL-CM2.1, USA												
GISS-AOM, USA												
GISS-EH, USA												
GISS-ER, USA												
INM-CM3.0, Russia												
IPSL-CM4, France												
MIROC3.2(hires), Japan												
MIROC3.2(medres), Japan												
MRI-CGCM2.3.2, Japan												
PCM, USA												
UKMO-HadCM3, UK												
UKMO-HadGEM1, UK												

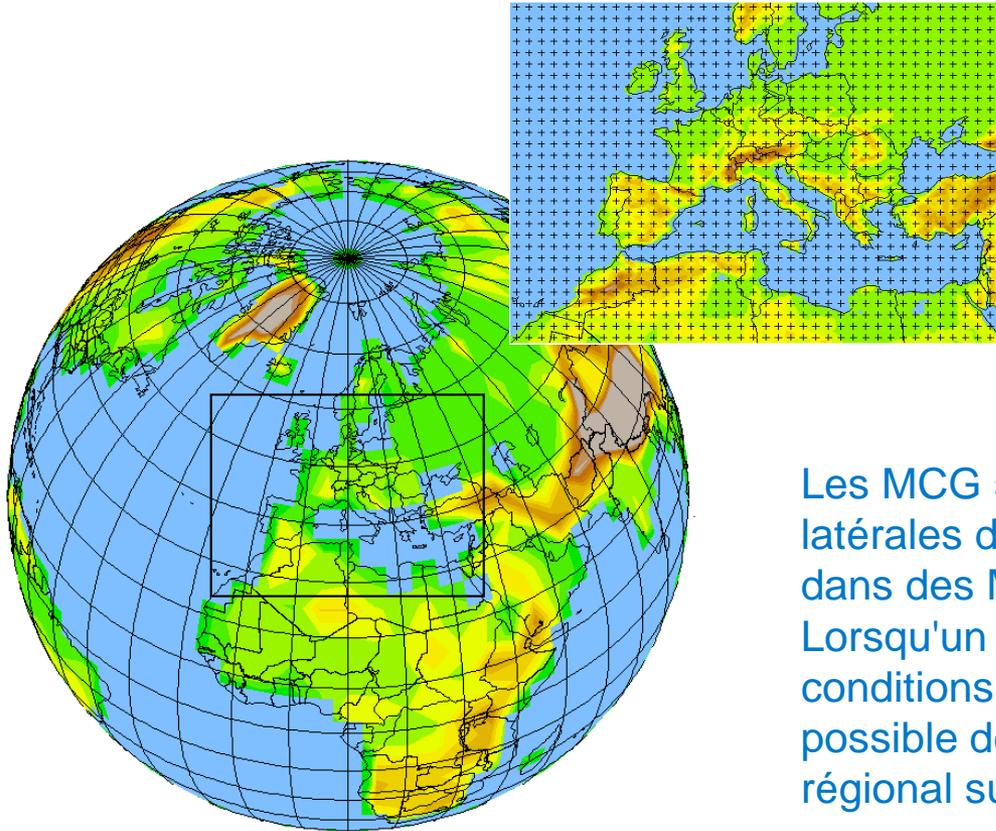


Réduction d'échelle à partir de MCG

- La réduction d'échelle permet d'augmenter la résolution spatiale des MCG
- Les options incluent :
 - a) la combinaison des données de sortie de MCG mensuelles de basse résolution et des observations haute résolution
 - b) La réduction d'échelle statistique :
 - est plus facile à utiliser
 - suppose des relations fixes entre les échelles spatiales
 - c) Les modèles climatiques régionaux (MCR) :
 - haute résolution
 - capture de complexité accrue
 - applications limitées
 - très exigeants en termes de calcul.



Réduction d'échelle dynamique...du MCG au MCR



Les MCG sont des conditions limites latérales de MCR ou des MCR forcés dans des MCG.

Lorsqu'un MCG agit en tant que conditions limites pour un MCR, est-il possible de représenter un climat régional suffisamment précis ?

Combiner les données de sortie d'un MCG mensuel à des observations

- Une approche utilisée dans de nombreuses études.
- On ajoute généralement le changement mensuel moyen (basse résolution) d'un MCG au climat de « référence » actuel (haute résolution) observé :
 - a) Si possible, utiliser des moyennes sur 30 ans, ex. 1961-1990 ou 1971-2000 :
 - Veillez à ce que le point de comparaison du MCG (ex. la période à partir de laquelle les changements sont mesurés) soit cohérent par rapport au choix du point de comparaison de l'observation.
- Cette méthode peut fournir des données journalières à la résolution des postes d'observation météorologique
- Suppose des changements uniformes au sein d'une maille de MCG et sur un mois :
 - a) Aucune variabilité spatiale ou journalière/hebdomadaire.



Combien de mailles de MCG devrait-on utiliser ?

- L'utilisation d'une maille unique qui inclut la région examinée serait idéale, cependant :
 - a) il peut y avoir des imprécisions à l'échelle de mailles uniques
 - b) la plupart des scientifiques ne pensent pas que les résultats d'une grille unique soient fiables.
- Hewitson (2003) recommande l'utilisation d'une série de 9 mailles : la maille examinée plus la série des 8 mailles environnantes.
- Il faut prendre en compte la zone totale couverte par toute cette série de mailles. Une topographie ou des climats différents de la région étudiée sont-ils inclus ?
- Evitez l'utilisation d'un seul point isolé : il est préférable de mener une analyse avec un groupe de postes ; un ensemble d'indices régionaux à petite échelle.
- Déterminez si les données de sortie constituent un cas unique ou si elles sont influencées par une petite taille ou l'échantillon de données.
- Ou alors est-ce physiquement plausible et significatif, ce qui signifie que vous pouvez raisonnablement développer des prévisions ou des applications en temps réel ?



Réduction d'échelle statistique

- La réduction d'échelle statistique est une procédure mathématique reliant les changements à l'échelle spatiale large que les MCG simulent à une échelle plus petite :
 - a) Par exemple, une relation statistique peut être établie entre des variables simulées par des MCG comme la température de l'air ou de surface de la mer, et les précipitations à l'échelle du MCG (prédicteurs) et la température et précipitations à un point particulier (prédicteurs).
- Il existe une relation statistique directe avec les indices de la température de surface de la mer (TSM) (ou d'autres indices prédicteurs physiquement établis)
- La réduction d'échelle statistique des **données de sortie de modèles numériques** est très largement utilisée dans la réduction d'échelle des changements climatiques d'hypothèses de « prévisions parfaites » des champs de MCG journaliers.



Principes de réduction d'échelle

- La réduction d'échelle consiste en un processus de création de lien entre l'état de certaines variables représentant un grand espace (ou « grande échelle ») et l'état de variables représentant un espace bien plus petit (ou « petite échelle ») (Benestad, 2002)
 - Il existe deux approches principales à la réduction d'échelle : dynamique et empirique-statistique
 - a) La **réduction d'échelle dynamique** se sert de modèles sur zone limitée (MZL) avec une résolution spatiale progressivement supérieure au modèle climatique global (MCG).
 - b) La **réduction d'échelle statistique** consiste en une extraction d'informations sur les relations statistiques entre le climat à grande échelle et le climat local.
-



Méthodes de réduction d'échelle

- N'utilisez pas un seul point isolé.
- Déterminez si les données de sortie constituent un cas unique ou si elles sont influencées par une petite taille ou l'échantillon de données.
- Ou alors est-ce physiquement plausible et significatif, ce qui signifie que vous pouvez raisonnablement développer des prévisions ou des applications en temps réel ?
- Il est préférable de mener l'analyse avec :
 - a) un groupe de postes
 - b) ou un ensemble d'indices régionaux à petite échelle
 - c) ou des séries de temps d'une grille haute résolution.



Réduction d'échelle statistique (suite)

- Est préférable pour :
 - a) les échelles inférieure à la maille (petites îles, processus ponctuels, etc.)
 - b) les environnements complexes/hétérogènes
 - c) les événements extrêmes
 - d) les prédictants exotiques
 - e) les changements/ensembles transitoires N'est pas approprié aux régions peu connues
 - f) Lorsque les relations entre les prédicteurs et les prédictants peuvent changer
- La réduction d'échelle statistique est bien plus facile à appliquer que la modélisation climatique régionale.
- Dans une étude sur les changements climatiques, il est important de se demander quelles implications le réchauffement climatique aura sur le climat local. Le climat local peut être considéré comme le résultat de la combinaison entre la géographie locale (physiographie) et le climat à grande échelle (circulation)

climat local, $y = f(X, I, G)$

où X = climat régional ;

I = géographie locale ; G = climat mondial



Réduction d'échelle statistique (suite)

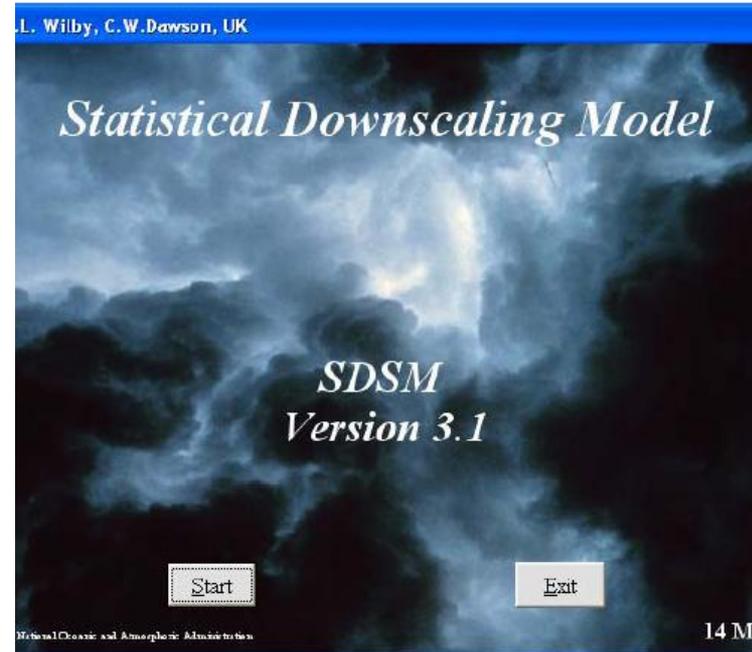
- La réduction d'échelle statistique suppose que la relation entre les prédicteurs et les prédicants ne change pas.
- Ces relations pourraient changer.
- Dans ce cas, l'utilisation de modèles climatiques régionaux pourrait être plus appropriée
- La réduction d'échelle empirique-statistique (ESD - Empirical-Statistical Downscaling) doit satisfaire quatre conditions essentielles :
 - a) relation solide
 - b) représentation de modèle
 - c) description du changement
 - d) stationnarité.

La structure spatiale des précipitations de la réflexion radar et une taille de maille de MCG normale, présentant les variations spatiales à des échelles inférieures à la résolution spatiale du modèle.



Modèle de réduction d'échelle statistique (SDSM)

- Pour l'instant, il n'est réalisable qu'en se basant sur les données de sortie de certains MCG.



User Manual

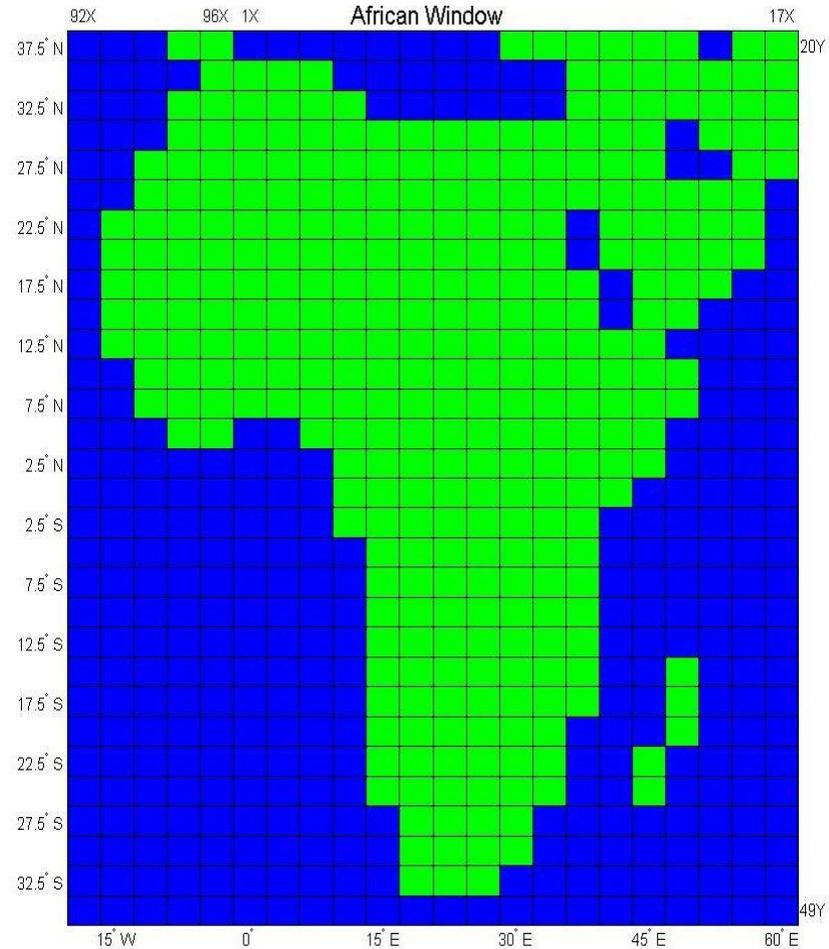
Robert L. Wilby¹ and Christian W. Dawson²

August 2004



Données globales à utiliser lors d'une réduction d'échelle avec SDSM

- Sur le site Web canadien comportant des données globales :
 - a) Allez dans scénarii, puis dans SDSM
 - b) Trouvez les résultats de la grille individuelle.



Modèles climatiques régionaux (MCR) :

- Il s'agit de modèles haute résolution « intégrés » à des MCG :
 - a) La résolution de grille normale est de 50 km :
 - Certaines ont une résolution supérieure
 - b) L'exécution des MCR est limitée par les conditions des MCG
- Ils donnent des données de sortie à une résolution bien plus élevée que les MCG
 - a) Soit une sensibilité bien plus grande aux facteurs à plus petite échelle comme les montagnes, les lacs
 - b) Parfaits pour étudier une variabilité climatique d'ordre supérieur.

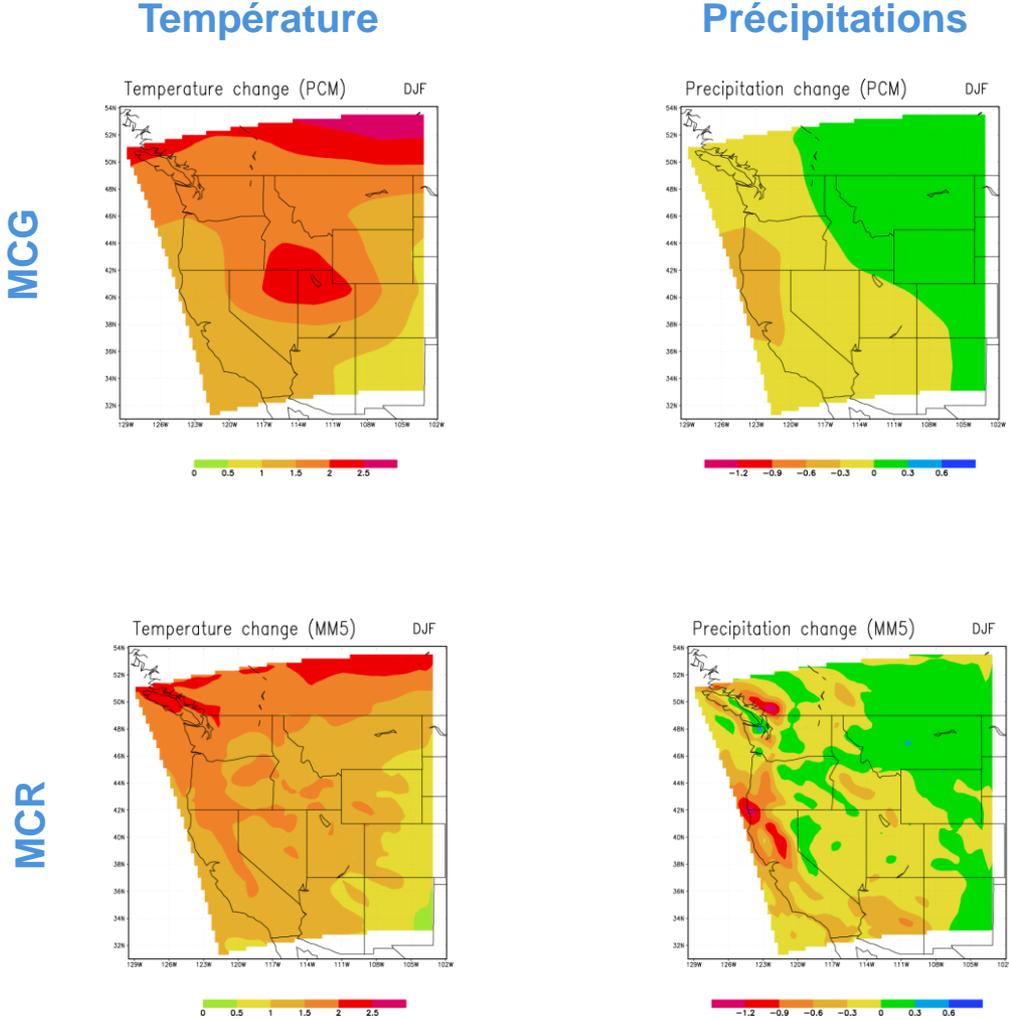


Limites des MCR

- Peuvent corriger certaines erreurs des MCG, mais pas toutes
 - Ne s'appliquent généralement qu'à un seul; voire quelques MCG
 - Dans de nombreuses applications, s'exécutent uniquement pour une décennie simulée, ex. les années 2040
 - De nombreux processus doivent être paramétrés
 - Pourraient nécessiter une réduction d'échelle supplémentaire pour certaines applications
 - Nécessitent des diagnostics en fonction des caractéristiques météorologiques et climatiques connues
 - L'évaluation du MCR est limitée par la disponibilité des données (observations).
-



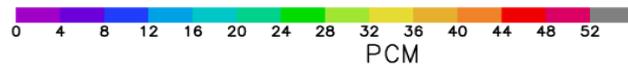
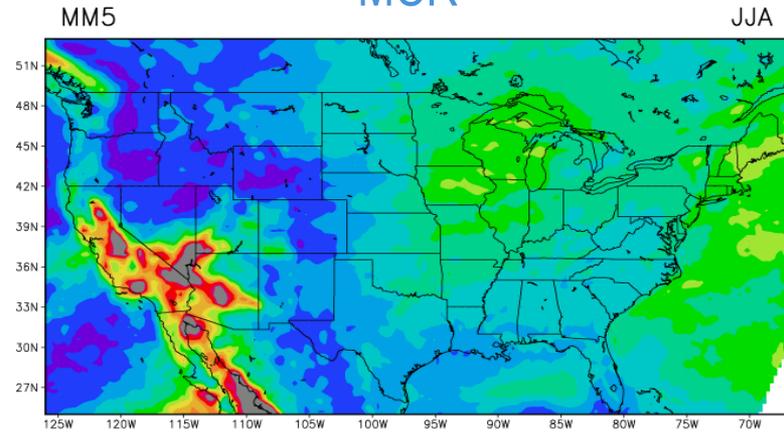
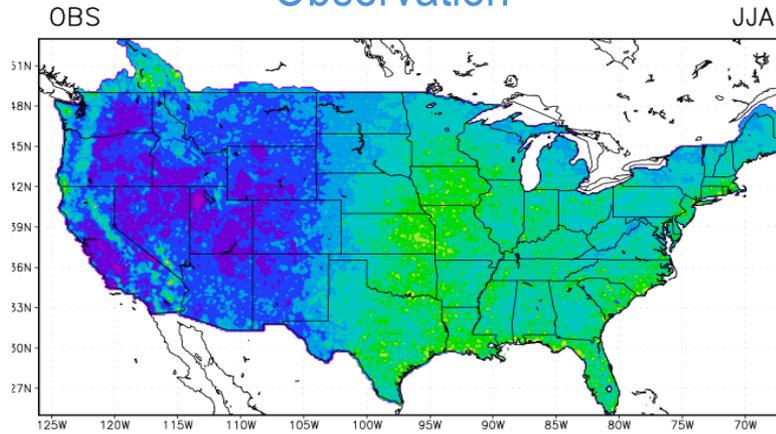
Résolution du MCG par rapport au MCR



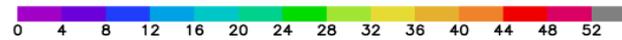
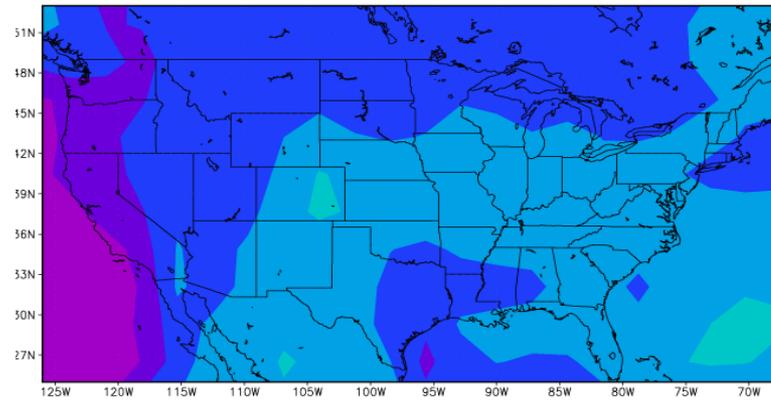
Précipitations extrêmes (juin, juil, août)

Observation

MCR



MCG



Conditions extrêmes

- Intensité des tempêtes sensible à la résolution du modèle
- Une résolution supérieure augmente l'intensité des précipitations
- Une résolution supérieure précise l'emplacement de l'intensité.



Cela peut être difficile à comprendre...

- Tellement d'options, que faire ?
- Premièrement, reprenons les bases :
 - a) Les scénarii sont essentiellement des outils éducatifs aidant à :
 - voir l'éventail des changements climatiques potentiels
 - fournir des outils pour mieux comprendre les sensibilités des systèmes affectés.
- Il faut donc sélectionner des scénarii qui permettent d'atteindre ces objectifs.



Méthodes et outils sélectionnés

- MAGICC/SCENGEN
- PRECIS
- SDSM (modèle de réduction d'échelle statistique)
- ASD (réduction d'échelle statistique automatique)
- ClimateWizard
- Clim.pact (R package)
- <http://www.cru.uea.ac.uk/projects/ensembles/ScenariosPortal/Downscaling2.htm>
- Climate Explorer
- SimCLIM



Outils d'évaluation des données de sortie d'un modèle régional

- Dans un premier temps, il est utile de comparer les résultats de différents MCG qui pourraient être utilisés pour mener un MCR
- Les résultats normalisés d'un MCG permettent de comparer les changements régionaux relatifs
- Il est possible d'analyser le degré auquel les modèles s'accordent sur le changement de trajectoire et l'ampleur relative :
 - a) Une mesure de l'incertitude du MCG.



Outils d'évaluation des données de sortie d'un modèle régional (suite)

- L'accord entre les MCG ne signifie pas nécessairement qu'ils sont tous corrects - ils pourraient tous commettre les mêmes erreurs.
- Là encore, les MCG restent l'outil principal pour l'estimation de l'éventail de possibilités futures.



Normalisation des résultats d'un MCG

- Exprime le changement régional relatif à une augmentation de 1 °C dans la température moyenne globale (TMG) :
 - a) Il s'agit d'une méthode visant à éviter les résultats dominants des modèles à sensibilité élevée
 - b) Elle nous permet de comparer les données de sortie d'un MCG en fonction du changement régional relatif.
- Changement de température normalisé =
$$\Delta T_{RGCM} / \Delta T_{GMTGCM}$$
- Changement des précipitations normalisé =
$$\Delta T_{RGCM} / \Delta T_{GMTGCM}$$



Mise à l'échelle de modèles

- Une technique d'estimation des changements climatiques régionaux en utilisant des modèles normalisés de changement et les changements de la TMG.
- Modèle de changement de température mis à l'échelle :
 - a) $\Delta T_{R\Delta GMT} = (\Delta T_{RGCM} / \Delta T_{GMTGCM}) \times \Delta GMT$
- Modèle de précipitations mises à l'échelle :
 - a) $\Delta P_{R\Delta GMT} = (\Delta P_{RGCM} / \Delta T_{GMTGCM}) \times \Delta GMT$



Outils d'analyse des résultats du MCG

- Terminer le rapport : « Climat futur. . . »
- MAGICC/SCENGEN

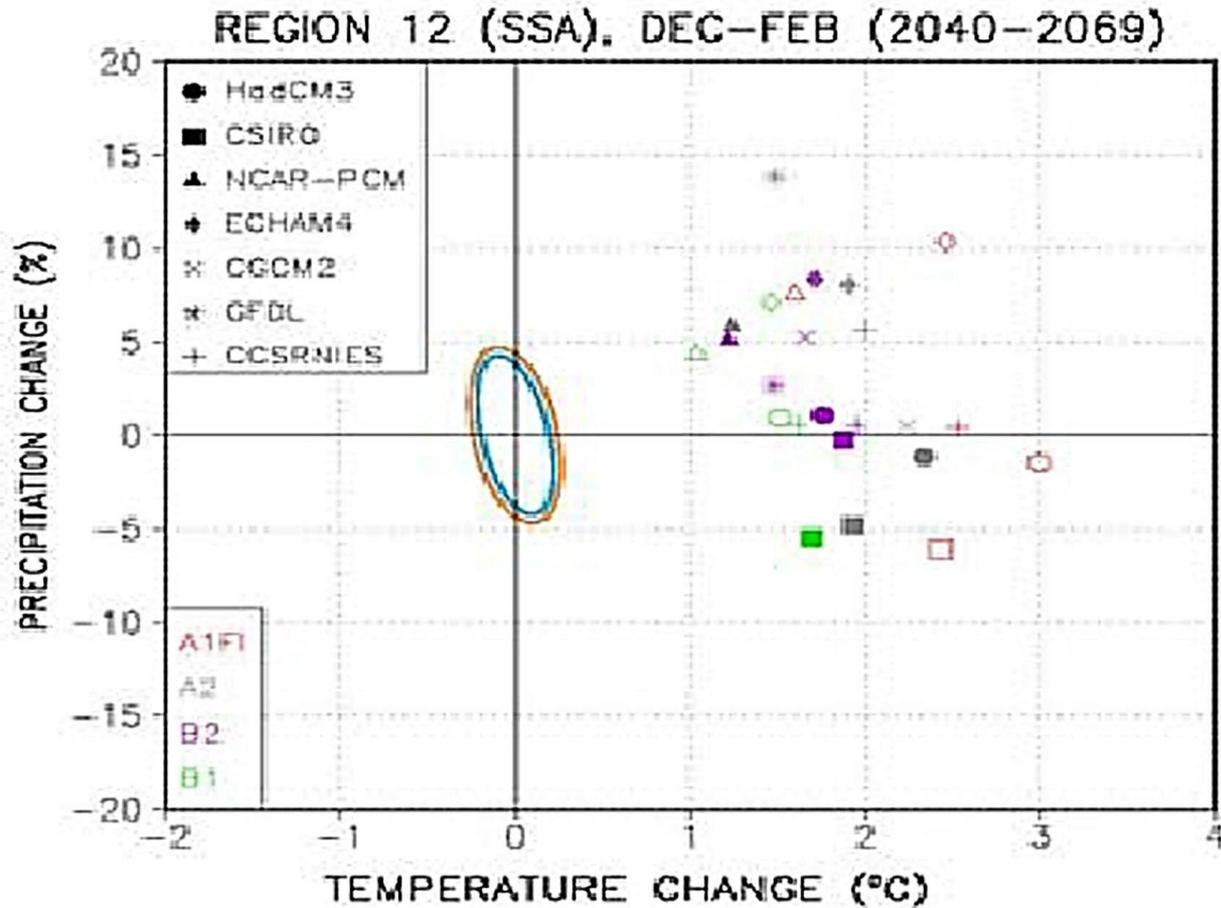


Terminer la publication

- Présente les résultats régionaux sur la température et les précipitations de différents modèles :
 - a) pour trois tranches de temps au cours du XXI^e siècle
 - b) utilise une mise à l'échelle
- Utile en tant que consultation pour voir le degré d'accord ou de désaccord du modèle.
- MAGICC/SCENGEN et COSMIC offrent une plus grande flexibilité aux utilisateurs.



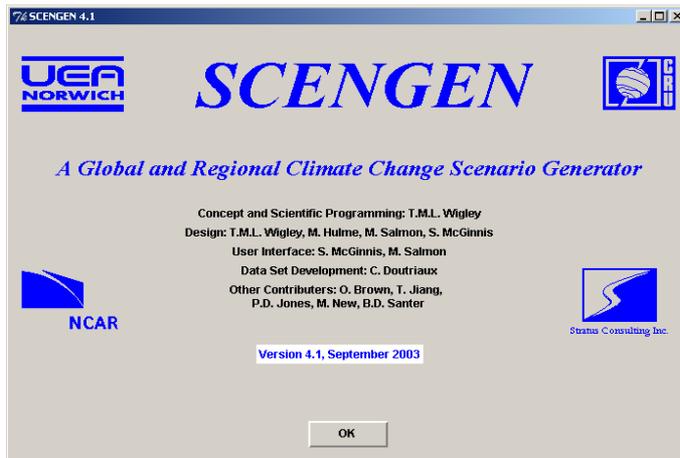
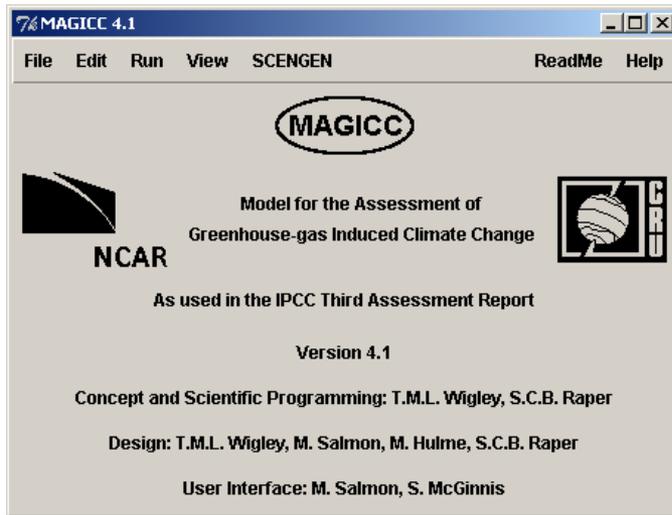
Terminer l'exemple environnemental



Source : Ruosteenoja et al., 2003, p. 55.



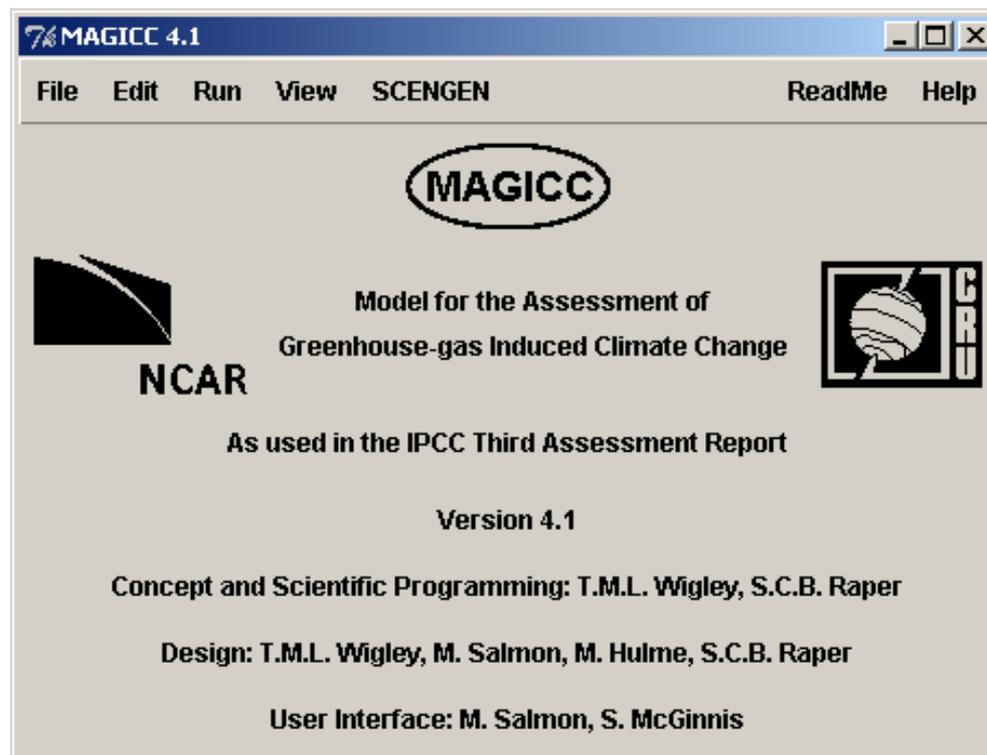
MAGICC/SCENGEN



- MAGICC est un modèle unique de la T globale et de l'élévation du niveau de la mer (ENM)
 - Utilisé dans le TRE du GIEC
 - SCENGEN utilise une mise à l'échelle de modèles pour 17 MCG
 - Résultat :
 - a) Changements modèle par modèle
 - b) Changement moyen
 - c) Déviation standard inter-modèles
 - d) Changements de la variabilité interannuelle
 - e) Climat actuel et futur sur une grille $5 \times 5^\circ$
- (Source : <http://www.cgd.ucar.edu/cas/wigley/magicc/>)



Utilisation de MAGICC/SCENGEN



MAGICC : Sélection de scénarii

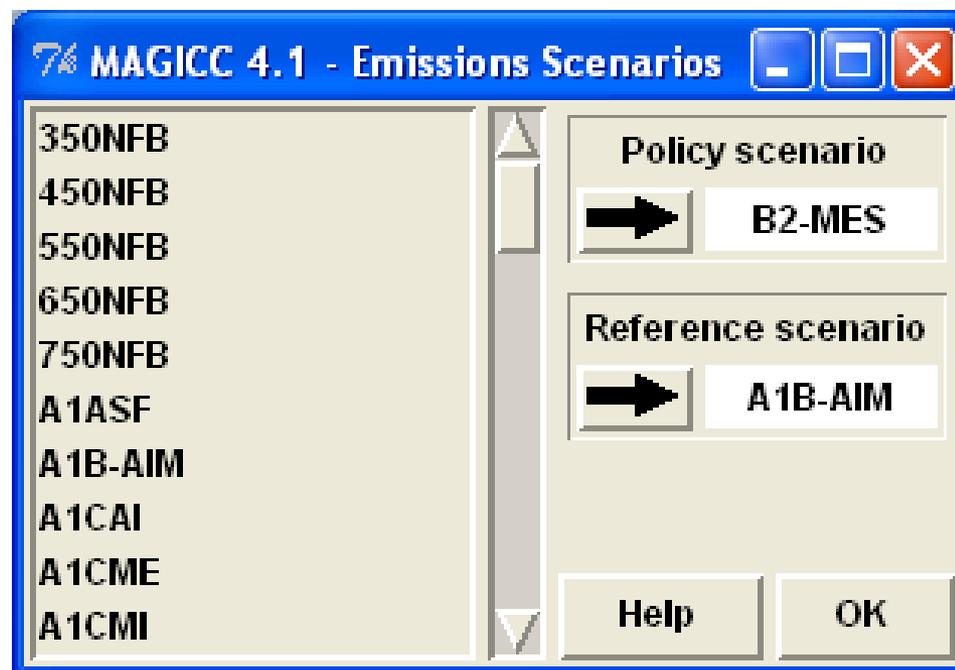
Emissions Scenarios

Model Parameters

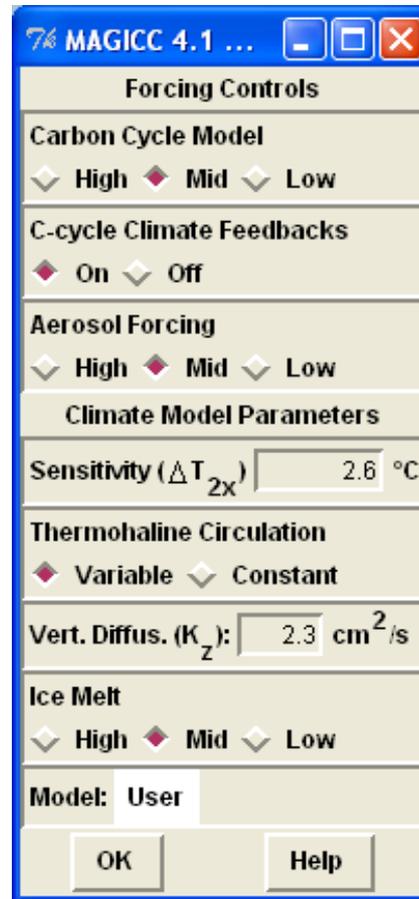
Output Years



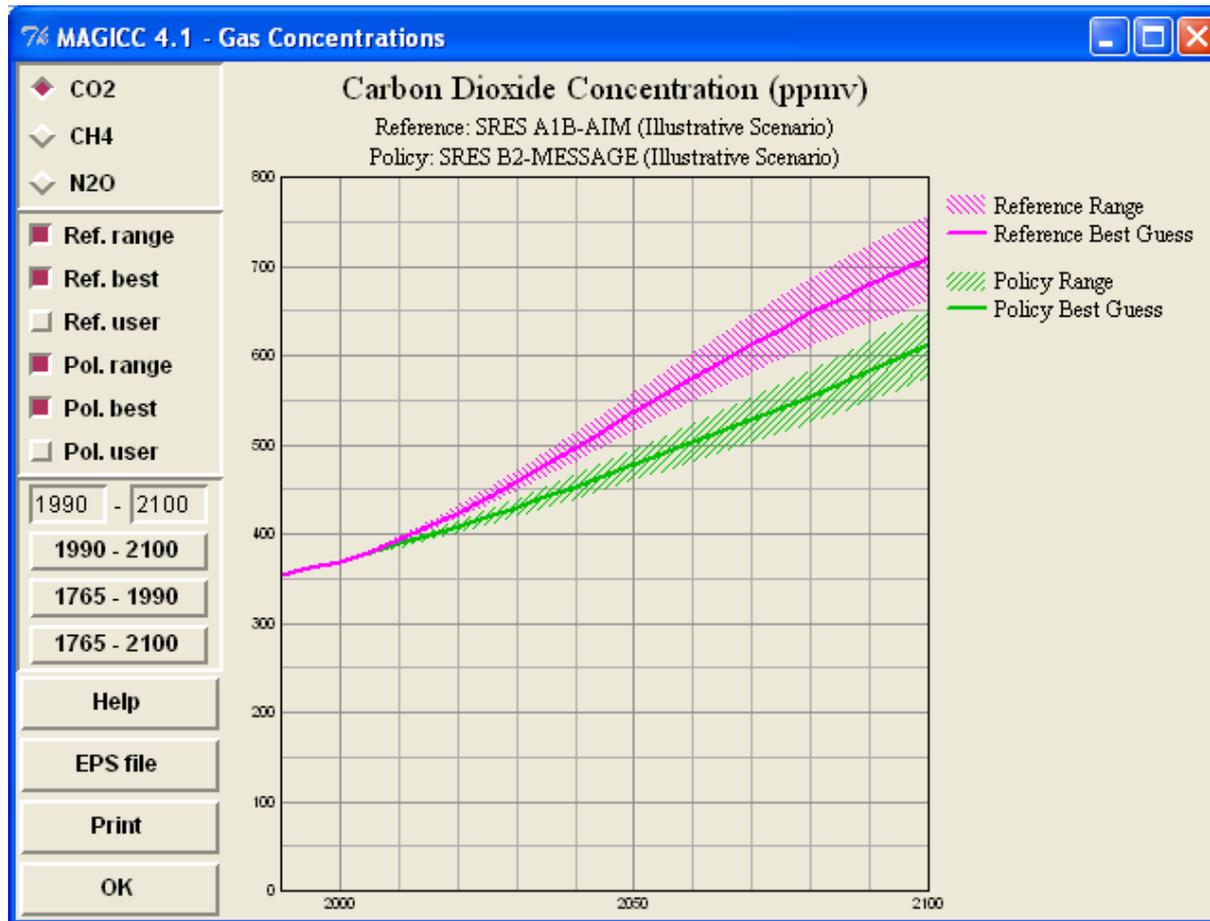
MAGICC : Sélection de scénarii (suite)



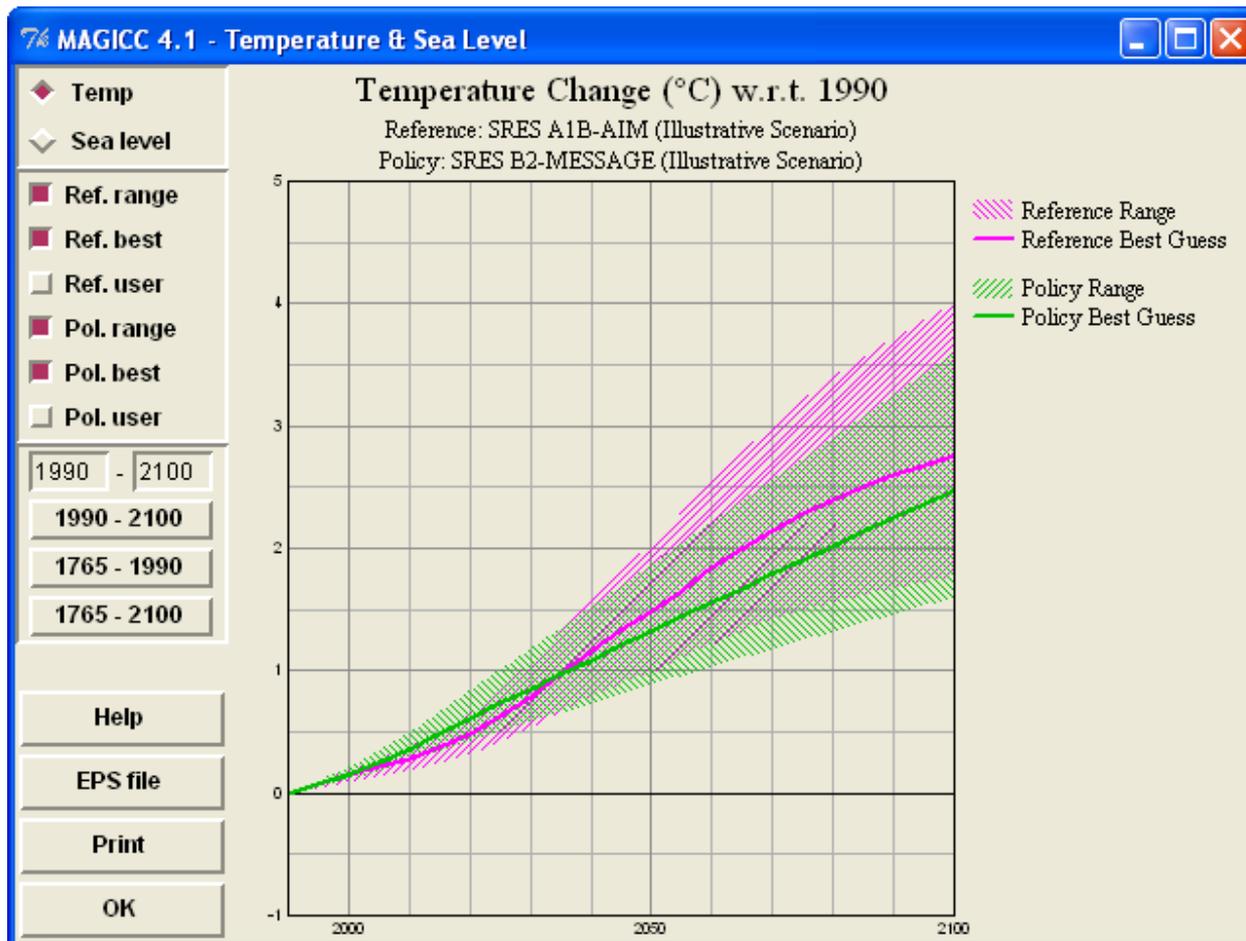
MAGICC : Sélection de forçages



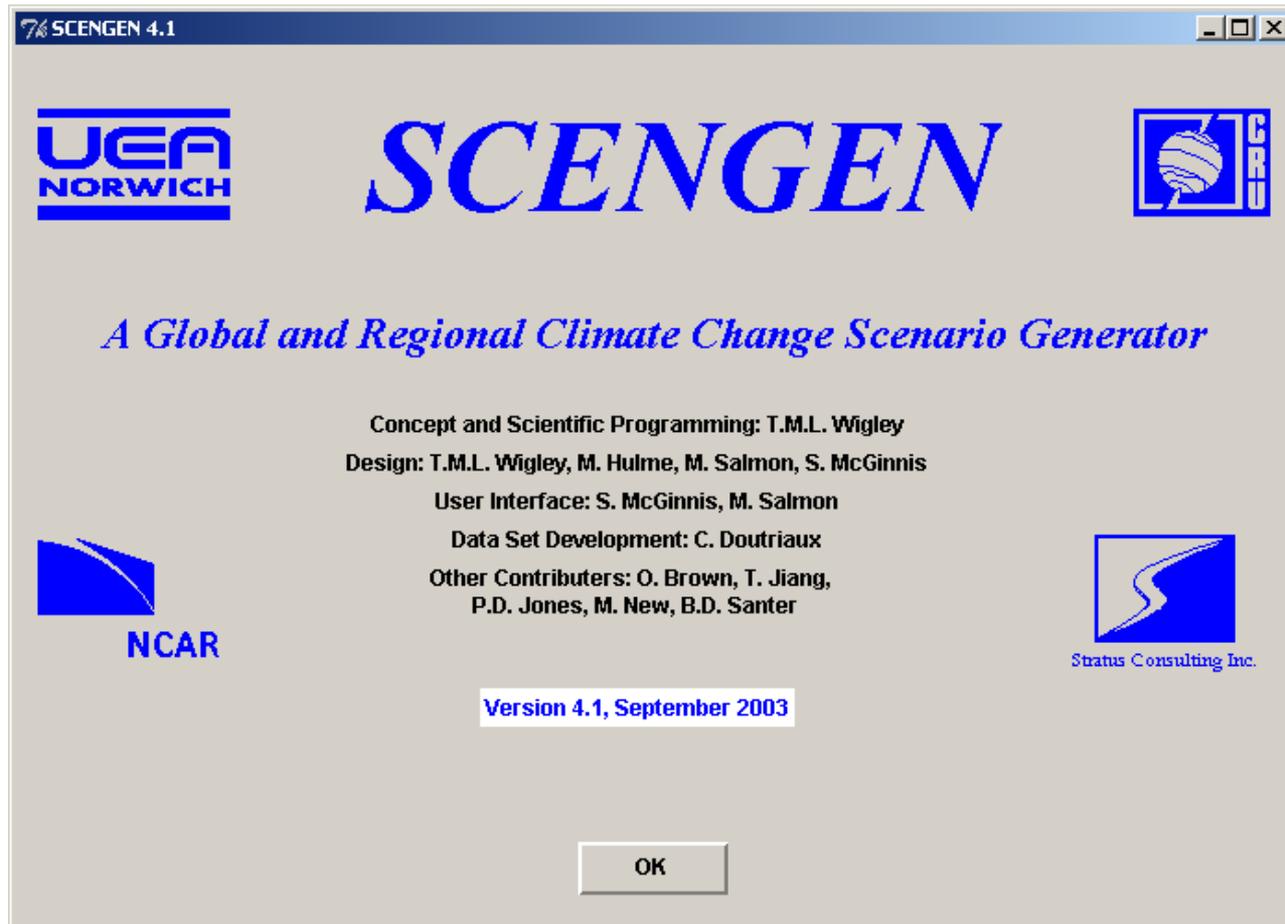
MAGICC : Affichage des résultats



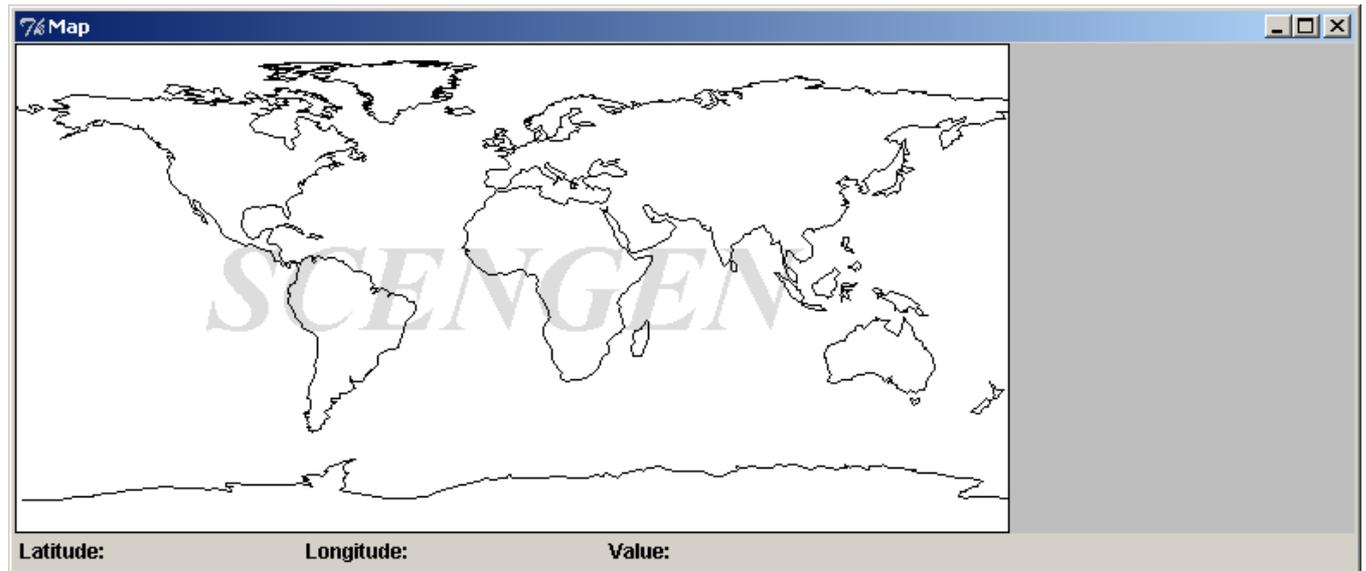
MAGICC : Affichage des résultats (suite)



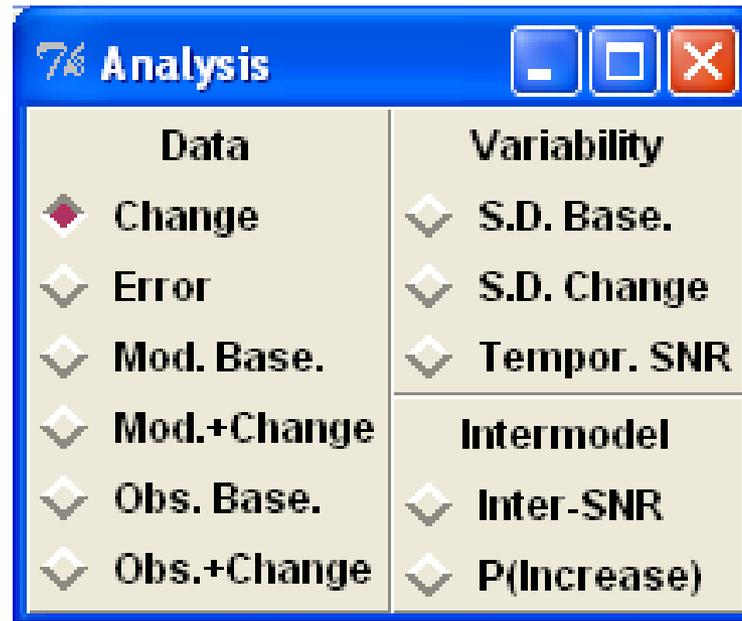
Exécution de SCENGEN



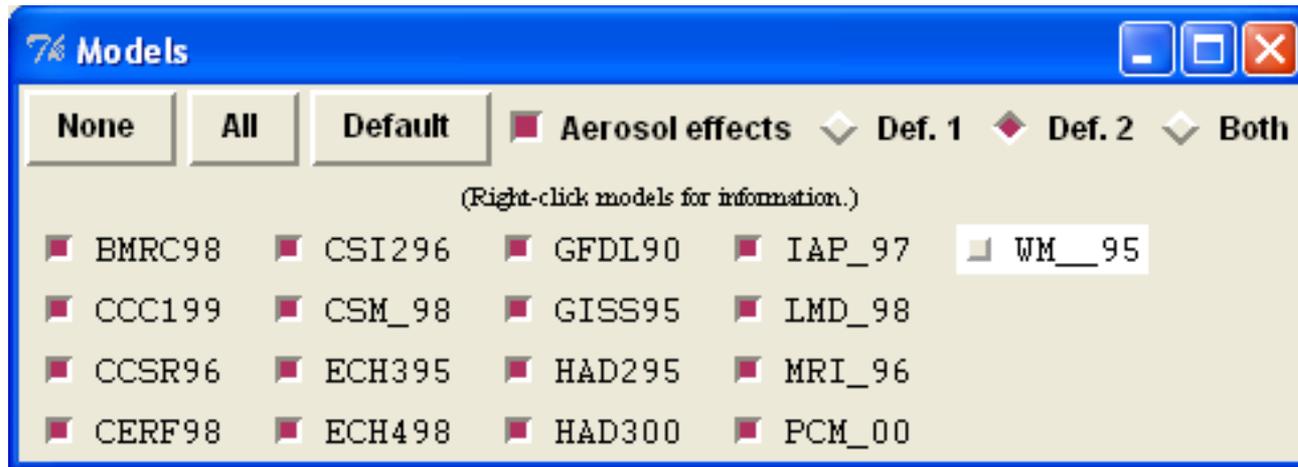
Exécution de SCENGEN (suite)



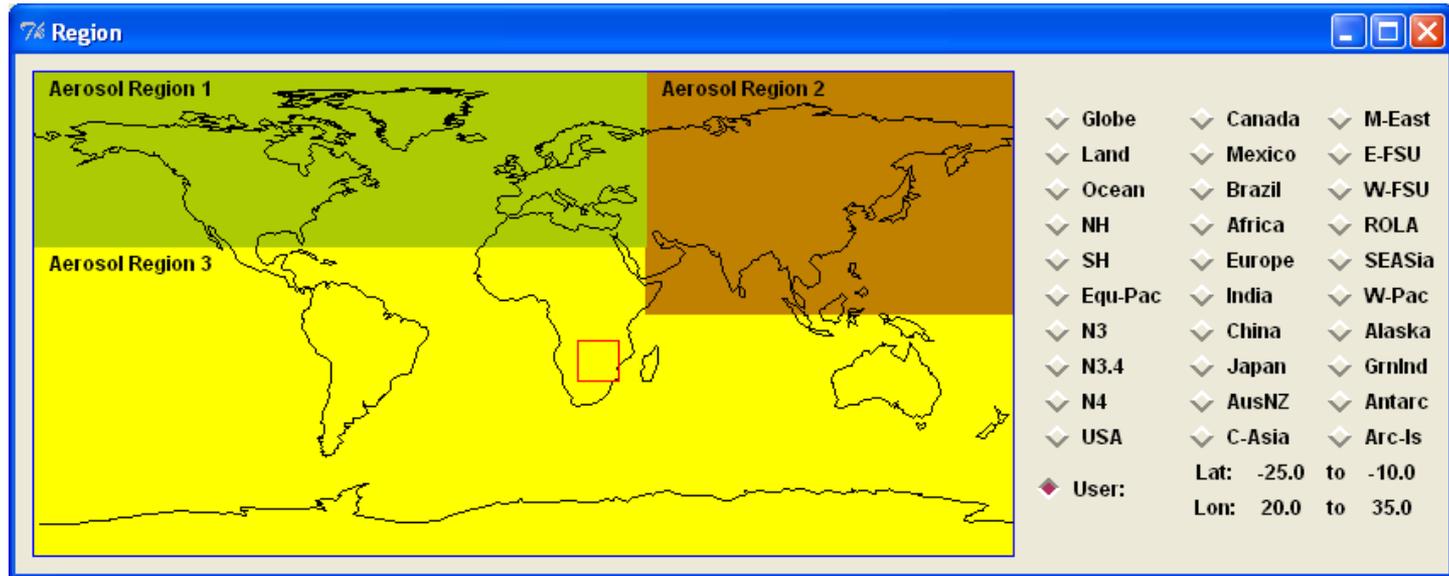
SCENGEN : Analyse



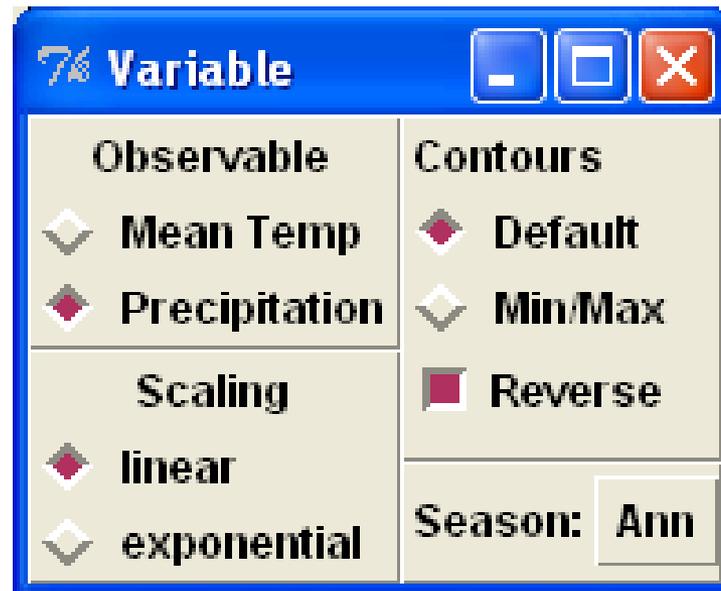
SCENGEN : Sélection de modèle



SCENGEN : Zone d'analyse



SCENGEN : Sélectionner une variable



SCENGEN : Scénario

7% Warming [-] [□] [X]

Global-mean $\Delta T = 1.33 \text{ deg C}$

Scenario Year
2050

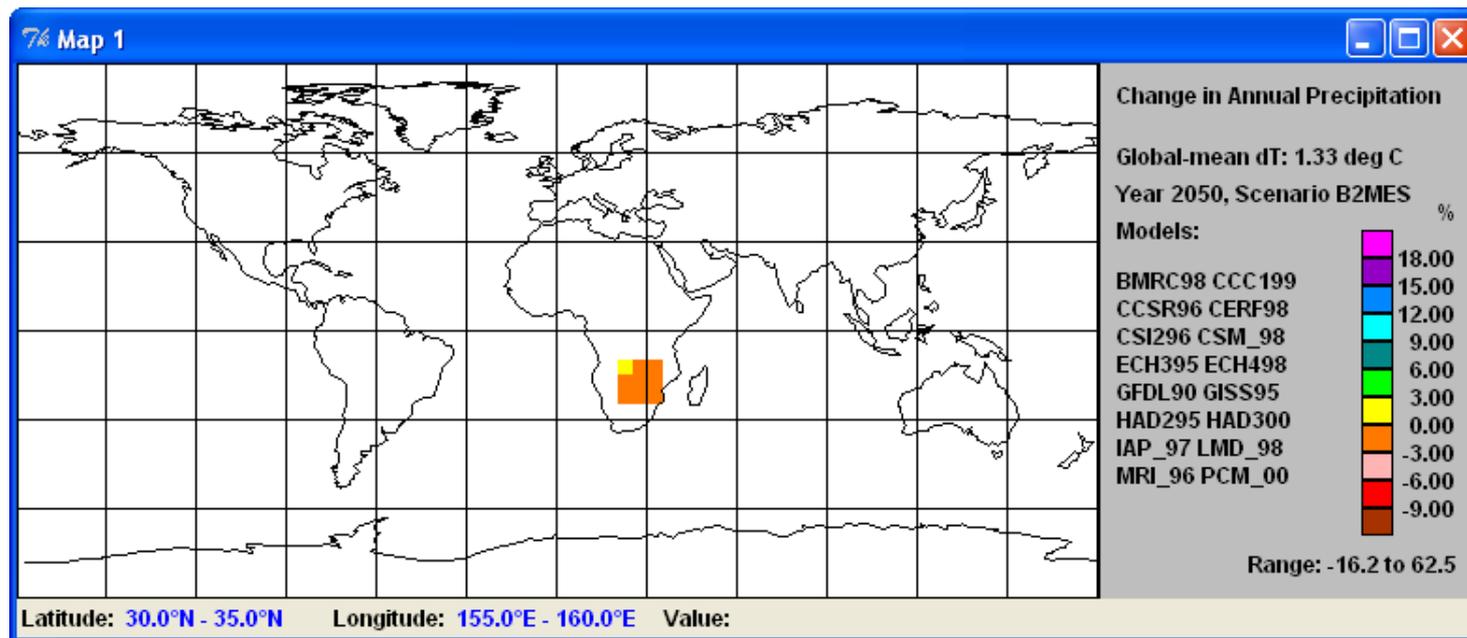


2000 2050 2100

Scenario	MAGICC Setup
<input type="checkbox"/> A1BAIM (Ref.)	<input checked="" type="checkbox"/> Default
<input checked="" type="checkbox"/> B2MES (Pol.)	<input type="checkbox"/> User



SCENGEN : Résultats de la carte



SCENGEN : Résultats quantitatifs

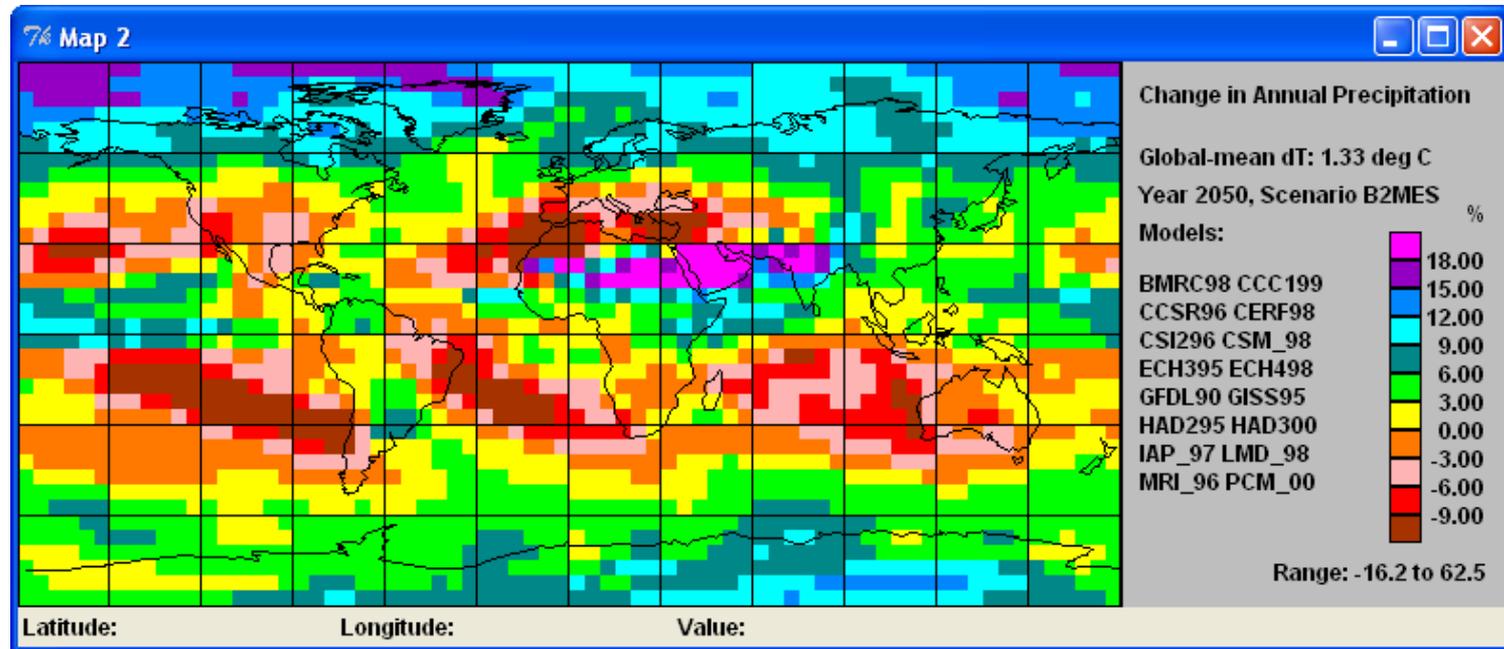
INTER-MOD S.D. : MOYENNE ZONE = 5,186 % (POUR LES DONNEES GES NORMALISEES)
INTER-MOD SNR : MOYENNE ZONE = -0,067 (POUR LES DONNEES GES NORMALISEES)
PROB D'AUGMENTATION : MOYENNE ZONE = 0,473 (POUR LES DONNEES GES NORMALISEES)
GES UNIQUEMENT : MOYENNE ZONE = -0,411 % (POUR LES DONNEES MISES A L'ECHELLE)
AEROSOL UNIQUEMENT : MOYENNE ZONE = -0,277 % (POUR LES DONNEES MISES A L'ECHELLE)
GES ET AEROSOL : MOYENNE ZONE = -0,687 % (POUR LES DONNEES MISES A L'ECHELLE)

*** RESULTATS DE LA MOYENNE DE LA ZONE MISES A L'ECHELLE POUR LES MODELES INDIVIDUELS ***
(AEROSOLS INCLUS)

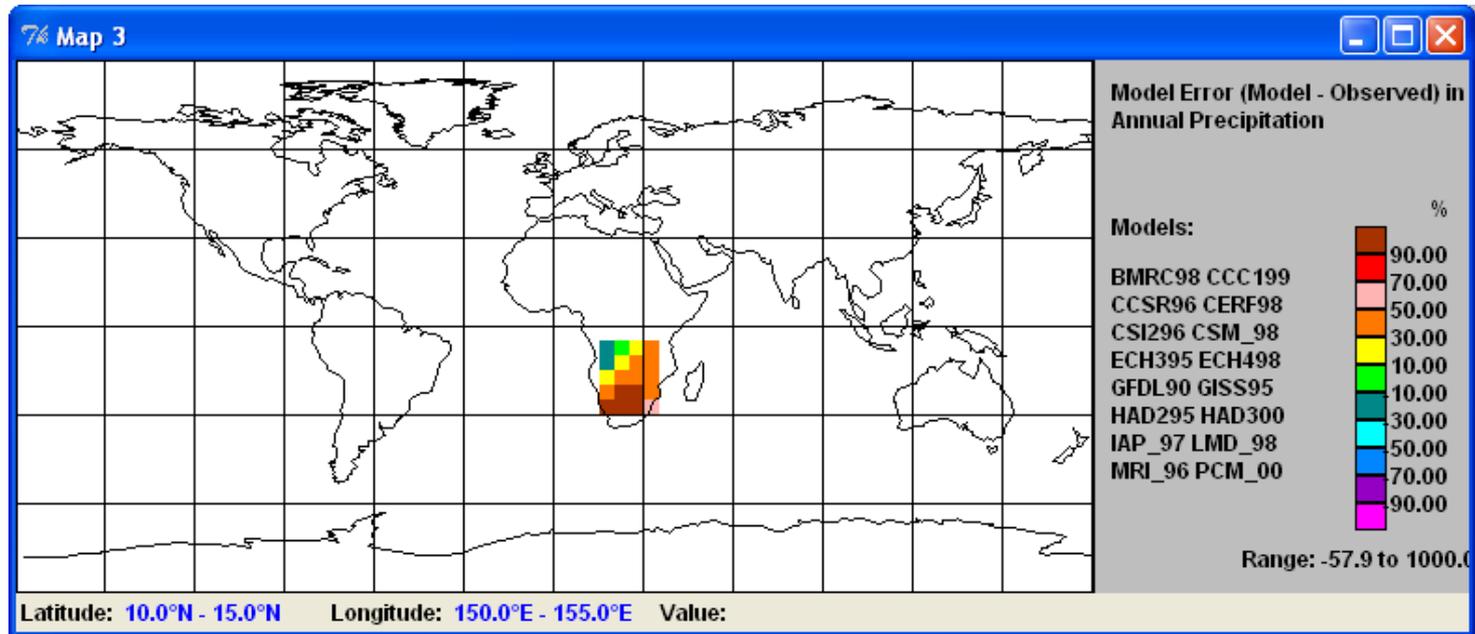
MODELE = BMRC2 : MOY ZONE = 2,404 (%)
MODELE = CCC1D2 : MOY ZONE = -5,384 (%)
MODELE = CCSRD2 : MOY ZONE = 6,250 (%)
MODELE = CERFD2 : MOY ZONE = -2,094 (%)
MODELE = CSI2D2 : MOY ZONE = 6,058 (%)
MODELE = CSM_D2 : MOY ZONE = 1,245 (%)
MODELE = ECH3D2 : MOY ZONE = 151 (%)
MODELE = ECH4D2 : MOY ZONE = -1,133 (%)
MODELE = GFDLD2 : MOY ZONE = 1,298 (%)
MODELE = GISSD2 : MOY ZONE = -3,874 (%)
MODELE = HAD2D2 : MOY ZONE = -5,442 (%)
MODELE = HAD3D2 : MOY ZONE = -0,459 (%)
MODELE = IAP_D2 : MOY ZONE = -0,088 (%)
MODELE = LMD_D2 : MOY ZONE = -6,548 (%)
MODELE = MRI_D2 : MOY ZONE = 0,065 (%)
MODELE = PCM_D2 : MOY ZONE = -3,451 (%)
MODELE = MODBAR : MOY ZONE = -0,687 (%)



SCENGEN : Analyses au niveau international



SCENGEN : Analyse des erreurs



Analyse des erreurs SCENGEN (suite)

STATISTIQUES NON PONDEREES

MODELE	CORREL.	RMSE	MOY DIFF	NUM PTS
	mm/jour	mm/jour		
BMRCTR	0,632	1,312	1,026	20
CCC1TR	0,572	1,160	-0,207	20
CCSRTR	0,587	0,989	0,322	20
CERFTR	0,634	1,421	-1,167	20
CSI2TR	0,553	1,112	-0,306	20
CSM_TR	0,801	1,044	-0,785	20
ECH3TR	0,174	1,501	-0,649	20
ECH4TR	0,767	1,121	-0,881	20
GFDLTR	0,719	0,954	-0,553	20
GISSTR	0,688	0,799	0,123	20
HAD2TR	0,920	0,743	-0,598	20
HAD3TR	0,923	0,974	-0,883	20
IAP_TR	0,599	1,408	-0,734	20
LMD_TR	0,432	2,977	-2,103	20
MRI_TR	0,216	2,895	-2,026	20
PCM_TR	0,740	1,372	-1,041	20
MODBAR	0,813	0,879	-0,654	20



PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies)

(Fourniture de climats régionaux pour les études des impacts)

- Développé par le Centre Hadley du Bureau météorologique du Royaume Uni
- Conçu pour fonctionner sur PC avec le système d'exploitation Linux
- Il fournit des projections climatiques régionales haute résolution de toutes les variables climatiques clés avec des moyennes horaires, journalières, mensuelles et annuelles
- Exigences importantes en terme de calcul.
- L'exécution d'une expérience PRECIS peut prendre plusieurs mois sur un ordinateur standard



Compatibilité système pour PRECIS

- **Ordinateur** opérant sur un système d'exploitation **Linux**
- Mémoire : 512 Mo minimum ; 1 Go+ recommandé
- Espace disque minimum 60 Go + stockage hors ligne pour l'archivage de données
- Vitesse de simulation proportionnelle à la vitesse du processeur

Quelle est sa vitesse maximale ?

Intégration sur 30 ans, 100x100 points de grille

- NEC (processeurs de super ordinateur) : 5 jours (1 nœud avec 8 processeurs)
 - Ordinateur (Processeur Intel Pentium 4, 3,2GHz) : 2,5 mois (1 processeur)
-



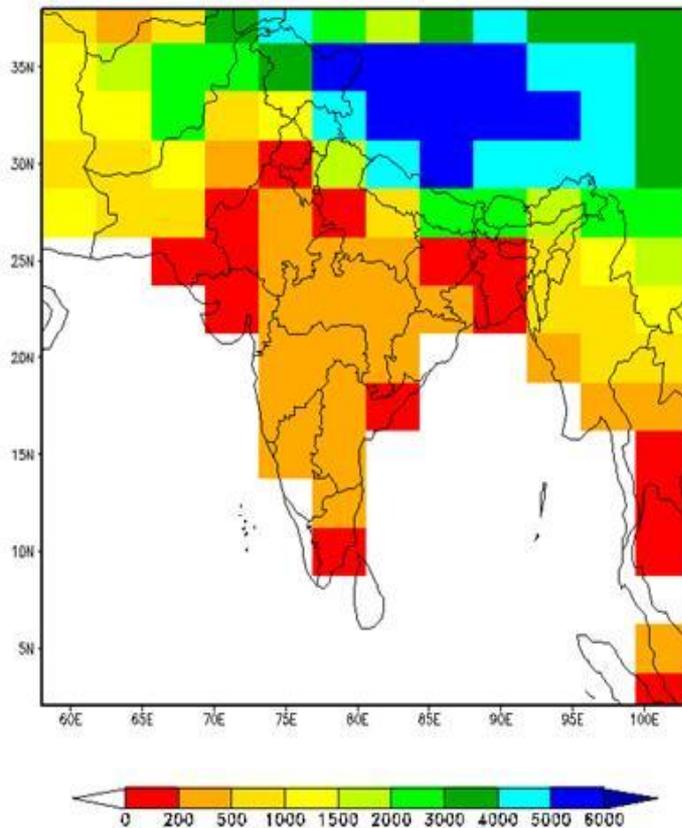
PRECIS : Données de sortie

- Les MCR peuvent fournir :
 - a) des scénarii climatiques pour toutes les régions
 - b) une estimation de l'incertitude découlant d'émissions différentes
 - c) une estimation de l'incertitude découlant de MCG différents
 - d) une estimation de l'incertitude découlant de la variabilité climatique.
- Données disponibles des MCR :
 - a) complètes pour l'atmosphère et la surface terrestre
 - b) quantités moyennes à l'échelle des mailles
 - c) résolution temporelle maximum d'une heure.

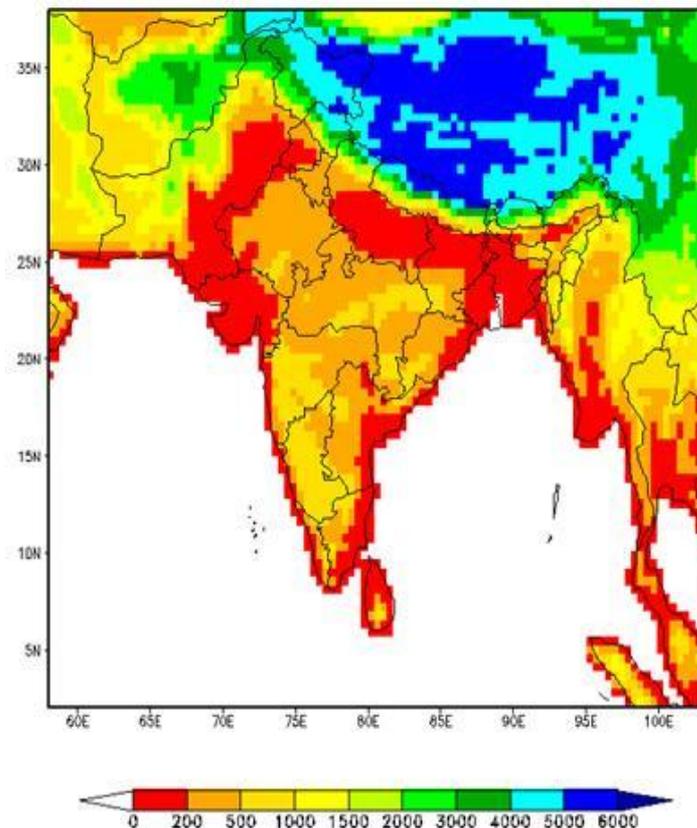


PRECIS : données de sortie

MCG



MCR : PRECIS



PRECIS : assistance

- Scénarii climatiques détaillés utilisant la méthodologie UKCIP02 pour les régions principales des pays en voie de développement
 - Simulation détaillée pour le climat récent (50 dernières années) pour plusieurs régions de pays en voie de développement
 - Renforcement de la capacité de base et transfert de technologie permettant l'exécution d'activités d'atténuation et d'adaptation grâce à :
 - a) une assistance scientifique et technique à l'utilisation de PRECIS pour l'élaboration de scénarii et la recherche climatique
 - b) des conseils ponctuels sur l'utilisation de scénarii pour l'évaluation des impacts, l'élaboration de collaborations et les propositions de recherche.
-



PRECIS : Applications sélectionnées

- PRECIS-Caribbean initiative
- Vulnérabilité et adaptation à Cuba
- IIT India
- Université du Cap, Afrique du Sud
- Ouganda
- Étude sur les impacts des changements climatiques en Chine
- Impacts, vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques en Amérique latine
- Évaluation des changements climatiques pour Esmeraldas, Équateur
- Seconde communication nationale de la Géorgie
- Évaluation des changements climatiques pour Sorsogon, Philippines



SimCLIM : Qu'est-ce que SimCLIM ?

- SimCLIM est un produit de recherche des Études sur les impacts des changements climatiques de la Nouvelle Zélande (New Zealand Climate Change Impacts Studies) (CLIMPACTS)
- Un modèle informatique intégré pour l'évaluation de l'impact des changements climatiques
- Un système d'information géographique (SIG) sur mesure et intégré assistant à l'analyse spatiale multi-niveaux
- Basé sur les directives du GIEC et pouvant être mis à niveau avec les dernières données de recherche scientifique.



SimCLIM : Applications

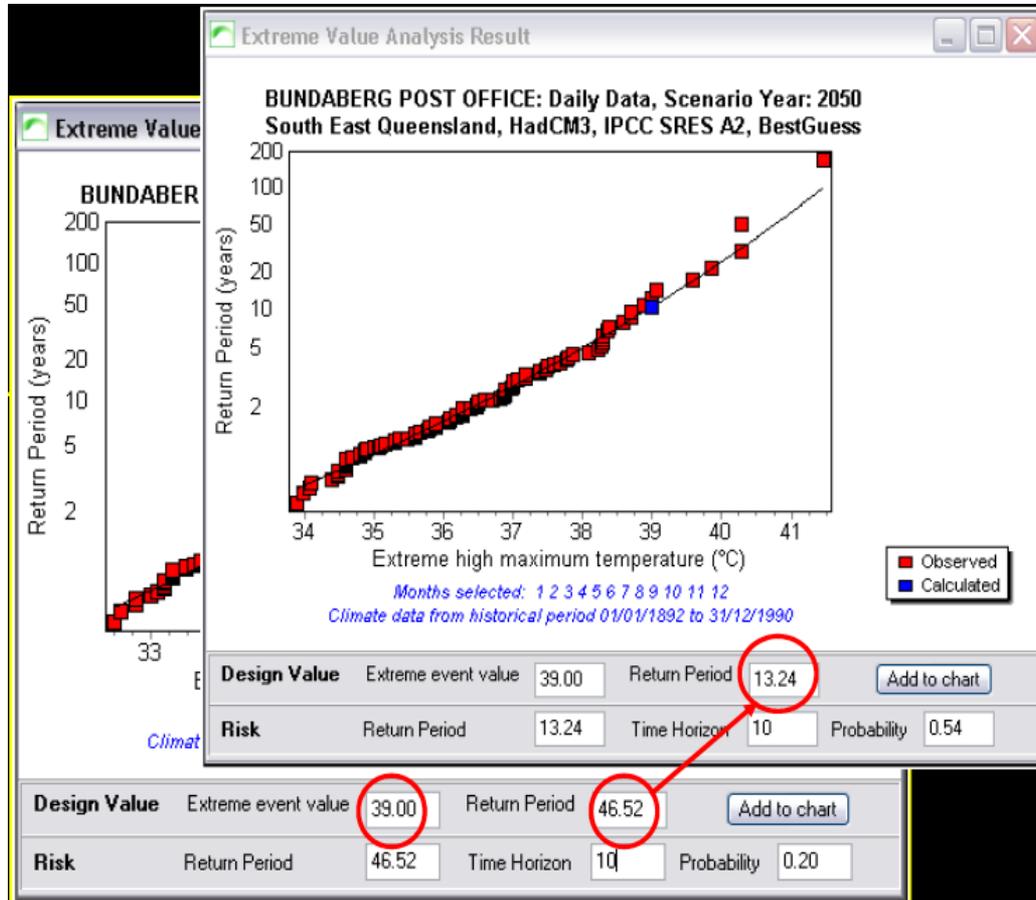
- Décrire le climat de référence
- Examiner la variabilité climatique et les extrêmes actuels
- Évaluer les risques - présents et futurs
- Faire des recherches sur l'adaptation - présente et future
- Créer des scénarii de changements climatiques
- Mener des analyses de la sensibilité
- Examiner les impacts sectoriels
- Examiner les incertitudes
- Faciliter les analyses des impacts intégrées



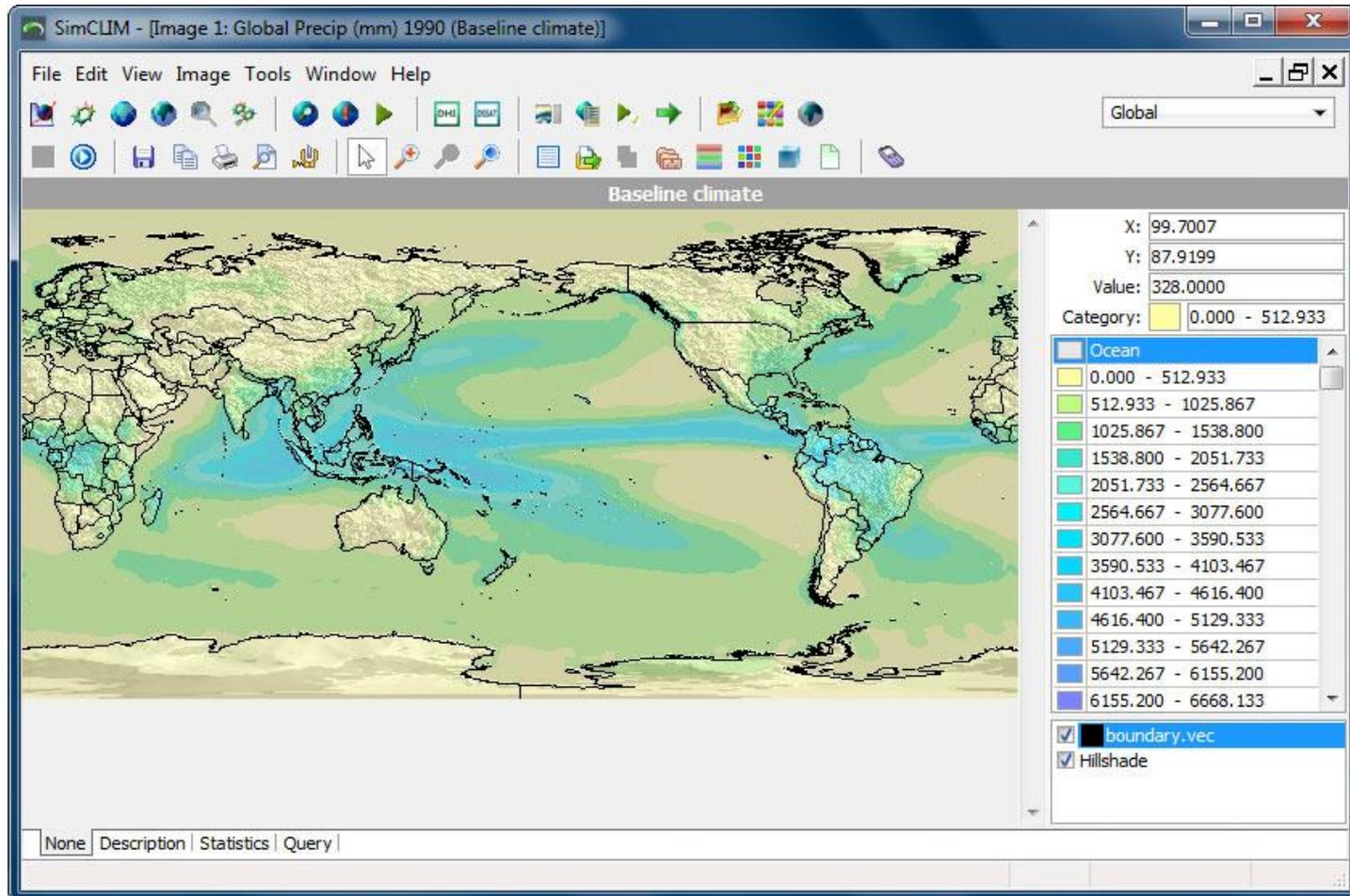
SimClim : Extreme Event Analyser (Analyseur d'événements extrêmes)

Utilisation de SimCLIM

Extreme Event Analyser et de données de séries temporelles journalières pour calculer les changements de températures extrêmes. Cet exemple présente une période de retour actuelle de 46,52 ans pour un événement à 39° C. Selon le scénario A2 du RSSE, en 2050 la période de retour pour le même événement de température tombe à 13,24 ans, illustrant l'augmentation de la fréquence des extrêmes inhérente aux changements climatiques pour cette région particulière.



SimCLIM : Interface utilisateur



SimCLIM : Où il a été utilisé

- Bahamas
- La Barbade
- Chine
- Îles Cook
- Fidji
- Indonésie
- Maldives
- Îles Marshall
- Mongolie
- Nauru
- Pérou
- Philippines
- Samoa
- Îles Salomon
- Tonga
- Trinidad et Tobago
- Tuvalu
- Vanuatu
- Vietnam



- Développé par The Nature Conservancy, l'Université de Washington et l'Université du Sud du Mississippi
- Outil de contrôle utile permettant d'obtenir une capture instantanée de la température et des précipitations de référence au niveau national ainsi que des projections pour les scénarii du RSSE pour 2050 et 2080. MCG réduit à une échelle de 50 km <http://climatewizard.org/>



The Nature Conservancy  Protecting nature. Preserving life.™

ClimateWizard

UNIVERSITY OF WASHINGTON
THE UNIVERSITY OF SOUTHERN MISSISSIPPI

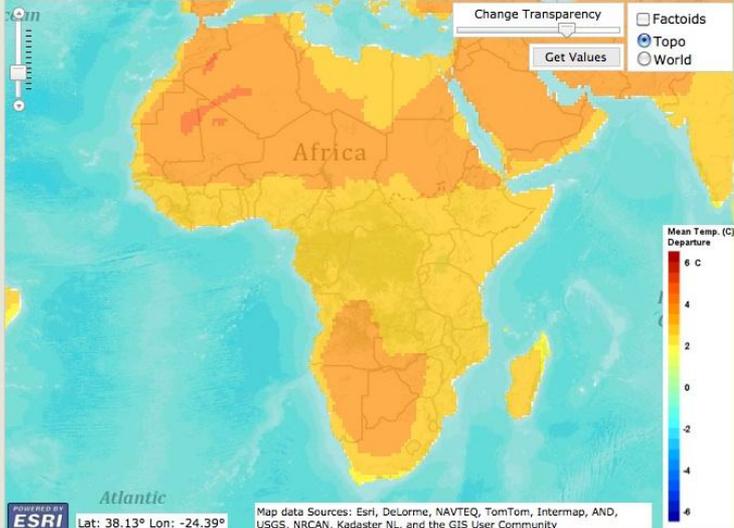
[About Us](#) [FAQ's](#) [Contact Us](#)

Analysis Area	Time Period	Map Options	Measurement	Resources
<input type="radio"/> United States <input checked="" type="radio"/> Global Kenya	<input type="radio"/> Past 50 Years <input type="radio"/> Mid Century (2050s) <input checked="" type="radio"/> End Century (2080s)	<input type="radio"/> Map of Average <input checked="" type="radio"/> Map of Change Compare & Animate Models	<input checked="" type="radio"/> Average Temperature <input type="radio"/> Precipitation Annual	Case Studies Documentation Developer Data and Map Image Download ClimateWizard Custom Analysis Printer Friendly Version

Future Climate Model
IPCC Fourth Assessment
Emission Scenario: High A2
General Circulation Model: Ensemble Average

Change in Annual Temperature by the 2080s

Model: Ensemble Average, SRES emission scenario: A2



50%: This map shows the temperature change projected by the middle model. That is, **half of the models project a greater amount of change, and half of the models project less change** as compared to the 1961-1990 baseline average.

POWERED BY **ESRI** Atlantic
Lat: 38.13° Lon: -24.39°
Map data Sources: Esri, DeLorme, NAVTEQ, TomTom, Intermap, AND, USGS, NRCAN, Kadaster NL, and the GIS User Community

Data Source: Base climate projections downloaded by [Maurer, et al.](#) (2007) Santa Clara University. For more information see [About Us](#).



Comment sélectionner des scénarii

- Utilisez une ou plusieurs des méthodes et outils pour évaluer l'éventail de changements de températures ou des précipitations.
- Les modèles peuvent être sélectionnés en fonction de :
 - a) leur capacité à simuler le climat actuel
 - SCENGEN a une routine
 - b) leur capacité à représenter un large éventail de conditions.



Comment sélectionner des scénarii (suite)

- Utilisez les résultats des données réelles de MC ou des données mises à l'échelle
- Peut inclure d'autres sources pour les scénarii, ex. arbitraires, équivalents.



Sélection de MCG

- Certains facteurs à prendre en compte dans la sélection de MCG
 - a) L'âge de l'exécution du modèle :
 - les exécutions les plus récentes tendent à être meilleures, mais il y a des exceptions
 - b) Résolution du modèle :
 - une haute résolution tend à être meilleure
 - c) La précision du modèle dans la simulation du climat actuel :
 - MAGICC/SCENGEN a une routine.



Qu'utiliser et sous quelles conditions ?

- Il est tout à fait possible d'utiliser des combinaisons de sources différentes pour créer des scénarii, ex. des modèles et des scénarii arbitraires
- Les modèles climatiques tendent à être meilleurs pour les analyses sur un plus long terme, ex. dépassant plusieurs décennies (au-delà de 2050)
- Les équivalents climatiques tendent à être meilleurs pour le court terme, ex. sur plusieurs décennies (2010-2030).



Scénarii pour les événements extrêmes

- Difficiles à obtenir de chacune de ces sources.
- Options :
 - a) Utiliser un historique long ou des relevés paléoclimatiques
 - b) Changement progressif des extrêmes historiques :
 - Essayer de rester cohérent par rapport aux MCG transitoires
 - c) Ces méthodes sont plus utiles aux études de sensibilité.



Réflexions finales

- N'oubliez pas que les scénarii individuels ne sont pas des prédictions des changements climatiques régionaux futurs.
- Lorsqu'ils sont utilisés de manière appropriée, ils peuvent nous aider à comprendre et décrire :
 - a) ce que nous connaissons sur les changements climats régionaux possibles
 - b) les incertitudes sur les changements climatiques régionaux
 - c) les conséquences potentielles.



Utilisations

- En cas d'évaluation de la vulnérabilité, les scénarii doivent refléter un éventail relativement important, mais réaliste des changements climatiques :
 - a) Être éducatif
- En cas d'examen de l'adaptation, il est important de refléter un vaste éventail de changements climatiques
- Si l'éventail d'incertitudes sélectionné est trop restreint, cela pourrait conduire à des décisions mal informées.



Climat et GIEC (activités récentes et à venir)

- Le GIEC (2012) a également publié un Rapport spécial sur la gestion des risques des événements extrêmes et des catastrophes pour l'adaptation aux changements climatiques précoces.
- Le cinquième Rapport d'évaluation (RE5) du GIEC est en cours de conception.
- Le RE5 consistera en trois rapports du groupe de travail et en un rapport de synthèse devant être terminé en 2013/2014.



Exercice sur les scénarii de changements climatiques

- Objectif :
 - a) Explorer les différentes méthodes et outils de scénarii de changements climatiques
 - b) Méthode :
 1. Définissez la région qui vous intéresse
 2. Sélectionnez votre paramètre climatique
 3. Sélectionnez l'outil ou les outils, ou les données de sortie des modèles
 4. Évaluez les anomalies des conditions climatiques actuelles
 5. Prenez en considération les scénarii d'émissions ou les voies de concentration
 6. Élaborez des scénarii climatiques futurs, des projections sur différents horizons temporels (2030, 2050 et 2100)
 7. Étudiez les problèmes de :
 - 1) MCM, MCR ou méthodes statistiques
 - 2) stationnarité
 - 3) résolution (haute ou basse)
 - 4) tendances et variabilité.
 - c) Comment aborder les principales lacunes (données, outils) en ce qui concerne les moyens disponibles et le travail à entreprendre lorsque l'on aborde des scénarios de changements climatiques ?

