

Aires protégées résilientes au changement climatique, PARCC Afrique de l'Ouest



2015

Manuel de formation du projet PARCC Module 2. Données et scénarios climatiques



FRANCAIS



UNEP-WCMC

2015

Le programme des Nations Unies pour l'environnement, Centre de surveillance de la conservation de la nature (UNEP-WCMC) est le centre spécialisé d'évaluation de la biodiversité du programme des Nations Unies pour l'environnement, l'organisation environnementale intergouvernementale la plus importante dans le monde. Le Centre a été en opération depuis plus de 30 ans, alliant recherche et conseils politiques pratiques



Le Manuel de formation du projet PARCC, préparé par l'UNEP-WCMC et tous les partenaires techniques du projet (Met Office Hadley Centre, UICN Programme mondial sur les espèces, BirdLife International, Université de Durham et DICE Université du Kent), avec le financement du Fonds pour l'environnement mondial (FEM) par le biais du PNUE.

Droits d'auteur : 2015. Programme des Nations Unies pour l'environnement.

Reproduction : La reproduction de cette publication à des fins éducatives ou non commerciales est autorisée sans permission spéciale, à condition que la reconnaissance de la source soit faite. La réutilisation de toutes les figures est soumise à l'autorisation des détenteurs des droits d'origine. Aucune utilisation de cette publication ne peut être effectuée pour la vente ou toute autre fin commerciale, sans la permission écrite du PNUE. Les demandes d'autorisation, accompagnées d'une déclaration de l'intention et de l'étendue de la reproduction, doivent être envoyées au Directeur, DCPI, UNEP, P.O. Box 30552, Nairobi, Kenya.

Non responsabilité : Le contenu de ce rapport ne reflète pas nécessairement les vues ou la politique du PNUE, des organisations participantes ou des éditeurs. Les appellations employées et la présentation des documents dans ce rapport n'impliquent pas l'expression d'une opinion quelconque de la part du PNUE ou des organisations participantes, ou des éditeurs concernant le statut juridique des pays, territoires, villes ou leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites ou la désignation de leurs noms, frontières ou limites. La mention d'une entité commerciale ou d'un produit dans cette publication n'implique pas son approbation par le PNUE.

Citation : UNEP-WCMC. 2015. Manuel de formation du projet PARCC. Module 2. Données et scénarios climatiques. *UNEP-WCMC technical report*.

Disponibilité : UNEP World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC)
219 Huntingdon Road, Cambridge CB3 0DL, UK
Tel: +44 1223 277314; Fax: +44 1223 277136
Email: protectedareas@unep-wcmc.org
URL: <http://www.unep-wcmc.org>

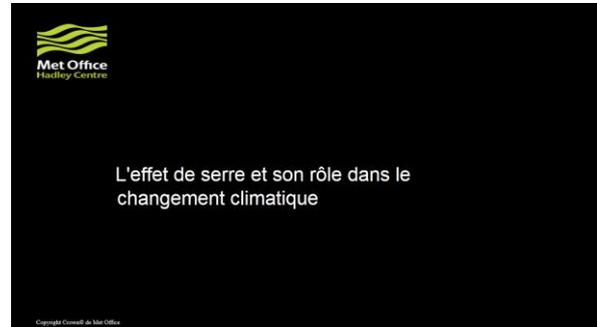
Photo de couverture: Plage de *River Number Two*, Péninsule de Freetown, Sierra Leone. *Copyright: Elise Belle.*

UNEP promotes environmentally sound practices globally and in its own activities. This publication is printed on 100% recycled paper, using vegetable-based inks and other eco-friendly practices. Our distribution policy aims to reduce UNEP's carbon footprint.

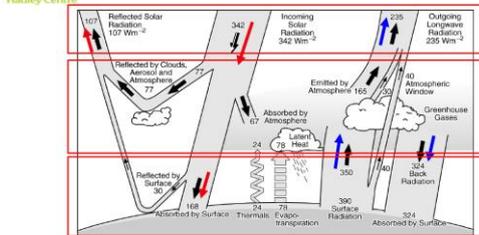
Sommaire

CHAPITRE 1. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE – COMMENT ET POURQUOI LE CLIMAT CHANGE	4
CHAPITRE 2. MODÉLISATION DU CLIMAT RÉGIONAL	9
CHAPITRE 3. CLIMAT ET BIODIVERSITE : CHANGEMENTS PASSES OBSERVES ET CHANGEMENTS FUTURS PROJETES.....	15
CHAPITRE 4. APPLICATION DE L'INFORMATION CLIMATIQUE A L'EVALUATION DES ADAPTATIONS	23
CHAPITRE 5. PROJECTIONS CLIMATIQUES POUR L'AFRIQUE DE L'OUEST	27
CHAPITRE 6. SESSION PRATIQUE : UTILISATION DES PROJECTIONS CLIMATIQUES REGIONALES	37

Chapitre 1. Le changement climatique – Comment et pourquoi le climat change



L'équilibre énergétique de la Terre



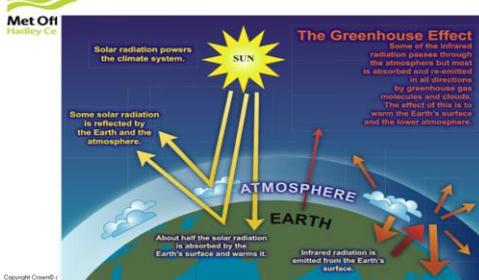
Service national britannique de météorologie © Crown copyright

Grandes lignes

- L'effet de serre et son rôle dans le changement climatique
- Concernant le GIEC, les résultats phares proviennent de son 4^e Rapport d'évaluation sur les changements observés
- Les modèles climatiques globaux (MCG), les projections du changement climatique mondial et régional
- Projections du changement climatique régional et prévisions
- Changements observés et projetés en matière d'impacts

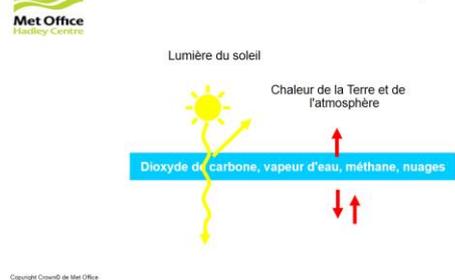
Copyright Crown© de Met Office

L'effet de serre



Copyright Crown©

Effet de serre schématisé



Copyright Crown© de Met Office



L'effet de serre est majeur

Si seul le soleil chauffait la Terre, alors la température de la Terre serait de -18° C (la température de votre congélateur à la maison)

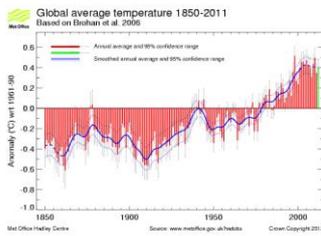
Le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau, le méthane et d'autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère piègent un peu de cette chaleur

Puisque l'atmosphère piège une partie de cette chaleur, elle réchauffe la Terre, donc la plus grande partie de celle-ci est au-dessus du point de congélation et en mesure de maintenir la vie

Copyright © de Met Office



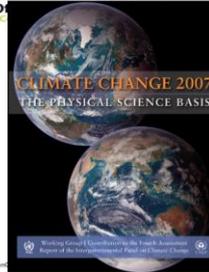
La planète s'est réchauffée



Met Office Hadley Centre Source: www.met.rdg.ac.uk/hadobs Copyright 2012



4e Rapport d'évaluation du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat)

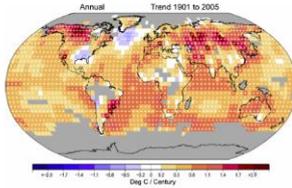


- 4^e Rapport d'évaluation 2004 – 2007
- 152 Auteurs
- ~ 450 contributeurs
- ~ 600 examinateurs experts
- 30 000+ Commentaires d'examen
- Contenus
- Synthèse à l'attention des Décideurs – **acceptation par tous les gouvernements**
- Résumé technique
- 11 chapitres + FAQ
- ~ 5 000 références de la littérature
- ~ 1 000 pages

Copyright © de Met Office



La planète s'est réchauffée

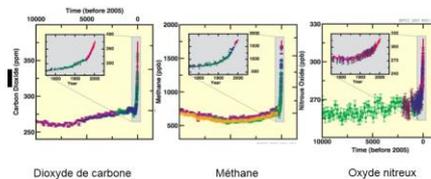


En moyenne, globalement, la température de la planète a augmenté de 0,75° C par rapport à celle de 1860, basée sur des dizaines de relevés de longue durée, de haute qualité, utilisant des thermomètres dans le monde entier, incluant les terres et l'océan. Les onze des 12 dernières années sont parmi les plus chaudes depuis 1850 dans la moyenne mondiale. Source: GIEC



Révolution industrielle et atmosphère

Les concentrations actuelles de gaz à effet de serre clé, et leurs taux de changement, sont sans précédent.

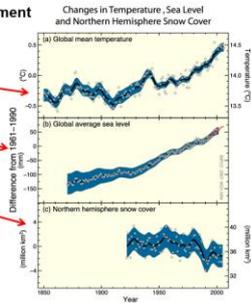


Source: GIEC



Le réchauffement est sans équivoque

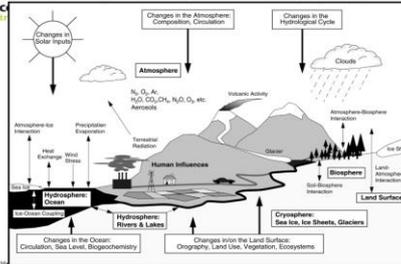
- Augmentation de la température de l'air de surface
- Augmentation du niveau de la mer
- Réductions de l'enneigement NH
- Également augmentation des températures océanique et atmosphérique



Source: GIEC



Les MCG représentent les importants processus physiques



Copyright © de Met Office

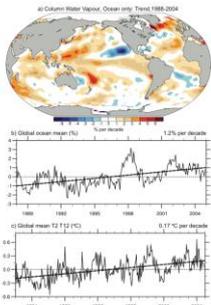


Rétroaction liée à la vapeur d'eau

La vapeur d'eau réagit aux changements climatiques, mais elle ne conduit pas à des changements climatiques. C'est une importante rétroaction qui amplifie le changement climatique.

Nouveau dans le GIEC (2007) : Les tendances observées qui démontrent la tendance, tant dans la troposphère supérieure qu'en surface.

Source: GIEC

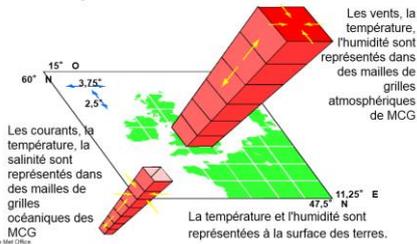


Les modèles climatiques globaux (MCG), les projections du changement climatique mondial et régional

Copyright Crown© de Met Office



Les MCG représentent le système climatique avec une résolution grossière



Les MCG et la compréhension et la prévisibilité du changement climatique régional

~ 20 centres de modélisation dans le monde ont été créés et les MCG fonctionnent pour la compréhension et la prévision du changement climatique

Les expérimentations de modélisation sont organisées par le Projet d'intercomparaison des modèles couplés (CMIP)

Les modèles fonctionnant sous le troisième CMIP (CMIP3) ont été largement utilisés et évalués dans le rapport AR4 du GIEC

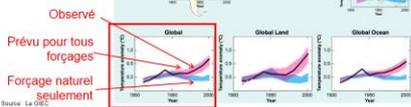
Actuellement, les modèles fonctionnant pour le CMIP5 sont analysés et évalués dans le rapport AR5 du GIEC

Copyright Crown© de Met Office

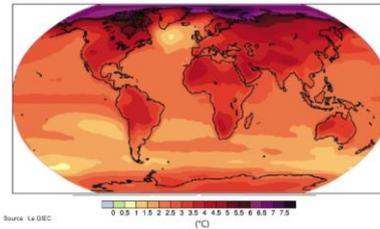


La compréhension et l'attribution du changement climatique régional

Le réchauffement anthropogénique est visible sur tous les continents habités



Avec les émissions A1B (« activité typique habituelle »), la moyenne des projections du modèle climatique global CMIP3 est : Réchauffement moyen mondial 2,8°C d'ici 2090-2099; une grande partie des superficies des terres se réchauffe de ~ 3,5°C l'Arctique se réchauffe de ~7°C



L'utilisation des MCG pour comprendre les facteurs du réchauffement

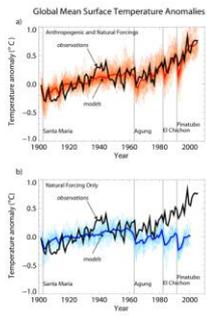
Les forçages anthropique + naturel sont des changements observés cohérents avec

- les réponses attendues des forçages
- avec des explications alternatives

L'essentiel de l'augmentation observée dans les températures moyennes globales depuis 1950 est dû à l'augmentation observée dans les gaz à effet de serre anthropogéniques

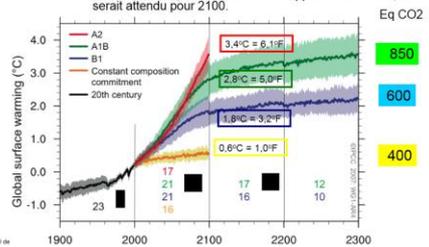
L'application des modèles mondiaux avec forçages naturels observés est la clé de cette compréhension

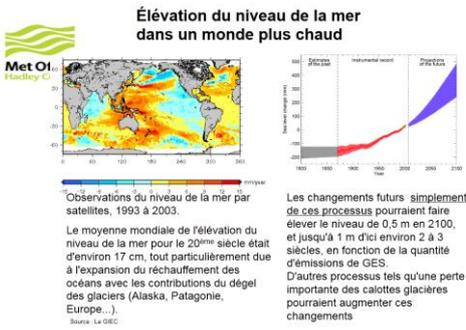
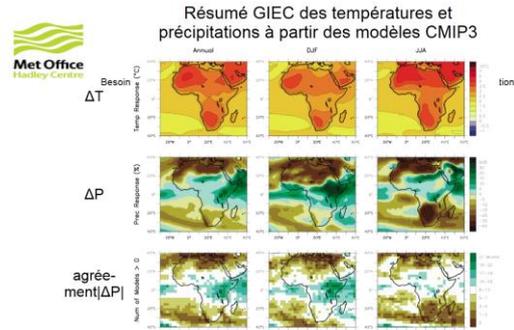
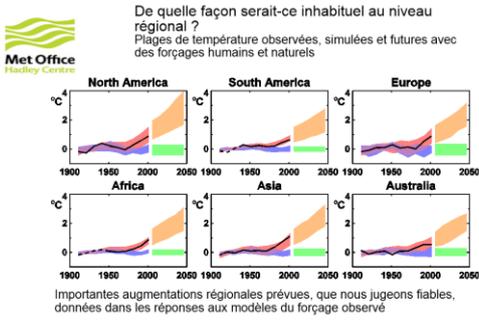
Source: La GIEC



Ce qui peut et va arriver

Le réchauffement augmentera si les émissions de GES augmentent. Si les émissions de GES étaient fixées aux niveaux actuels, un réchauffement supplémentaire de 0,6°C serait attendu pour 2100.



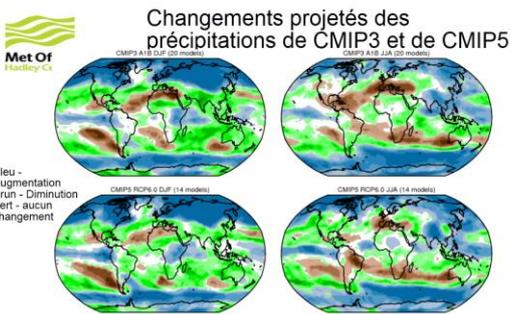


Prévisions des changements climatiques régionaux et projections

Les affirmations qui nous semblent fiables :

- La température saisonnière augmentera dans toutes les régions - processus compris, les modèles répondent correctement aux forçages observés
- Les niveaux de la mer s'élèveront dans toutes les régions - plage moyenne mondiale des observations et de la compréhension du processus, amplitude régionale due à la variabilité dépendante du modèle dans les structures
- La précipitation saisonnière changera dans toutes les régions - des énoncés significatifs peuvent être faits quand les processus dominants sont conduits par le réchauffement

Copyright Crown© de Met Office



Scénarios du changement climatique régional

Les scénarios de changement climatique régional disponibles incluent de claires prévisions (température, élévation du niveau de la mer), et projections dans les domaines qui nous semblent moins fiables (précipitations, tempêtes tropicales)

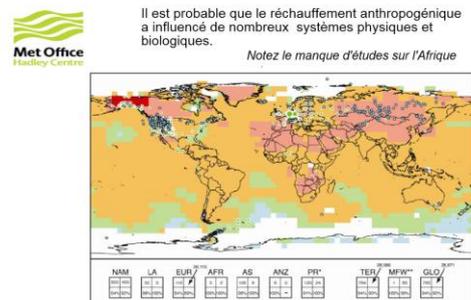
Ainsi nécessité d'une base claire pour la prise de décision, mais il est nécessaire que cela soit fait en utilisant des informations avec différents niveaux de fiabilité

La plupart des informations sont tirées des modèles climatiques globaux (MCG) qui ne fournissent pas de détails suffisants au niveau du pays

Copyright Crown© de Met Office

Changements observés et projetés en matière d'impacts

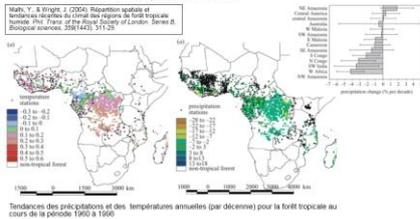
Copyright Crown© de Met Office





Tendances actuelles de la couverture des terres

- Tendence à la sécheresse sur la forêt tropicale de l'Afrique de l'Ouest



Démographie du lion

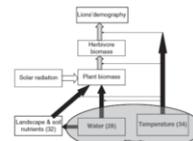


Diagramme des processus liant l'énergie et l'environnement à la diversité biologique du lion. Les flèches pleines indiquent les principales variables, les flèches grises indiquent les variables secondaires

Chelso, G. G., Townsend Peterson, A., Kerbis Pihlman, J. C., et Crooks, T. P. (2010). Contrôle du climat et du paysage de la démographie du lion africain (Panthera leo). *African Journal of Ecology*, 48(1), 59-71.

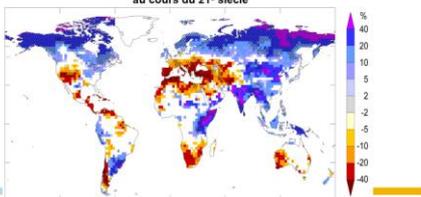


Eau

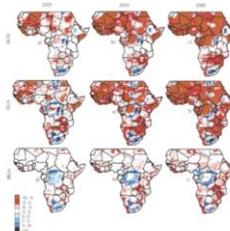
Il y a une haute probabilité que des centaines de millions de personnes seront exposées à l'augmentation du stress hydrique

Notez également le manque d'information concernant une grande partie de l'Afrique

Estimation des changements dans les eaux de ruissellement au cours du 21^e siècle



Espèces : Diversité végétale



Résumé

Le climat change en conséquence d'un renforcement de l'effet de serre et des rétroactions associées

Des changements significatifs ont déjà été observés et ceux-ci augmenteront probablement dans l'avenir

Les modèles climatiques globaux sont la clé de la compréhension et de la prévision des changements climatiques

Les prévisions incluent les augmentations de température et des niveaux de la mer dans toutes les régions

Les prévisions incluent les changements des précipitations saisonnières dans de nombreuses régions

Des changements significatifs ont déjà été observés et ceux-ci augmenteront probablement dans l'avenir

Copyright Crown© de Met Office

Chapitre 2. Modélisation du climat régional



Objectif de la session

- Passer en revue les différentes méthodes utilisées pour obtenir des informations climatiques détaillées à partir des sorties de modèles climatiques globaux (MCG), en mettant l'accent sur les modèles climatiques régionaux (MCR).

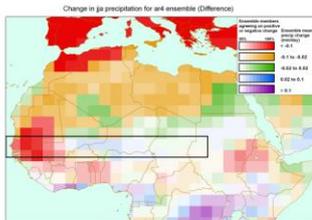
© Crown copyright. Met Office



Contexte...

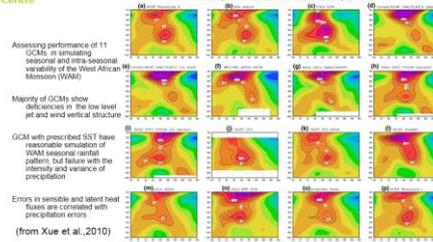
Adaptation aux effets du changement climatique...

- Fiabilité?
- Précision?



Difficultés de reproduire les caractéristiques du climat observé en Afrique de l'Ouest

West African Monsoon Modelling and Evaluation project (WAMME)



Qu'est-ce que le climat?

- Le climat n'est pas le temps. Le temps dispose d'une prévisibilité limitée à quelques jours seulement et représente des fluctuations rapides de l'état de l'atmosphère.
- Le système climatique est la couche superficielle mince de la planète dont les propriétés physiques régissent la vie des humains.
- Le climat fait référence aux caractéristiques de l'état moyen du système climatique dans son ensemble et sur une longue période de temps (typiquement 30 ans), incluant une description statistique de ses variations.
- Les variations du climat causées par des facteurs externes, peuvent être en partie prévisibles à l'échelle des régions et continents.

© Crown copyright. Met Office



Plan

1. Techniques de régionalisation du climat
 - Modèles régionaux de climat
2. Efforts internationaux de modélisation des variations du climat de l'Afrique de l'Ouest

© Crown copyright. Met Office



Techniques de régionalisation du climat?

- Ces techniques permettent de d'extraire des informations précises à partir des sorties des MCGs.
- Le climat d'une région résulte d'interactions entre le climat global et les caractéristiques physiographiques locales
- Les évaluateurs d'impact ont besoin des détails climatiques régionaux pour les études de vulnérabilité et définir des stratégies d'adaptation
- Les projections des MCGAO manquent de détails régionaux en raison d'une résolution spatiale grossière
- La réduction d'échelle en vue de l'évaluation des changements climatiques est différente de la réduction d'échelle des prévisions climatiques saisonnières

© Crown copyright Met Office



Passer du climat global au climat local...



Local / Regional: échelle spatiale requise pour les études d'impacts climatiques.

Continental: échelle à laquelle les sorties de Modèles de Circulation Générale (MCG) sont fiables.

© Crown copyright Met Office



Classification

- Statistique
 - Générateurs de climat
 - Fonctions de transfert
 - Typologie des climats
- Dynamique
 - Haute résolution et résolution variable des MCGA
 - Modèles climatiques régionaux
- Statistique/Dynamique

© Crown copyright Met Office



Techniques statistiques ou empiriques

A partir des données historiques :

$$\text{variable locale} = F(\text{variable(s) de grande échelle})$$

A partir des données de MCGAO :

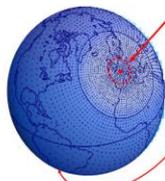
$$\text{Variable locale prévue} = F(\text{variable de grande échelle})$$

F est appliquée aux résultats du MCG futur en vue d'obtenir la future variable locale

© Crown copyright Met Office



Caractéristiques de la grille élastique des AMCG



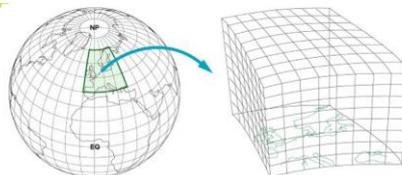
A cet endroit, la résolution spatiale est équivalente à une maille de grille d'environ 30 km.

La résolution spatiale est progressivement assouplie au fur et à mesure qu'on se déplace vers les antipodes (près de la Nouvelle-Zélande).

© Crown copyright Met Office



Les Modèles Climatiques Régionaux



Modélisation atmosphérique régionale : imbrication dans un modèle de circulation général

© Crown copyright Met Office



Critères de pertinence des techniques de régionalisation du climat

- Cohérence au niveau régional avec les projections globales
- Plausibilité physique et réalisme
- Adéquation des informations pour l'évaluation d'impacts
- Représentativité des futurs changements climatiques
- Accessibilité pour leur utilisation dans les études d'impacts

© Crown copyright Met Office



Pertinence des techniques de régionalisation

Méthode	Forces	Faiblesses
Statistiques	<ul style="list-style-type: none"> • Haute résolution • Peu coûteuses en terme de calcul 	<ul style="list-style-type: none"> • dépendent d'une relation empirique provenant du climat présent • dépendent de séries chronologiques longues et de bonne qualité • peu de variables sont disponibles • pas facilement transposables
MCGA Haute-résolution	<ul style="list-style-type: none"> • Haute (très haute) résolution • Peut présenter des extrêmes • Base physique 	<ul style="list-style-type: none"> • dépend de conditions en surface du modèle couplé océan-atmosphère • coûteux en terme d'ordinateurs • paramètre des processus de sous grille
Modèles régionaux	<ul style="list-style-type: none"> • Plusieurs variables • MCR: facilement Transposable 	<ul style="list-style-type: none"> • dépendent des conditions aux frontières latérales • conditions aux limites de surface • absence d'imbrication bidirectionnelle • paramètre différentes échelles

© Crown copyright Met Office



Plan

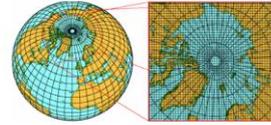
1. Techniques de régionalisation du climat
 - Modèles régionaux de climat
2. Efforts internationaux de modélisation des variations du climat de l'Afrique de l'Ouest

© Crown copyright Met Office



Modèles Climatiques Régionaux

- Couvrent uniquement une **portion limitée** de la planète
- Comme les MCGs, contiennent une représentation détaillée de l'atmosphère, des surfaces continentales et peuvent simuler l'évolution du temps (et du **climat**)



© Crown copyright Met Office



Paramétrisations physiques

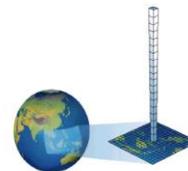
Dans les modèles climatiques, ce terme se réfère à la technique de représentation des processus qui ne peuvent pas être explicitement résolus à l'échelle de la résolution spatiale ou temporelle du modèle (c'est à dire les processus à l'échelle de la sous maille), par les relations entre la zone ou l'influence moyenne des processus à l'échelle de la sous maille et la circulation à grande échelle.

© Crown copyright Met Office



L'imbrication uni-directionnelle

- Un MCR est un Modèle à aire limitée (LAM), similaire à ceux utilisés en prévision du temps (NWP)
- Les MCR sont pilotés aux limites latérales par les sorties de MCG ou des données d'analyse...

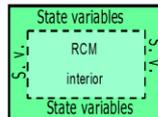


© Crown copyright Met Office



Les conditions aux limites latérales

- Méthode de relaxation (PRECIS, RegCM)
 - Forçage à grande échelle sur une zone tampon latérale
- Imbrication spectrale (CRCM)
- Forçage à grande échelle des composants à faible nombre d'onde
- Questions importantes
 - La résolution spatiale des données de référence
 - Mise à jour de la fréquence des données de référence



© Crown copyright Met Office



Conditions aux limites de surfaces océaniques

Deux méthodes pour obtenir la température de surface océanique (TSO) et l'épaisseur de la glace:

- Utiliser un MCGAO couplé
 - Nécessite une simulation de bonne qualité de la TSO et de la glace de mer dans le modèle
- Utiliser des observations
 - Pour la simulation du climat observé.
 - Dans le cas de simulation du climat futur, on peut combiner les valeurs observées avec les changements notés sur la TSO et de la glace produits par une simulation de MCG couplé

© Crown copyright Met Office



Validation du modèle de climat

- La validation du modèle est **ESSENTIELLE** :
 - Une simulation pourrait se faire sur des zones où la performance du modèle n'a jamais été testée
 - Permet de vous familiariser avec les caractéristiques du modèle
 - C'est un indicateur du niveau de crédibilité des résultats du MCR et de la meilleure manière dont ces résultats pourraient être utilisés

© Crown copyright Met Office



Evaluer l'exactitude avec laquelle le système de projection reproduit le climat actuel

- **Système modèle = MCG + MCR**
- **Question 1. Y a-t-il des incohérences dans le système modèle ?**
 - Entre les parties du système
 - Entre une partie du système et la "réalité"
- **Question 2. Si oui, pourquoi ?**
 - Biais systématique du modèle (erreur dans la conception physique du modèle)
 - Problèmes d'échantillonnage spatial (différences dans la résolution du modèle et des observations)
 - Erreurs d'observation (problèmes de grille, erreurs liées aux instruments)

© Crown copyright Met Office



Types de validation

- Ces techniques peuvent être appliquées à quatre types de validation :
 - 1) MCG vs. observations
 - 2) MCR dérivant d'un MCG vs. MCG
 - 3) MCR dérivant d'un MCG vs. observations
 - 4) MCR dérivant d'observations vs. Observations
- Le niveau de la validation dépend de votre schéma expérimental. Par exemple :
 - Etudes de sensibilité/processus avec les conditions aux limites observées 4)
 - Changement climatique : 2) et 3), peut-être 1)

© Crown copyright. Met Office



1) Mesurer le réalisme du MCG



- Comparer ce qui est comparable
 - Seul le MCG est applicable aux échelles spatiales résolues par sa grille (large)
 - Agréger ou interpoler les données du MCG ou d'observation
- Ne peut pas comparer les années individuelles du MCG avec les années observées
 - Ne peut pas garantir que la réponse atmosphérique aux forçages externes modélisés (exemple : TSO, CO₂) va correspondre avec celle de l'atmosphère réelle

© Crown copyright. Met Office



2) Evaluer la cohérence entre MCR et MCG

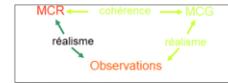


- Question : A quel point le MCR entre-t-il en contradiction avec le MCG
 - Très important dans un contexte de changement climatique
- Nécessité d'inclure la variabilité interannuelle dans la comparaison
 - Certaines années, l'importance du forçage frontières sera plus grande que les autres ; au moins trois années afin d'inclure toute variabilité interannuelle
- Examiner les saisons séparément pour confirmer un comportement sous des régimes de forçage généralement différents

© Crown copyright. Met Office



3) Evaluer dans quelle mesure le MCR reflète bien le climat actuel

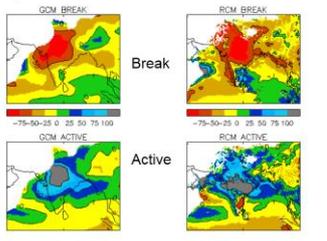


- Comparer ce qui est comparable
 - Un MCR est fiable uniquement aux échelles spatiales résolues par sa grille (fine)
 - Nécessité d'agréger ou interpoler les données du MCR ou d'observation
- On ne peut pas comparer les années individuelles du MCR avec les années observées correspondantes (pour les mêmes raisons qu'avec le MCG)
- Les erreurs sont la combinaison de trois sources :
 - 1) Erreurs physiques dans le MCG affectant les CLs (conditions aux limites latérales)
 - 2) Erreurs de cohérence entre le MCR et le MCG
 - 3) Erreurs physiques dans le MCR

© Crown copyright. Met Office



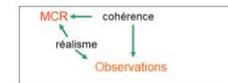
Variabilité intra saisonnière de la Mousson indienne : phases active/secession de la pluviométrie



© Crown copyright. Met Office



4) Expériences dérivées de la ré-analyse



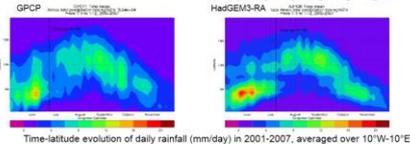
- Les CLs "quasi-observationnelles" permettent une validation alternative du MCR, en testant la capacité du modèle en l'absence d'erreurs de grande échelle inhérentes au MCG
- Les CLs sont celles d'un MCG de la seule atmosphère qui se limite aux observations de satellites, de sondes, de stations terrestres, de navires, de bouées, etc.
- Le MCR est forcé par des reproductions de la réalité tant au plan externe (exemple : températures observées à la surface de l'océan - TSO) qu'au niveau interne (CLs quasi-observées)
- Ouvrant ainsi la possibilité de comparaisons entre le MCR et les observations pour des périodes ou des événements particuliers

© Crown copyright. Met Office



Intraseasonal variability of precipitation (onset)

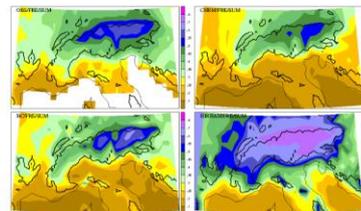
Definition of Onset: Date at which the main precipitation area migrates north of 10°N (using temporally smoothed data averaged over 10°W-10°E)



© Crown copyright. Met Office



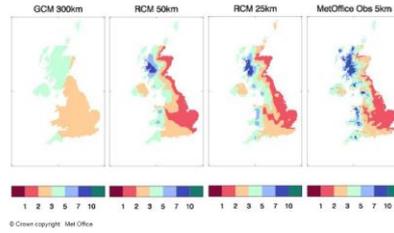
Fréquence des jours pluvieux pour 3 MCR au-dessus des Alpes, en été, comparée aux observations



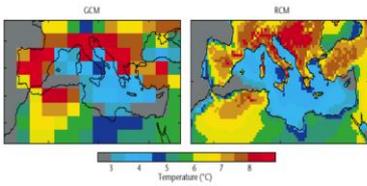
© Crown copyright. Met Office



Les MCRs simulent le climat de façon réaliste: cas des précipitations hivernales



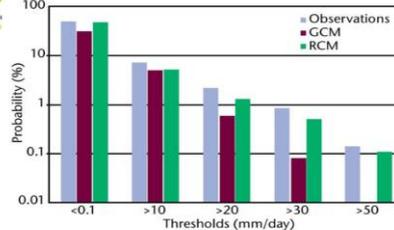
Représenter de plus petites îles



Changements prévus de la température à la surface de la terre, en été, de nos jours et la fin du 21e siècle.



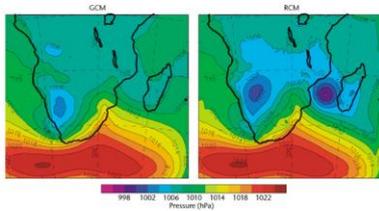
Simulate and predict changes in extremes more realistically with higher resolution



Frequency of winter rainy days over the Alps with different thresholds



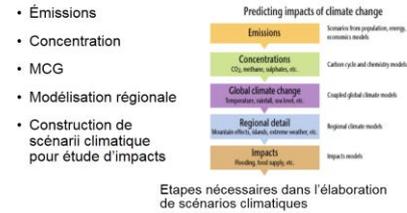
Simuler les cyclones tropicaux



© Crown copyright Met Office



Incertitudes des scénarii d'impacts



© Crown copyright Met Office

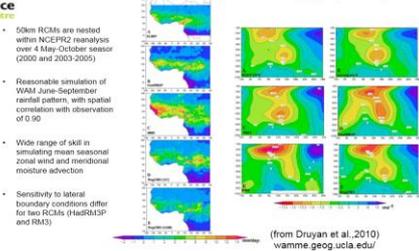
Plan

- Techniques de régionalisation du climat
 - Modèles régionaux de climat
- Efforts internationaux de modélisation des variations du climat de l'Afrique de l'Ouest

© Crown copyright Met Office



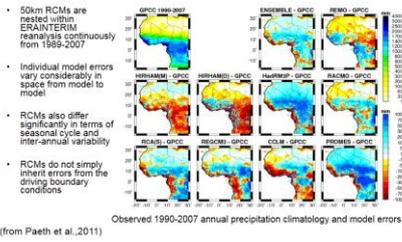
Leçons des récents projets d'inter-comparaison West African Monsoon Modelling and Evaluation project (WAMME)



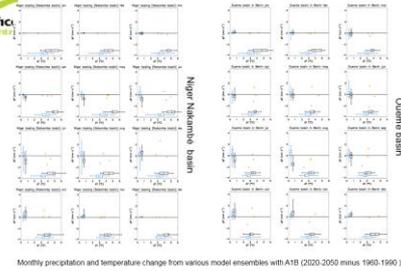


Le projet ENSEMBLES-AMMA

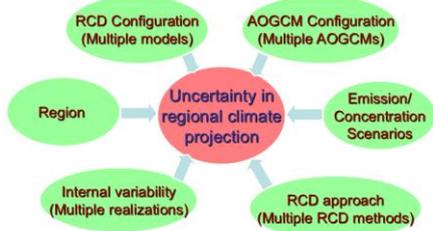
<http://ensemblesr3.dmi.dk/>



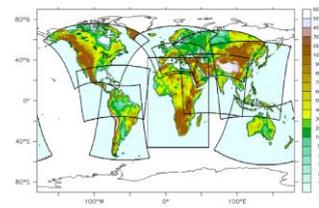
Climate projections uncertainty



Le projet CORDEX : échantillonner les différentes sources d'incertitudes associées aux techniques de régionalisation du climat



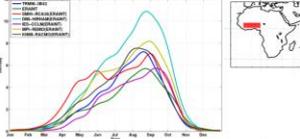
DOMAINES CORDEX (sauf Arctique & Antarctique)



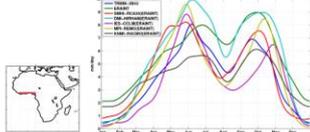
- Multiples regions: 12 domaines d'environ 50x50km² de résolution spatiale
- Intérêt initial pour l'Afrique
- Fine resolution ~0.11°x0.11°: Europe, Afrique et Asie de l'Est



northern west Africa region



southern west Africa region



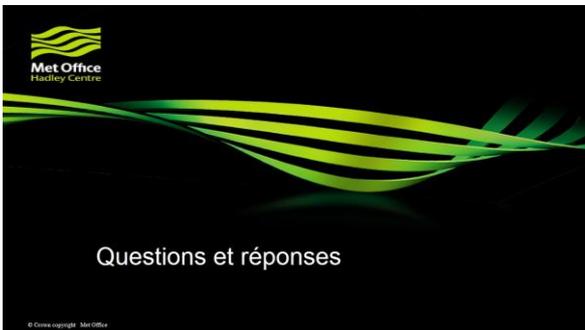
© Crown copyright Met Office



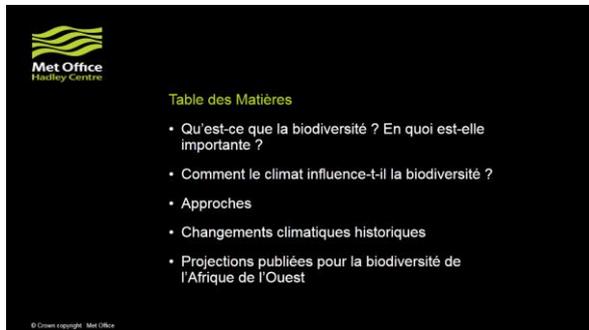
Conclusions

- Les techniques de régionalisation du climat sont utilisées pour extraire des informations climatiques d'échelle fine à partir des projections MCGs
- Plusieurs méthodes de régionalisation du climat existent et disposent toutes de qualités (et défauts)
- Le modèle climatique régional est un outil basé sur des principes physiques et mathématiques, et facilement accessible pour générer des scénari climatiques de fine résolution spatiale
- Seuls les méthodes dynamiques de prédiction de changement climatique sont capables de fournir des scénari climatiques réalistes et cohérents.
- Le choix de la méthode de régionalisation du climat rajoute un degré d'incertitude lors de l'évaluation des effets du changement climatique sur les environnements et la société

© Crown copyright Met Office



Chapitre 3. Climat et biodiversité : Changements passés observés et changements futurs projetés



Qu'est-ce que la biodiversité ?



© Crown copyright Met Office



Qu'est-ce que la biodiversité ?

- Diversité de tous les organismes vivants
- Taxon : Plantes, Mammifères, Oiseaux, Vertébrés
- Diversité génétique
- Valeur sociale
- Valeur environnementale
- Valeur économique

© Crown copyright Met Office



Qu'est-ce que la biodiversité ?

- Diversité de tous les organismes vivants
- Taxon : Plantes, Mammifères, Oiseaux, Vertébrés
- Diversité génétique
- Valeur sociale
- Valeur environnementale
- Valeur économique

Services écosystémiques

© Crown copyright Met Office



En quoi est-elle importante ?

- Bon fonctionnement des écosystèmes
 - Chaîne alimentaire
 - Recyclage de l'eau
- Conservation des systèmes agricoles
 - Pastoral : pâturage des troupeaux nomades
 - Arable : liens avec les modèles de précipitations
- Conservation du système climatique
 - Stocke le carbone et l'humidité
- Raisons économiques
 - Viande de brousse dans des conditions durables
 - Tourisme
 - Lutte contre la pauvreté

© Crown copyright Met Office



Comment le temps/climat influence-t-il la biodiversité ?

Croissance	
Déclin	

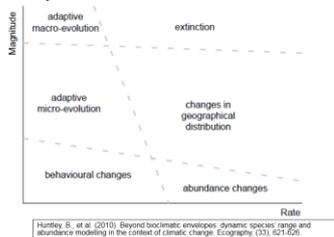
Comment le temps/climat influence-t-il la biodiversité ?

Croissance	Agrandir les niches climatiques Reproduction Dispersion Fertilisation CO ₂ Utilisation des eaux plus efficace
Déclin	

Comment le temps/climat influence-t-il la biodiversité ?

Croissance	Agrandir les niches climatiques Reproduction Dispersion Fertilisation CO ₂ Utilisation des eaux plus efficace
Déclin	Niche climatique en cours de changement Espèces envahissantes Conditions extrêmes – sécheresse, inondations Modifie la dépendance entre espèces Changements à grande échelle de l'écosystème

Magnitude et rythme du changement climatique



Exercice

- Quelles espèces trouve-t-on dans votre pays ?
- Quels sont les bénéfices de la biodiversité dans votre pays ?
- Comment ces espèces peuvent-elles dépendre ou affecter le climat ?



Preuve du changement

- Dans l'hémisphère nord, les limites d'élévation supérieure des frontières septentrionales se sont déplacées, en moyenne, de 6.1 km par décennie vers le nord ou de 6.1 m par décennie à la hausse (P < 0.02) (Parmesan & Yohe 2003).
- Les réponses phénologiques donnent une estimation d'une avancée de 2.3 jours par décennie pour l'ensemble des espèces (Parmesan & Yohe 2003)
- 5.1 jours par décennie pour les espèces démontrant les principaux changements (Root et al. 2003).



Changements phénologiques

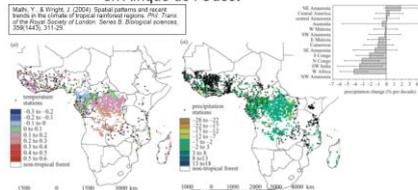
- Les régions tempérées (esp. Europe et Amérique du Nord) disposent d'informations solides à long terme
- Les populations de papillons sensibles aux températures printanières
- Informations sur la floraison du cerisier japonais (Menzel & Dose, 2005):
 - 1400-1900 pas de tendance significative
 - Point de changement début 1900 statistiquement significatif
 - Progression constante depuis 1952
- Les températures d'avril-août expliquent la variation de 84% des vendanges en Europe

© Crown copyright Met Office



Tendances en matière d'occupation des terres actuelles en Afrique de l'Ouest

- Tendance d'assèchement des forêts tropicales



Les tendances des températures et précipitations annuelles (par décennie) sur la forêt tropicale pour la période 1900-1999



Démographie : lion

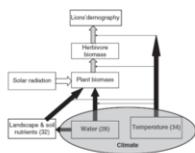


Diagramme des processus connectant énergie et environnement à la biodiversité du lion. Les flèches en gras indiquent les principales variables; les flèches fines indiquent les variables secondaires

Ceballos, G. G., Townsend Peterson, A., Karim Paterson, J. C., & Donohue, S. P. (2012). Climate and landscape correlates of African lion (Panthera leo) demography. African Journal of Ecology, 48(1), 50-57

© Crown copyright Met Office



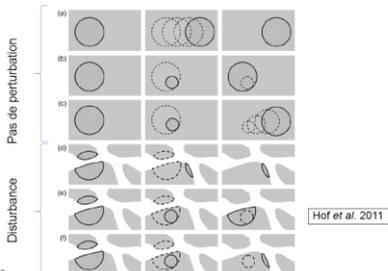
Approches

- Modèles d'Enveloppe Bioclimatique (Alias Modèles de Niche ; Modèles de Distribution des Espèces)
- Extrêmes / seuils pouvant être utiles aux écosystèmes
- Modèle Dynamique Global de la Végétation

© Crown copyright Met Office



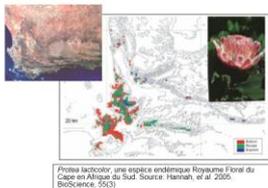
Déplacement des niches bioclimatiques



© Crown copyright Met Office



Modèles d'Enveloppe Bioclimatique

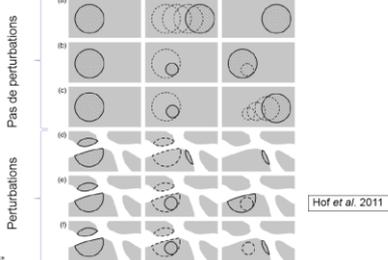


Protea laurifolia, une espèce endémique Royaume-Uni de l'Inde au Cap de l'Afrique du Sud. Source: Harman, et al., 2002. BIOScience, 55(3)

© Crown copyright Met Office



Déplacement des niches bioclimatiques



© Crown copyright Met Office



Points manquants

- Variabilité climatique – décadaire / interannuelle / saisonnière
- Capacité de dispersion
- Dynamique de la population – interaction / compétition
- Capacité d'adaptation – réponses mécaniques
- Réponse à des taux de CO₂ élevés
- Facteurs non-climatiques
- Perturbations
- Espèces – hypothèses de courbe de la zone

© Crown copyright Met Office



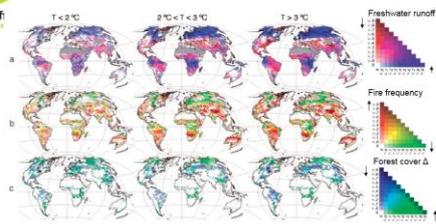
Approches

- Modèles d'Enveloppe Bioclimatique (Alias Modèles de Niche ; Modèles de Distribution des Espèces)
- Extrêmes / seuils pouvant être utiles aux écosystèmes
- Modèle Dynamique Global de la Végétation

© Crown copyright Met Office



Extrêmes et seuils

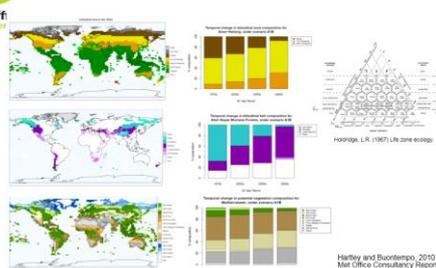


Schobe et al. 2006. A climate-change risk analysis for world ecosystems. PNAS 103:13116-20.

© Crown copyright Met Office



Extrêmes et seuils



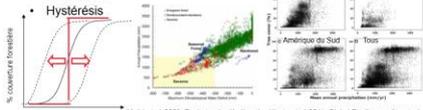
Holmgren and Suding 2013. Met Office Consultancy Report pour WWF

© Crown copyright



Points manquants

- Sensibilité aux seuils de dépassement ?
- Réponses mécaniques – les espèces s'adapteront-elles ?
- Inertie microclimatique, ou changement rapide dû à des incendies ?
- Hystérésis



Muller et al. 2009. Exploring the likelihood and mechanism of a climate change-induced dieback of the Amazon rainforest. PNAS, 2009. Hobbie et al. 2011. Global Resilience of tropical forest and savanna to critical transitions. Science, 334.

© Crown copyright Met Office



Approches

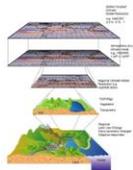
- Modèles d'Enveloppe Bioclimatique (Alias Modèles de Niche ; Modèles de Distribution des Espèces)
- Extrêmes / seuils pouvant être utiles aux écosystèmes
- Modèle Dynamique Global de la Végétation

© Crown copyright Met Office



Modèle dynamique global de végétation

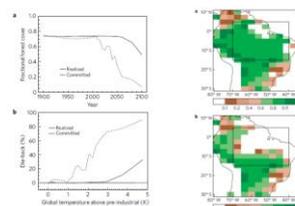
- Interactions entre l'atmosphère et la surface terrestre
- Compétition entre types fonctionnels végétaux
- Cox et al. 2004 "Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections" (déprissement des forêts amazoniennes selon les projections du cycle climat-carbone)
 - Interactions entre l'atmosphère-terre
 - Compétition simple entre les types fonctionnels végétaux
 - Tendances possibles à l'assèchement dans certaines parties de l'Amazonie



© Crown copyright Met Office



Modèle dynamique global de végétation



Jones et al. 2004. Committed terrestrial ecosystem changes due to climate change. Nature Geoscience, 2(7)

© Crown copyright Met Office



Points manquants

- Destiné à caractériser les interactions terre-atmosphère
- Nombre limité de PFT
- Faible validation par rapport aux observations relatives à l'occupation des terres
- Difficultés à communiquer les incertitudes aux non-experts

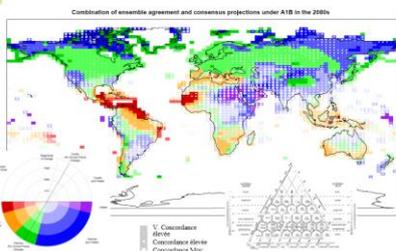
© Crown copyright Met Office

Projections pour la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest

Quel pourrait être l'impact du climat sur la biodiversité à l'avenir ?



Ecosystèmes terrestres à grande échelle

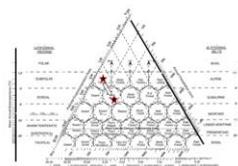


© Crown copyright



Ecosystèmes terrestres à grande échelle : Classifications Holdridge

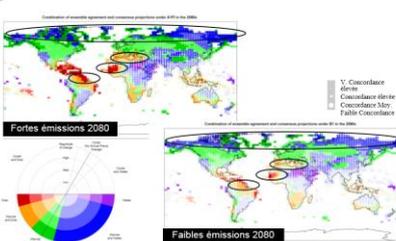
- Combinaison de :
 - Biotempérature – températures moyennes pendant la saison de croissance
 - Précipitations annuelles
- Peuvent-êtr utilisées pour classer :
 - Zones latitudinales
 - Zones Altitudinales
 - Potentiel de végétation
- Magnitude des changements entre le climat présent et futur



© Crown copyright Met Office



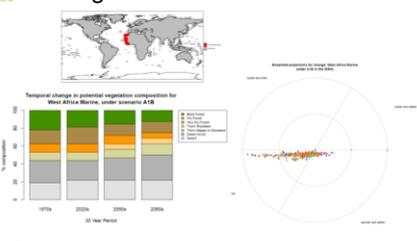
Ecosystèmes terrestres à grande échelle



© Crown copyright Met



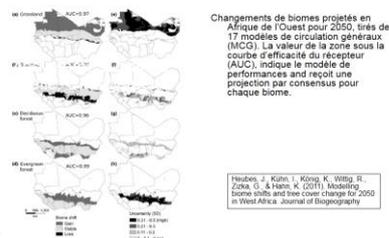
Ecosystème à grande échelle: Changements



© Crown copyright Met Office



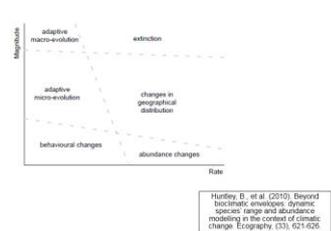
Ecosystème à grande échelle: Changements



© Crown copyright Met Office



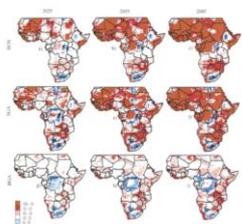
Espèces : réponses théoriques



© Crown copyright Met Office



Espèces : Diversité végétale



5197 espèces végétales africaines en 2025, 2055, et 2085

Une baisse de 81%-97% des espèces végétales africaines est projetée tant en taille et/ou déplacement

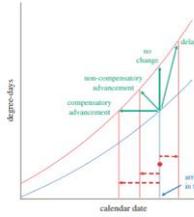
Perte de 25%-42% projetée de la totalité de leurs zones d'ici 2085

Stewart, C. J., Lovell, J. H., Kuhn, P., Tatem, L., Harding, J., Burhill, W., Terrence, M. et al. (2015) African Plant Diversity and Climate Change. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 102, 139-152.

© Crown copyright Met Office



Espèces : Oiseaux migrateurs

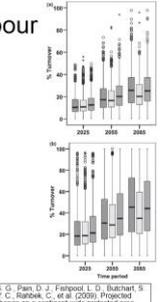
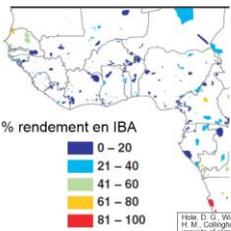


Sains, N., Anderson, R., Rubini, D., von Hardenberg, J., Proenca, A., Rippe, K., ... et al. (2011) Climate warming drives migratory birds to arrive earlier in the past. *Proceedings of the Royal Society*, 378(17), 431-42.

© Crown copyright Met Office



Sites importants pour les oiseaux (IBA)



Hew, D. G., Wilts, S. G., Parn, D. J., Fairhead, L. D., Bulthart, S. H. M., Lodgepole, V. C., ... et al. (2009) Projected impacts of climate change on a continental-wide protected area network. *Ecology Letters*, 12(5), 403-31.

© Crown copyright Met Office



Climat et biodiversité

Intégrer la science climatique aux mesures d'adaptation

© Crown copyright Met Office



Comment soutenir les adaptations aux changements climatiques

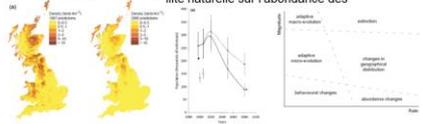
- Comprendre :
 - Les vulnérabilités existantes liées au climat
 - Extrêmes Climatiques et leurs raisons
 - Manières dont la gamme des espèces peut se déplacer en réponse aux changements climatiques
- Surveillance, alertes précoces et prévisions saisonnières
- Projections climatiques et incertitudes
- Soutien à la planification de l'utilisation des terres

© Crown copyright Met Office



Comprendre: de meilleures données sur la biodiversité

- Compréhension améliorée de:
 - Facteurs stimulants pour la sensibilité des espèces et écosystèmes aux changements



GLM par rapport à la densité d'élevage modélisé de 4 espèces d'oiseaux comme fonction de l'utilisation climatique et des terres

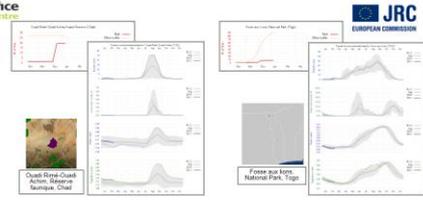
Bauer, et al. (2011) La modélisation des changements dans l'abondance des espèces en réponse aux changements climatiques croissants. *Diversity and Distributions*

Hurlley, B. et al. (2010) Beyond bioclimatic envelopes: dynamic species range and abundance modeling in the context of climate change. *Ecography*, 33(3), 621-626.

© Crown copyright Met Office



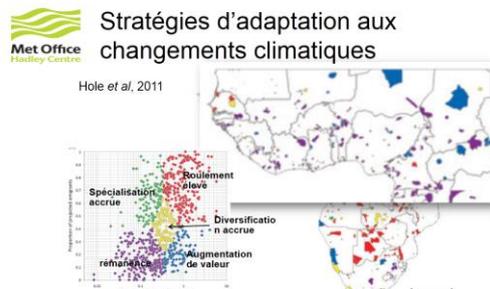
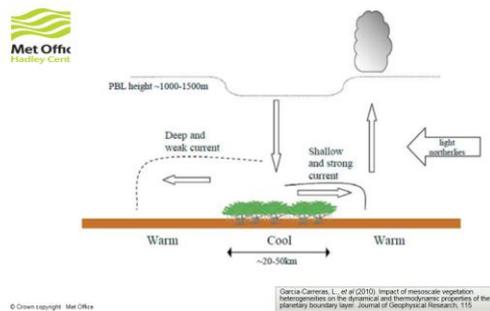
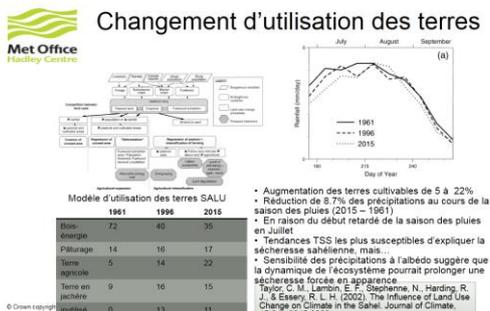
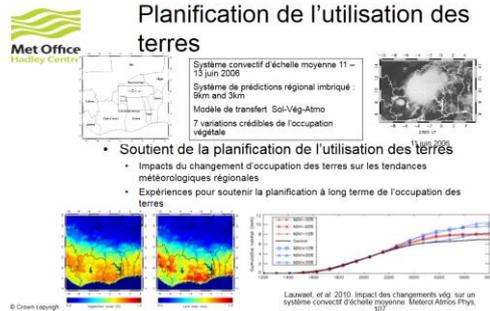
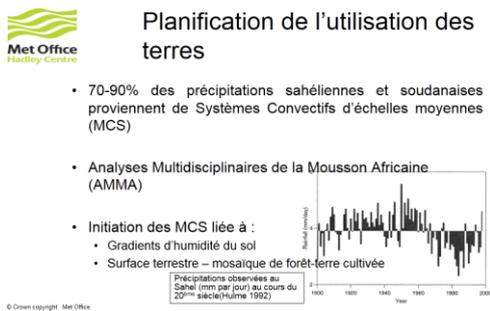
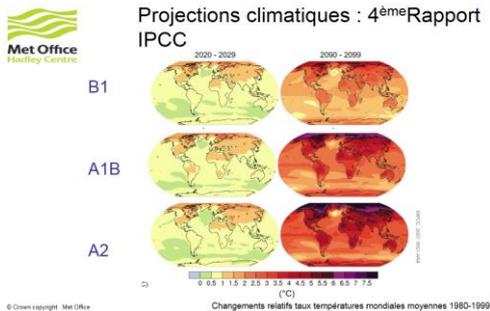
Surveillance et alertes précoces



Leçons tirées des observations de la terre, de la surveillance et des prévisions saisonnières

The Assessment of African Protected Areas (2007) Hartley, A., Nelson, A., Mayaux, P. and Hégoins, J.M. JRC Scientific and Technical Reports. Office des Publications Officielles des Communautés Européennes, Luxembourg, EUR 22780 EN. <http://thorval.jrc.ec.europa.eu/APAA/>

© Crown copyright Met Office





Stratégies d'adaptation aux changements climatiques

5 scénarii potentiels d'émigration / colonisation / rémanence :

- Restauration et création de l'Habitat
- Perturbations dans la gestion du régime (par ex. Incendie, inondation, pâturage)
- Translocation – émigration assistée
- Accroître la taille des sites
- Structure des peuplements aménagée pour une migration aisée

Hole et al., 2011

© Crown copyright Met Office



Chapitre 4. Application de l'information climatique à l'évaluation des adaptations



Application des informations climatiques à l'évaluation des adaptations

Richard Jones, Met Office: PARCC-WA atelier de travail régional sur les informations climatiques afin d'améliorer la capacité de récupération des zones protégées. 23-25 avril 2012.

© Crown copyright Met Office



Aperçu

- Exemples d'informations disponibles sur le changement climatique
- Contexte décisionnel
- Exigences des informations climatiques
- Utilisation d'informations détaillées sur les changements climatiques pour motiver des stratégies de réponse
- Explorer les options d'adaptation en utilisant des informations détaillées sur les changements climatiques

© Crown copyright Met Office

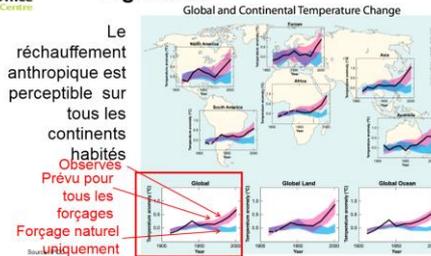


Exemples d'informations à disposition sur les changements climatiques

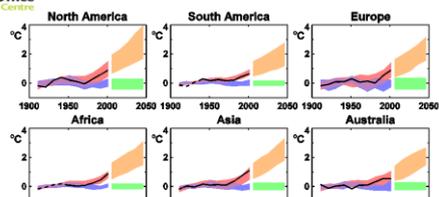
© Crown copyright Met Office



Comprendre et attribuer les changements climatiques régionaux



Changements des températures régionales jusqu'en 2050 comparés aux changements observés



« Prévisions » relatives à la hausse significative des températures régionales dans lesquelles nous avons confiance compte tenu des modèles de réponses au forçage observé

Source: IPCC

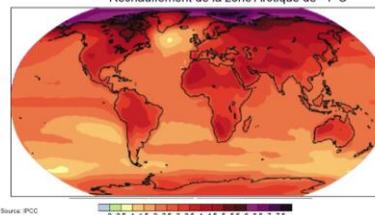


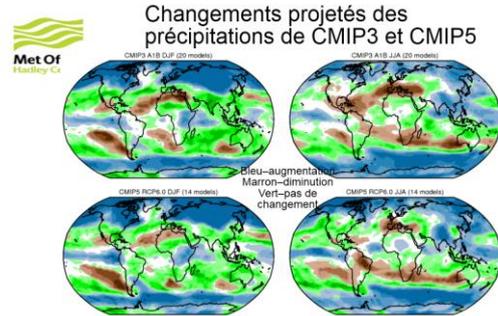
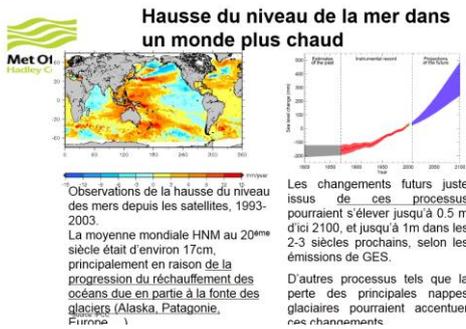
Avec des émissions A1B (typiques « d'activités habituelles ») la moyenne des projections du modèle climatique CMIP3 a :

Réchauffement planétaire au niveau mondial de 2.8°C d'ici 2090-2099;

Réchauffement de ~3.5°C de la plupart des zones terrestres

Réchauffement de la zone Arctique de ~7°C





Le contexte décisionnel

© Crown copyright Met Office

Facteurs stimulants de changements dans les systèmes naturels et humains

- L'identification du changement climatique comme menace potentielle (ou opportunité) motive l'examen de la sensibilité des systèmes au climat (changement)
- (Remarque que cela peut souvent aboutir à la réalisation que les systèmes sont vulnérables à la variabilité du climat et bénéficieraient de l'application des informations sur le climat, comme par exemple les prévisions saisonnières)*
- Les systèmes sont généralement sensibles à une gamme de facteurs stimulants non-climatiques et leur importance relative vis-à-vis des facteurs stimulants doit être évaluée.

© Crown copyright Met Office

Autres facteurs stimulants et obstacles aux actions

- Le processus décisionnel peut être entravé par des considérations pratiques telles que l'échelle de temps qui exige que les décisions soient prises avec des informations loin d'être idéales
- Cela implique que des déclarations claires relatives à la limitation des informations sont importantes ainsi que la volonté d'engager un processus décisionnel utilisant des informations incomplètes ou de mauvaise qualité
- Les obstacles peuvent inclure la structure du cadre institutionnel et des voies de communications inappropriées

© Crown copyright Met Office

Exigences des informations climatiques

© Crown copyright Met Office

L'évaluation des informations sur les impacts et l'adaptation doit être variée et souvent détaillée

Les applications des informations climatiques sont variées, par exemple :

- Gestion de l'infrastructure de transport
- Modélisation Hydrologique/hydraulique pour les prévisions d'inondations en milieu urbain
- Définir des indices de sécheresse liés aux impacts du changement climatiques sur les cultures
- Modélisation des ondes de tempête à des fins de protection du littoral

Les exigences relatives aux informations pour ces applications peuvent être très différentes ainsi que la qualité des données climatiques disponibles

Comprendre les caractéristiques des informations sur les précipitations pour les prévisions de rendement des cultures

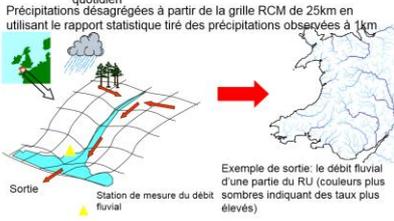
Année	Tot. précipitations (mm)	Rendement (kg/ha)
1975	394mm	1360 kg/ha
1981	389mm	901 kg/ha

- Le total des précipitations saisonnières pour les deux années est similaire
- Rendement total en 1975 supérieur de 50% à celui de 1981
- Implique qu'il est important de capturer le moment des précipitations dans la saison (selon leur pertinence par rapport au développement des cultures)



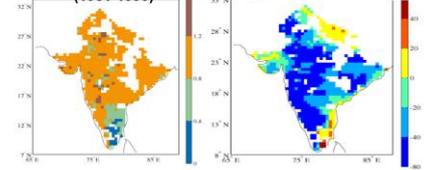
Appliquer un modèle de flux de rivière à une grille de 1km au RU

- Une résolution de 1km est nécessaire pour représenter les rivières au RU
- Exige des précipitations horaires et le potentiel d'évaporation quotidien



Changement de la culture des arachides en Inde

Taux de rendement de simulé à observé (1961-1990) Pourcentage des changements du rendement moyen pour 2071-2100 par rapport à 1961-1990



Culture étudiée sensible aux températures supérieures à 28°C - d'où une température quotidienne maximum requise pour la modélisation des rendements et des précipitations, taux d'humidité, radiation solaire etc



Implications des informations nécessaires lors de l'évaluation des impacts climatiques

- De multiples variables climatiques sont souvent nécessaires
- Des informations peuvent être nécessaires selon une haute résolution temporelle et spatiale
 - Les détails temporels peuvent impliquer des délais quotidiens pour saisir les maxima/minima et la variabilité en sous-saison
 - Une haute résolution spatiale est souvent nécessaire pour permettre de représenter, de manière réaliste le système physique en cours d'étude
- Les seuils de certaines variables peuvent être importants

© Crown copyright Met Office



En utilisant des informations climatiques détaillées pour motiver des réponses stratégiques

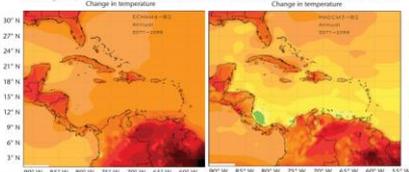
© Crown copyright Met Office



Importants changements de températures prévus sur de vastes zones

- Une modélisation en haute résolution présente un message cohérent sur le réchauffement de vastes étendues terrestres et ce même avec des changements de température des mers différents

- Changements de températures >3K d'ici 2080 au titre du scénario B2

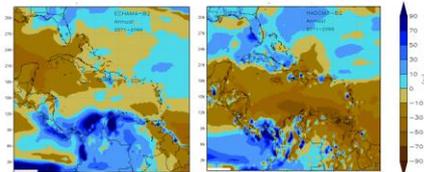


© Crown copyright Met Office



Le message en matière de changements de précipitations est moins clair

- Changements des précipitations jusqu'à +/- 20% d'ici 2080 au titre du scénario B2



© Crown copyright Met Office



Impact sur les cultures Caribéennes d'une augmentation de la température de 2°C

Crop	Temperature Change (°C)	% Change in Precipitation	Yield (kg/ha)	Change in Yield
Rice	0	0	3356	
	+2	+20	3014	-10%
	+2	-20	2888	-14%
Beans	0	0	1354	
	+2	+20	1164	-14%
	+2	-20	1093	-19%
Maize	0	0	4511	
	+2	+20	3737	-22%
	+2	-20	3759	-17%

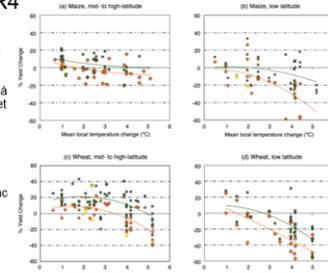
© Crown copyright Met Office



Réponse des cultures à la gamme de changements projetés des IPCC AR4

Signal général de changements mineurs ou d'augmentation à des lat. hautes et de diminution à des lat. basses (avec et sans effet CO₂)

Une réponse possible est donc de changer la répartition mondiale des cultures





Explorer les options d'adaptation en utilisant les informations détaillées sur le changement climatique

© Crown copyright Met Office



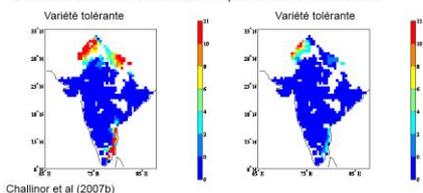
Exemples d'évaluation des options d'adaptation

- 1) Adapter l'agriculture aux changements climatiques
 - a) Comment le climat va-t-il évoluer ?
 - b) Quel est l'impact sur les cultures ?
 - c) Des options appropriées existent pour l'adaptation
- 2) Adapter l'infrastructure aux changements climatiques
 - Comment le climat va-t-il évoluer ?
 - L'infrastructure va-t-elle pouvoir faire face aux changements ?
 - Que se passe-t-il si aucune option n'est disponible ?



Adaptation génotypique en cas de fortes températures

- Modèle Hadley Centre PRECIS, A2 (fortes émissions) scénario 2071-2100
- Impact du scénario climatique sur le nombre d'années en cas de baisse de 50% des cultures sensibles à la température et variété tolérante




Evaluer la capacité d'adaptation en utilisant les ensembles climatiques des cultures : Inde

+ de 180.000 simulations de cultures, en utilisant un ensemble de changements climatiques et les réponses des cultures en résultant

Les simulations suggèrent : 30% d'augmentation des exigences de temps thermique peut être nécessaire

Les études de terrain suggèrent : 14 à 40% d'augmentation disponible avec la génétique actuelle

=> Une certaine capacité d'adaptation

Augmentation des exigences de temps thermique

Challinor et al. (2009a)



Barrière de la Tamise à l'épreuve du Climat



- Derived river network
- Thames Basin
- Raingauges

- Hadley Centre, POL, CEH risque d'inondation futur évalué à Londres
- Pics d'inondations d'ici 2080 pourraient augmenter de 40%
- Hausse maximum du niveau des eaux estuaires pourrait augmenter de 2.7m d'ici 2080
- Protection actuelle suffisante jusqu'en 2030, puis réviser la décision




Résumé

- Les températures saisonnières et les niveaux de la mer augmenteront et les précipitations saisonnières changeront dans de nombreuses régions
- Base claire du processus décisionnel mais besoin d'informations avec divers niveaux de confiance
- Des informations plus détaillées sont souvent nécessaires, sont parfois disponibles ou peuvent être générées
- Cela permet l'évaluation des impacts et des options d'adaptation et donc peut motiver des stratégies de réponse

© Crown copyright Met Office



Questions et discussion

© Crown copyright Met Office

Chapitre 5. Projections climatiques pour l'Afrique de l'Ouest



Application des informations climatiques à l'évaluation des adaptations

Richard Jones, Met Office: PARCC-WA atelier de travail régional sur les informations climatiques afin d'améliorer la capacité de récupération des zones protégées. 23-25 avril 2012.

© Crown copyright Met Office



Aperçu

- Exemples d'informations disponibles sur le changement climatique
- Contexte décisionnel
- Exigences des informations climatiques
- Utilisation d'informations détaillées sur les changements climatiques pour motiver des stratégies de réponse
- Explorer les options d'adaptation en utilisant des informations détaillées sur les changements climatiques

© Crown copyright Met Office

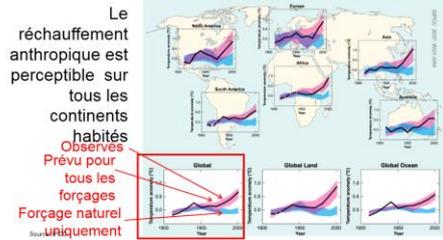


Exemples d'informations à disposition sur les changements climatiques

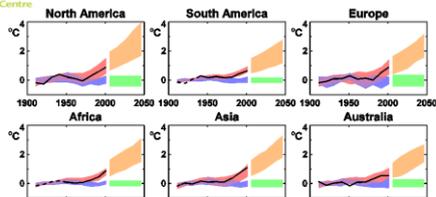
© Crown copyright Met Office



Comprendre et attribuer les changements climatiques régionaux



Changements des températures régionales jusqu'en 2050 comparés aux changements observés



« Prévisions » relatives à la hausse significative des températures régionales dans lesquelles nous avons confiance compte tenu des modèles de réponses au forçage observé

Source: IPCC

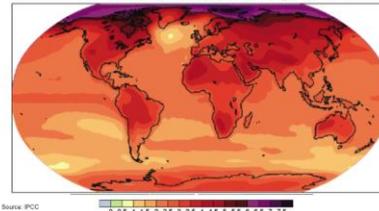


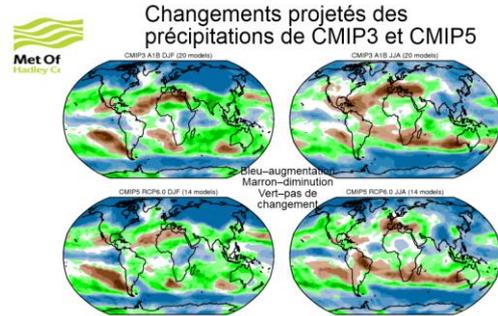
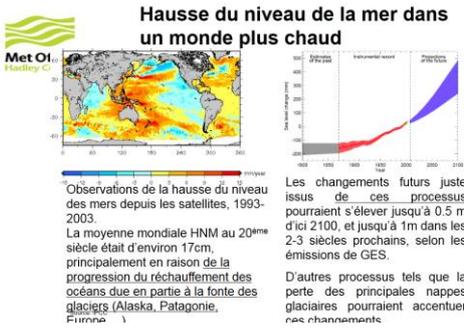
Avec des émissions A1B (typiques « d'activités habituelles ») la moyenne des projections du modèle climatique CMIP3 a :

Réchauffement planétaire au niveau mondial de 2.8°C d'ici 2090-2099;

Réchauffement de ~3.5°C de la plupart des zones terrestres

Réchauffement de la zone Arctique de ~7°C





Le contexte décisionnel

© Crown copyright Met Office

Facteurs stimulants de changements dans les systèmes naturels et humains

- L'identification du changement climatique comme menace potentielle (ou opportunité) motive l'examen de la sensibilité des systèmes au climat (changement)
- (Remarque que cela peut souvent aboutir à la réalisation que les systèmes sont vulnérables à la variabilité du climat et bénéficieraient de l'application des informations sur le climat, comme par exemple les prévisions saisonnières)*
- Les systèmes sont généralement sensibles à une gamme de facteurs stimulants non-climatiques et leur importance relative vis-à-vis des facteurs stimulants doit être évaluée.

© Crown copyright Met Office

Autres facteurs stimulants et obstacles aux actions

- Le processus décisionnel peut être entravé par des considérations pratiques telles que l'échelle de temps qui exige que les décisions soient prises avec des informations loin d'être idéales
- Cela implique que des déclarations claires relatives à la limitation des informations sont importantes ainsi que la volonté d'engager un processus décisionnel utilisant des informations incomplètes ou de mauvaise qualité
- Les obstacles peuvent inclure la structure du cadre institutionnel et des voies de communications inappropriées

© Crown copyright Met Office

Exigences des informations climatiques

© Crown copyright Met Office

L'évaluation des informations sur les impacts et l'adaptation doit être variée et souvent détaillée

Les applications des informations climatiques sont variées, par exemple :

- Gestion de l'infrastructure de transport
- Modélisation Hydrologique/hydraulique pour les prévisions d'inondations en milieu urbain
- Définir des indices de sécheresse liés aux impacts du changement climatiques sur les cultures
- Modélisation des ondes de tempête à des fins de protection du littoral

Les exigences relatives aux informations pour ces applications peuvent être très différentes ainsi que la qualité des données climatiques disponibles

Comprendre les caractéristiques des informations sur les précipitations pour les prévisions de rendement des cultures

Année Tot. précipitations Rendement

1975 394mm 1360 kg/ha

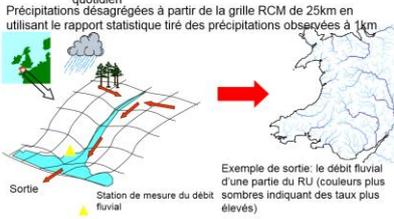
1981 389mm 901 kg/ha

- Le total des précipitations saisonnières pour les deux années est similaire
- Rendement total en 1975 supérieur de 50% à celui de 1981
- Implique qu'il est important de capturer le moment des précipitations dans la saison (selon leur pertinence par rapport au développement des cultures)



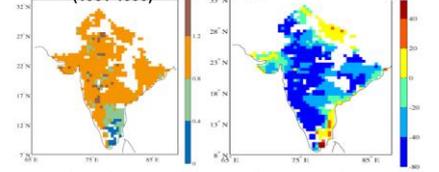
Appliquer un modèle de flux de rivière à une grille de 1km au RU

- Une résolution de 1km est nécessaire pour représenter les rivières au RU
- Exige des précipitations horaires et le potentiel d'évaporation quotidien



Changement de la culture des arachides en Inde

Taux de rendement de simulé à observé (1961-1990) | Pourcentage des changements du rendement moyen pour 2071-2100 par rapport à 1961-1990



Culture étudiée sensible aux températures supérieures à 28°C – d'où une température quotidienne maximum requise pour la modélisation des rendements et des précipitations, taux d'humidité, radiation solaire etc



Implications des informations nécessaires lors de l'évaluation des impacts climatiques

- De multiple variables climatiques sont souvent nécessaires
- Des informations peuvent être nécessaires selon une haute résolution temporelle et spatiale
 - Les détails temporels peuvent impliquer des délais quotidiens pour saisir les maxima/minima et la variabilité en sous-saison
 - Une haute résolution spatiale est souvent nécessaire pour permettre de représenter, de manière réaliste le système physique en cours d'étude
- Les seuils de certaines variables peuvent être importants

© Crown copyright Met Office



En utilisant des informations climatiques détaillées pour motiver des réponses stratégiques

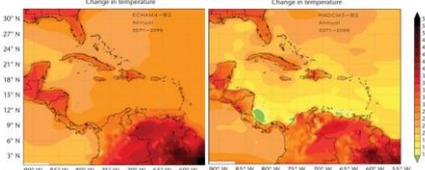
© Crown copyright Met Office



Importants changements de températures prévus sur de vastes zones

- Une modélisation en haute résolution présente un message cohérent sur le réchauffement de vastes étendues terrestres et ce même avec des changements de température des mers différents

Changements de températures >3K d'ici 2080 au titre du scénario B2

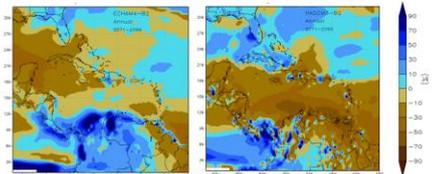


© Crown copyright Met Office



Le message en matière de changements de précipitations est moins clair

- Changements des précipitations jusqu'à +/- 20% d'ici 2080 au titre du scénario B2



© Crown copyright Met Office



Impact sur les cultures Caraïennes d'une augmentation de la température de 2°C

Crop	Temperature Change (°C)	% Change in Precipitation	Yield (kg/ha)	Change in Yield
Rice	0	0	3356	
	+2	+20	3014	-10%
	+2	-20	2888	-14%
Beans	0	0	1354	
	+2	+20	1164	-14%
	+2	-20	1093	-19%
Maize	0	0	4511	
	+2	+20	3737	-22%
	+2	-20	3759	-17%

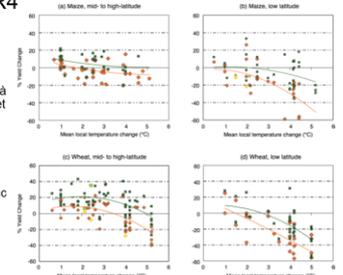
© Crown copyright Met Office



Réponse des cultures à la gamme de changements projetés des IPCC AR4

Signal général de changements mineurs ou d'augmentation à des lat. hautes et de diminution à des lat. basses (avec et sans effet CO₂)

Une réponse possible est donc de changer la répartition mondiale des cultures





Explorer les options d'adaptation en utilisant les informations détaillées sur le changement climatique

© Crown copyright. Met Office



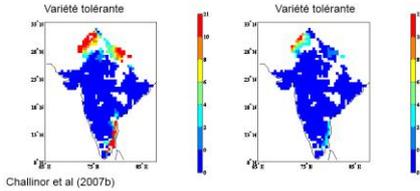
Exemples d'évaluation des options d'adaptation

- 1) Adapter l'agriculture aux changements climatiques
 - a) Comment le climat va-t-il évoluer ?
 - b) Quel est l'impact sur les cultures ?
 - c) Des options appropriées existent pour l'adaptation
- 2) Adapter l'infrastructure aux changements climatiques
 - Comment le climat va-t-il évoluer ?
 - L'infrastructure va-t-elle pouvoir faire face aux changements ?
 - Que se passe-t-il si aucune option n'est disponible ?



Adaptation génotypique en cas de fortes températures

- Modèle Hadley Centre PRECIS, A2 (fortes émissions) scénario 2071-2100
- Impact du scénario climatique sur le nombre d'années en cas de baisse de 50% des cultures sensibles à la température et variété tolérante



Evaluer la capacité d'adaptation en utilisant les ensembles climatiques des cultures : Inde

+ de 180.000 simulations de cultures, en utilisant un ensemble de changements climatiques et les réponses des cultures en résultant

Les simulations suggèrent : 30% d'augmentation des exigences de temps thermique peut être nécessaire
Les études de terrain suggèrent : 14 à 40% d'augmentation disponible avec la génétique actuelle
=> Une certaine capacité d'adaptation



Barrière de la Tamise à l'épreuve du Climat



- ◊ Derived river network
- Thames Basin
- ▲ Raingauges

- Hadley Centre, POL, CEH risque d'inondation futur évalué à Londres
- Pics d'inondations d'ici 2080 pourraient augmenter de 40%
- Hausse maximum du niveau des eaux estuaires pourrait augmenter de 2.7m d'ici 2080
- Protection actuelle suffisante jusqu'en 2030, puis réviser la décision



Résumé

Les températures saisonnières et les niveaux de la mer augmenteront et les précipitations saisonnières changeront dans de nombreuses régions

Base claire du processus décisionnel mais besoin d'informations avec divers niveaux de confiance

Des informations plus détaillées sont souvent nécessaires, sont parfois disponibles ou peuvent être générées

Cela permet l'évaluation des impacts et des options d'adaptation et donc peut motiver des stratégies de réponse

© Crown copyright. Met Office



Questions et discussion

© Crown copyright. Met Office



Projections climatiques pour l'Afrique de l'Ouest

Andrew Hartley, Service national britannique de météorologie : Atelier national du PARCC sur le climat et la vulnérabilité des espèces face au changement climatique, 3 au 5 avril 2013

Objectifs pour ce matin

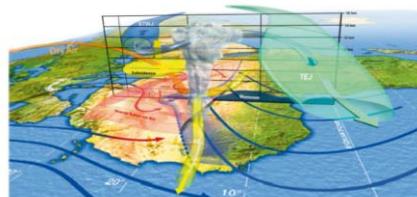
1. Résumer le climat de l'Afrique de l'Ouest
2. En savoir plus sur la réduction à l'échelle régionale
3. Comprendre les résultats du MCR (modèle climatique régional) africain
4. Session pratique sur l'extraction et l'analyse des résultats

Le climat de l'Afrique de l'Ouest

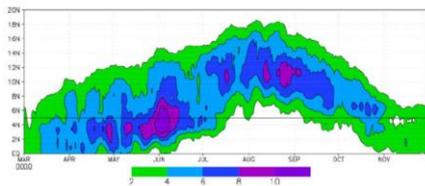
Principaux facteurs du climat de l'Afrique de l'Ouest

- Changement de saison de la zone de convergence inter-tropicale
- Températures de surface de la mer dans le golfe de Guinée
- liées à la mousson asiatique et aux eaux chaudes du Pacifique
- El Niño
- Utilisation des terres

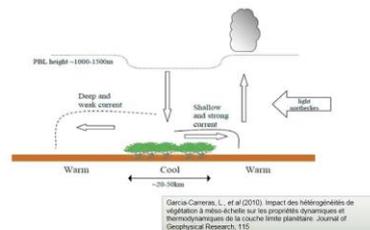
Mousson en Afrique de l'Ouest



Mousson en Afrique de l'Ouest



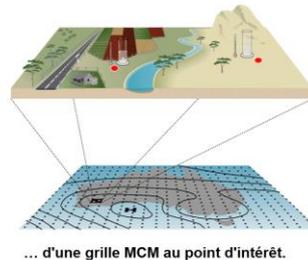
Utilisation des terres locales



Réduction à l'échelle régionale

© Crown copyright Met Office

Du climat mondial au climat local...





Pourquoi la réduction d'échelle ?

Principale raison: Les MCM manquent de détails régionaux en raison d'une résolution grossière de nombreuses études climatologiques -> nécessité d'informations à petite échelle extraites des résultats de MCM.

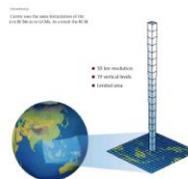
- Les résultats climatiques à plus petite échelle proviennent d'une interaction entre le climat du globe et les détails physiographiques locaux
- Il y a une nécessité croissante de mieux comprendre les processus qui déterminent le climat régional
- Les évaluateurs d'impact ont besoin d'informations plus détaillées au niveau régional pour évaluer la vulnérabilité et les stratégies d'adaptation possibles

Service national britannique de météorologie © Crown copyright



Qu'est-ce qu'un modèle climatique régional ?

- Un modèle climatique physique complet haute résolution, qui couvre une région limitée du globe,
- Il inclut l'atmosphère et les composants de surface terrestre du système climatique (au moins)
- Il contient des représentations des importants processus dans le cadre du système climatique
 - par ex. nuages, rayonnement, précipitation



Conditions aux limites latérales

- CLL = conditions aux limites météorologiques aux limites latérales (côté) du domaine du MCR
 - Elles entravent le MCR partout dans sa simulation
 - Elles fournissent les informations dont le MCR a besoin de l'extérieur de son domaine
- Les données viennent d'un MCM ou des observations

- Variables de conditions aux limites latérales

- Vent
- Température
- Eau
- Pression
- Aérosols

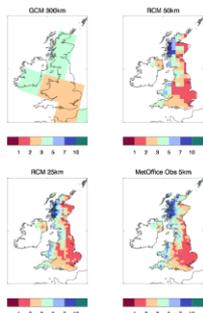


Service national britannique de météorologie © Crown copyright



Les MCR simulent le climat actuel de façon plus réaliste

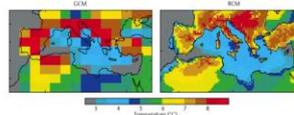
Schémas des précipitations hivernales actuelles



Service national britannique de météorologie © Crown copyright



Représentation des plus petites îles

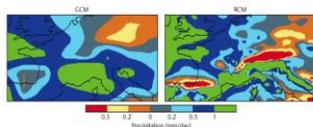


Changements projetés de la température de l'air de surface en été, entre aujourd'hui et la fin du 21ème siècle.

Service national britannique de météorologie © Crown copyright



Prédire le changement climatique avec plus de précision

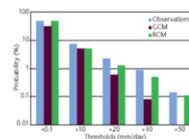


Changements projetés des précipitations hivernales entre maintenant et 2080

Service national britannique de météorologie © Crown copyright



Simuler et prévoir des changements des extrêmes de façon plus réaliste

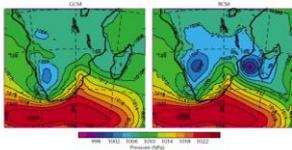


Fréquence des journées hivernales sur les Alpes avec différents seuils de précipitations quotidiennes.

Service national britannique de météorologie © Crown copyright



Simuler des cyclones et des ouragans



Un cyclone tropical est évident dans le MCR (à droite), mais pas dans le MCM

Service national britannique de météorologie © Crown copyright



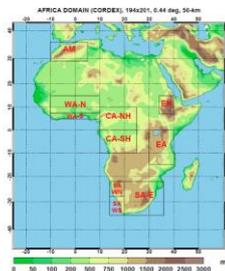
MCR africain

Le processus de modélisation

© Crown copyright Met Office



Domaine CORDEX de l'Afrique



Configuration du modèle

- Décembre 1949 à décembre 2099
- Résolution spatiale de 50 km
- Le MCR PRÉCIS de la surface des terres sur le programme MOSES 2.2
- Scénario A1B
- Grands lacs africains inclus



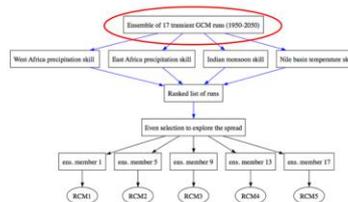
Approche d'ensemble

Objectif : Quantifier l'incertitude dérivant du MCG dans les projections climatiques régionales

- QIMP : Quantification de l'Incertitude des Projections du Modèle
- 17 membres de l'ensemble MCM, chacun avec une configuration différente du modèle
- Sous-sélection de 5 MCG pour fournir des CLL à 5 différents MCR
- Sélection du modèle basé sur l'analyse régionale de MCG pour l'Afrique
 - Diffusion des résultats produits par la totalité de l'ensemble des modèles
 - Exclusion de certains membres qui ne représentent pas de façon réaliste le climat africain.



Sélection des conditions aux limites



Service national britannique de météorologie © Crown copyright



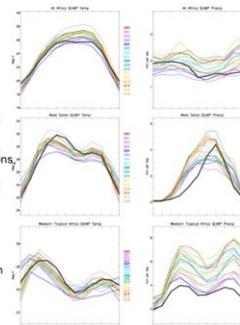
Validation d'après les observations

Ensemble de données	Variables observées	Résolution	Source	Référence
CRU 3.0	Température 1.0m	0.5° reinterpolé, 1950 à 2006 (sans pré-1950)	Données établies de routine	Mitchell and Jones 2007
ERA40	Temp. 500 hPa	2.5° reinterpolé -1979 à 2002	Variables météo	Uppala et al. 2005
CMAP	Précipitation	2.5° reinterpolé -1979 à 2002	Données établies de routine. Recensées et vérifiées	Xie and Arkin, 1997



MCM Validation

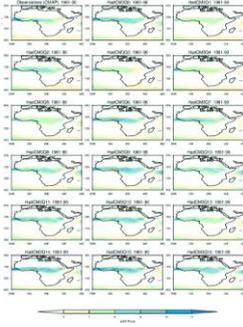
- Pas clairement de modèles « meilleurs » ou « pires » entre toutes les sous-régions
- Les modèles capturent généralement bien la durée et le lieu des précipitations, mais les magnitudes varient
- La sensibilité des modèles et de leurs tendances n'est pas indépendante
- Par ex. Q1-5 sont les plus frais et les plus secs
- Les stades 1 et 2 pas indépendants !
- Mais, on veut « éviter » les modèles Q1,3,4 et 16 qui ne capturent pas bien les cycles saisonniers pour une ou plusieurs sous-régions.





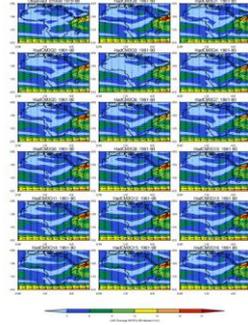
Précipitation mousson

- D'après les observations du CMAP
- Période de juin à septembre
- Tous les modèles donnent une prévision raisonnable de l'ampleur de la mousson
- Q1, 3, 4 et 5 sous estimation du volume de précipitations
- Q6, 9, 12, 14, 15 et 16

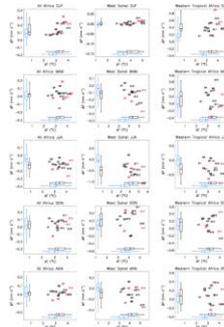


Vents et pression de surface

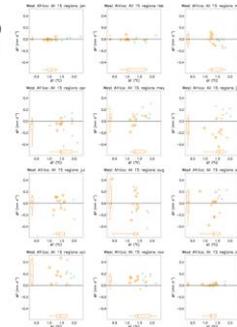
- D'après la nouvelle analyse du ERA40



Comparaisons à d'autres MCG



Comparaison à d'autres MCR



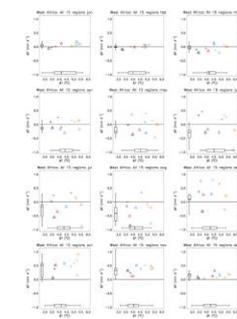
Sous-sélection

- Q0, Q2, Q9, Q13, Q14
- Q0 – modèle non perturbé
- Q2 et Q0 représentent des réponses à des gammes plutôt froides
- Q13 et 14 représentent des réponses à des gammes plutôt chaudes
- Q9 et 14 représentent des réponses à des gammes plutôt humides
- Q0 et 2 représentent des réponses à des gammes plutôt sèches (bien que cela varie en fonction de la saison)



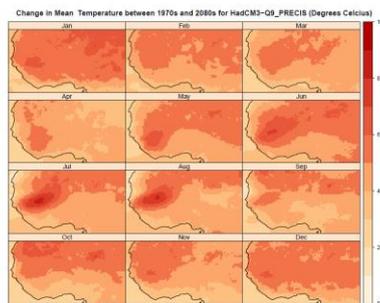
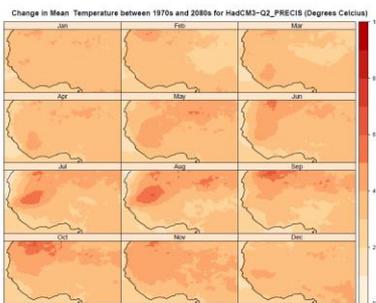
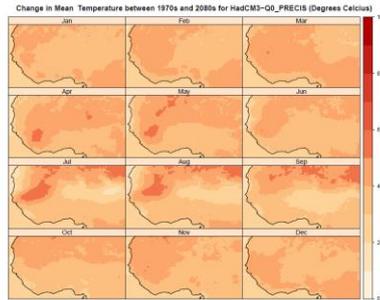
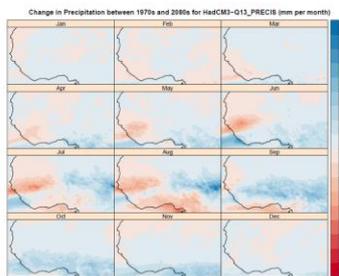
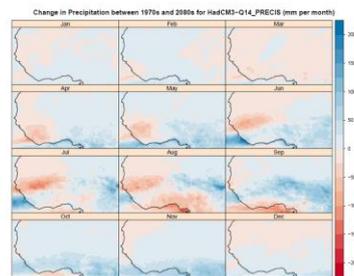
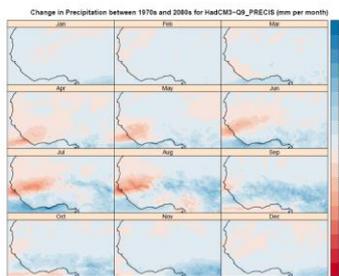
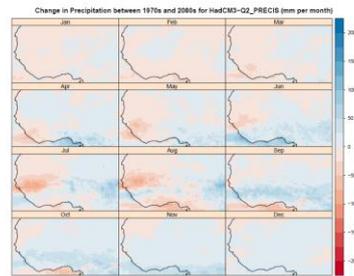
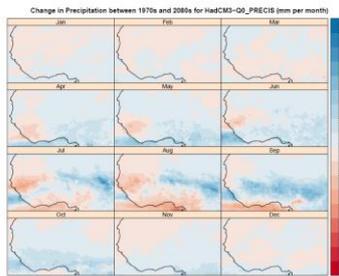
Principaux points

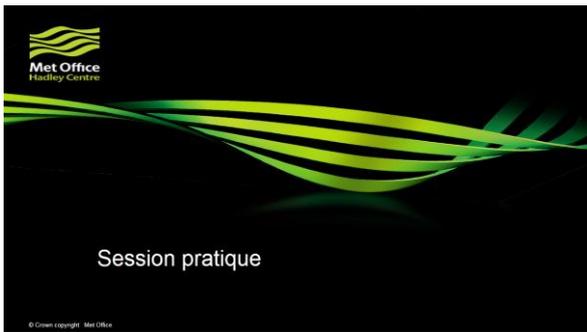
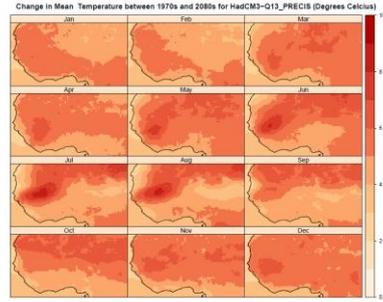
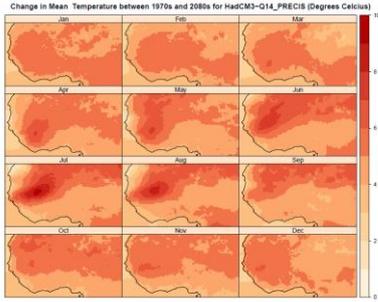
- La distribution géographique à grande échelle des températures et des précipitations du climat africain est représentée
- L'échantillon représente la gamme complète des résultats produits par l'ensemble QIMP et la variation annuelle pour autant de sous-régions que possible.
- Q0 et Q2 représentent la **gamme la plus fraîche** des projections futures et Q13 et Q14 **représentent la gamme la plus chaude** pour fournir l'écart de température.
- **Aucun modèle particulier ne montre systématiquement** le changement le plus important dans les précipitations pour les deux régions tout au long de l'année.
- Q14 **représente la gamme la plus humide** des futures projections pour l'Afrique tropicale de l'Ouest, pour décembre, janvier et février (DJF) mais pas durant juin, juillet, août (JJA) et annuellement dans l'Ouest du Sahel, c'est en fait le modèle le plus sec.
- Dans l'ensemble, l'analyse suggère que Q0 représente la **gamme la plus sèche** des futures projections et Q9 représente la gamme la plus humide.



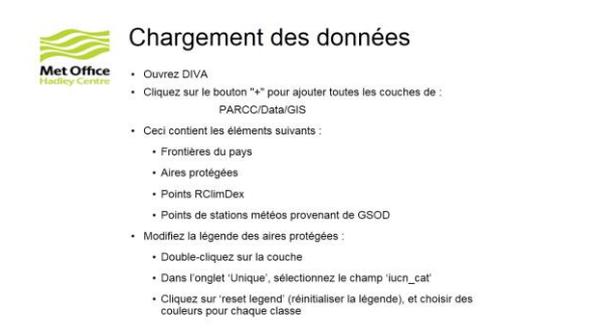
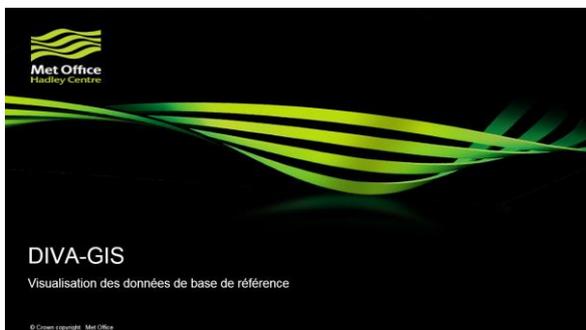
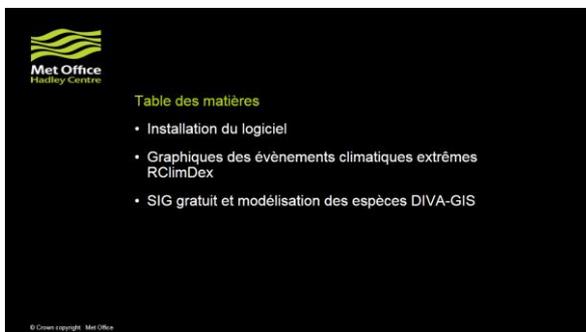
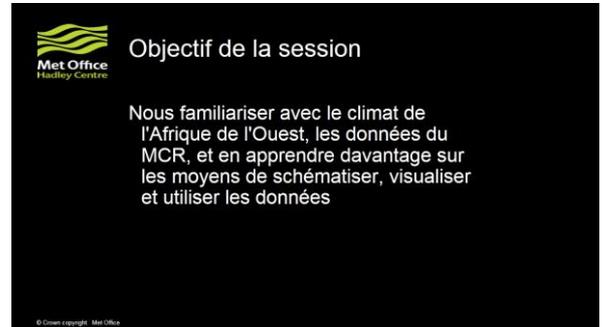


Précipitations





Chapitre 6. Session pratique : Utilisation des projections climatiques régionales





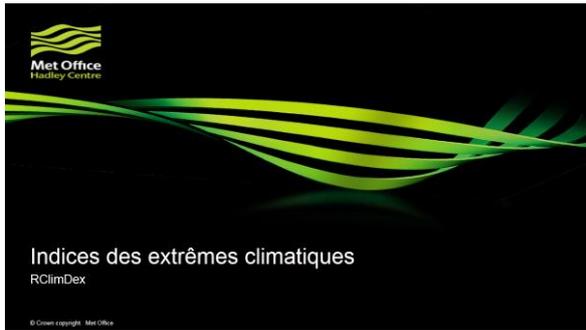
Ajouter des étiquettes

- Sélectionnez la couche 'rclimdex_points'
- Allez sur 'Layer' (Couche) -> 'Add Labels' (Ajouter des étiquettes)
- Choisissez le champ 'Name' (Nom)
- Définissez une fonte appropriée
- Cliquez sur 'OK' puis 'Fermer'



Ajouter des données climatiques de base

- Source : Moyennes climatiques WorldClim pour chaque mois en moyenne sur la période 1950 à 2000 (approx. 0,17 degré)
- Allez sur 'Tools' (Outils) -> Options
- Cliquez sur le dossier, et allez dans PARCC\Data\BaselineClimate\
- Dans le menu déroulant, sélectionnez 'worldclim_10m'
- Cliquez sur 'OK'
- Allez sur Data (données) -> Climate
- Entrez les paramètres comme dans l'image
- Choisissez le fichier, puis cliquez



RCLimDex - Qu'est-ce que c'est ?

Une interface utilisateur conviviale pour calculer les indices des événements climatiques extrêmes

RCLimDex calcule les 28 principaux indices recommandés par le Programme de recherche mondial sur le climat pour la surveillance de la détection des changements climatiques et des indices

Et également d'autres indices de température et de précipitation avec des seuils définis par l'utilisateur



Analyse des extrêmes

- Large éventail d'espace et d'échelles de temps
 - D'une très petite échelle (précipitations) à une grande échelle (sécheresse)
 - Extrêmes (MCM) ≠ extrêmes (MCR) ≠ extrêmes (observés)
- Définitions ?
 - Événements à forts impacts
 - Événements sans précédents (dans les registres disponibles)
 - Événements rares (longue période de retour)
 - Dépassement de seuils relativement bas (indices, tels que le 10ème percentile des températures quotidiennes ou le 95ème percentile des précipitations journalières)
 - Persistance de conditions climatiques (sécheresses)
 - Extrêmes climatiques (par ex. extrêmes saisonniers)



CCI/CLIVAR/JCOMM Équipe d'experts sur la détection du changement climatique et des indices (ETCCDI)

http://www.wmo.int/datastat/document/s/WCDMP_72_TD_1500_en_1_1.pdf



Fonctionnement de RCLimDex

- Notez le lien complet pour accéder jusqu'à votre dossier PARCC
 - E.g. C:/Users/precis/Desktop/PARCC/PARCC
 - Ouvrez R
 - changez de répertoire pour PARCC/Software
- ```
>setwd("C:/Users/precis/Desktop/PARCC/Software")
```
- Exécutez le script
- ```
> source("rclimdex.r")
```



Chargement des données

- Cliquez sur 'Load Data and Run QC'
- (Charger les données et Exécuter QC)
- Naviguez jusqu'à :
 - PARCC\Practical\RCLimDex\HadCM3-Q0_PRECIS
- Chargez "River Gambia National Park.txt". C'est le fichier des données MCR journalières (1949-2099) extraites pour l'aire environnant le River Gambia National Park
- Cliquez sur 'OK'
- Dans 'Set Parameters for Data QC' (Définir les paramètres pour les données QC), changez les 5 écarts-types





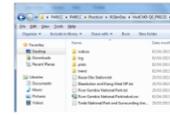
Chargement des données

- Cliquez sur OK pour les 3 messages suivants
- Ce sont des alertes pour la détection des valeurs aberrantes dans les stations d'observation
- Consultez "PARCC/Practical/RClimDex/HadCM3-Q0_PRECIS/log/ River Gambia National Park_tepstdQC.csv"
- Ces événements sont exclus de l'analyse



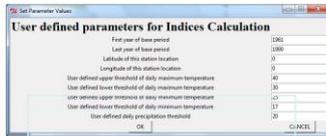
Qu'est-ce que RClimDex a fait ?

- Revenez dans le répertoire :
 - PARCC/Practical/RClimDex/HadCM3-Q0_PRECIS
- RClimDex a créé de nouveaux répertoires
- Consultez le répertoire "log"
- Que contient-il ?



Calcul des indices

- Les données sont maintenant chargées dans la mémoire
- Cliquez sur 'Indices Calculation' (Calcul des Indices), et entrez les configurations suivantes



Calcul des indices

- Puis, gardez toutes les variables cochées et cliquez sur OK



Calcul des indices

- Après quelques minutes, un message final apparaît

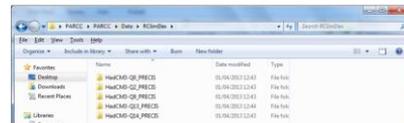


- Consultez le fichier "plots"
- Utilisez le document pour identifier les variables
- Quelles sont les variables qui pourraient s'avérer utiles pour les espèces de votre pays ?



Étapes suivantes

- Examinez les seuils
- Envisagez d'autres membres d'ensemble et d'autres localités
- Tous les indices ont été calculés. Vérifiez ...



Interprétation

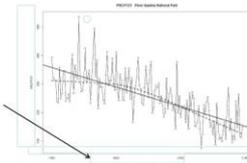
MISE EN GARDE !
Si la valeur est $> 0,05$, nous ne pouvons pas être sûrs que la tendance soit significative

- Faites l'attention aux échelles sur l'axe des y
- Années entre 1950 et 2100 sur l'axe des x
- 1 point de donnée par année

Qualité de l'ajustement

R^2 = la mesure de la manière dont la ligne de régression correspond aux points de données. Valeur élevée = bon ajustement

Une valeur de p $< 0,05$ signifie qu'il y a une relation significative entre le modèle et les valeurs

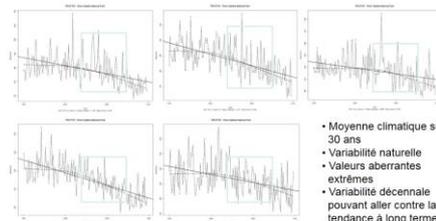


Lignes de tendance
Régression linéaire (meilleur ajustement)

Nivellement de base



Comparaison des graphiques



- Moyenne climatique sur 30 ans
- Variabilité naturelle
- Valeurs aberrantes extrêmes
- Variabilité décennale pouvant aller contre la tendance à long terme



Quiz Questions !

Conseil : si vous utilisez Windows 7, la fonction de recherche est très efficace !
Dans le menu PARCC/Data/RCI/ImDex, essayez de chercher 'river gambia PRCPTOT.jpg'

1. Dans le River Gambia National Park, comment décrierez-vous les projections de changement des précipitations totales :
 - a. À l'horizon 2040 ?
 - b. À l'horizon 2080 ?
2. À Bbaobolon et Kiang West, regardez le nombre maximum de jours de pluie consécutifs (CWD) entre 1950 et 2000. Pour chaque membre de l'ensemble :
 - a. Quel est le nombre moyen de CWD (jours de pluie consécutifs)?
 - b. Quelle est l'amplitude ?
3. Pour Q0, quel parc n'a aucune tendance significative de l'amplitude thermique journalière (DTR)?
4. Quels autres membres d'ensemble ne montrent pas de tendance au niveau des DTR pour ce parc?



Réponses du Quiz !

1. Dans le River Gambia National Park, comment décrierez-vous les projections de changement dans les précipitations totales :
 - a. À l'horizon de 2040 ? Légère diminution, bien que la plupart des membres de l'ensemble montrent peu de changement en dehors de la variabilité naturelle
 - b. À l'horizon 2080 ? Diminutions significatives dans tous les modèles d'environ 100 m par an
2. À Bbaobolon et Kiang West, regardez le nombre maximum de jours de pluie consécutifs (CWD) entre 1950 et 2000. Pour chaque membre de l'ensemble:
 - a. Quel est le nombre moyen de CWD (jours de pluie consécutifs)? 11, 11, 9, 9, 9
 - b. Quelle est l'amplitude ? 6-34, 3-22, 4-20, 5-18, 5-14
3. Pour Q0, quel parc n'a aucune tendance significative de l'amplitude thermique journalière (DTR)? Tanbi NP
4. Quels autres membres d'ensemble ne montrent pas de tendance pour ce parc ? Tous (Q0, Q2, Q8, Q13, Q14)



Je vous remercie.