

Observatorio Cambio Climático Canarias – Souss Massa Drâa

## Bulletin Informatif. CLIMATIQUE

Numéro. B03/13

### *Observatoire du Changement Climatique Canaries – Souss Massa Drâa*

Troisième bulletin informatif du projet Climatique. Petit rapport contenant de l'information d'intérêt et des résultats obtenus au cours de ce dernier mois.

*« On n'a pas besoin d'un chroniqueur météo pour savoir de quel côté souffle le vent ». Bob Dylan*



## ULL. Université de La Laguna



Université de La Laguna, Département de Physique Basique. La participation de l'ULL dans ce projet se concentre sur le développement de « Propositions pour la génération de scénarios locaux de changement climatique » correspondant à l'action 2 de l'activité 2.

L'Université de La Laguna – ULL est un centre public d'éducation supérieure situé à l'île de Ténériffe, dans l'archipel atlantique situé au nord-ouest du continent africain, duquel est éloigné environ de 100 kilomètres. Les campus principaux de cette institution d'enseignement (Central, Anchieta, Guajara et Ofra) se situent dans la municipalité de La Laguna, et quelques centres sont éparpillés dans la municipalité de Santa Cruz de Ténériffe.

Pour plus d'information cliquez sur le lien ci-dessous :

<http://www.ull.es/>



Les chercheurs du Groupe d'Observation de la Terre et l'Atmosphère (GOTA) de l'Université de La Laguna (ULL) possèdent une grande expérience dans la recherche concernant l'environnement en général, et l'atmosphère et le climat en particulier.

En fait, Ils ont participé à plus de quinze projets de recherche au cours des six dernières années, et ils ont mené à bien des collaborations avec de nombreux centres de recherche nationaux et internationaux.

## Entretien technique

Entretien avec M. Juan Pedro Díaz González,  
Responsable technique du projet, Groupe GOTA.



### Qu'est-ce que le changement climatique ?

Tout d'abord, on doit définir le concept de « climat » et voir clairement la différence par rapport au concept de « temps météorologique ». On peut définir le « temps météorologique » comme la succession d'états atmosphériques, de conditions de l'atmosphère au fil des jours et même des heures. Par opposition, le « climat » se rapporte aux conditions moyennes de l'atmosphère, calculées pendant de longues périodes de temps, normalement de plusieurs dizaines d'années. Par exemple, la valeur moyenne de la température, au fil de 30 ans dans la zone du désert de Sahara, est complètement différente de la valeur que l'on peut trouver à l'Antarctique. L'échelle temporelle est fondamentale pour pouvoir définir les conditions « climatiques » d'une zone. Si on étudie l'histoire climatique de la planète, on verra qu'il y a eu une alternance des périodes glaciales (dans lesquelles la

température moyenne de la Planète était plus basse que l'actuelle) avec des périodes interglaciaires, qui correspondent aux actuelles conditions. Par conséquent, le changement est inhérent au climat. Ce changement peut être produit par des conditions naturelles, par exemple, les astronomiques au moment de vider la quantité d'énergie provenant du Soleil qui arrive à la Planète, ou comme, il semble être la situation actuelle, par des causes attribuables à l'action de l'homme, car il est capable de modifier la concentration de certains gaz dans l'atmosphère.

### Comment peut-on estimer les futures variations climatiques au niveau global et au niveau local ?

On peut imaginer le système climatique composé d'un ensemble de grands sous-systèmes, comme la mer, l'atmosphère, la cryosphère, la biosphère, le relief, ainsi que la correspondance existant entre eux. Par exemple, les conditions de température dans la surface de la Planète sont une conséquence de l'équilibre dynamique entre les différents composants du système climatique. S'il se produit un changement de l'une des caractéristiques de ces sous-systèmes, ou de quelqu'un des mécanismes de correspondance, il se produirait aussi une modification de ces conditions d'équilibre, ce qui pourrait déclencher le changement de la température moyenne de la Planète ou du régime pluviométrique d'une zone concrète. Un exemple concret de cette possibilité est celui de la variation détectée dans les concentrations des gaz à effet de serre (GES), depuis l'ère préindustrielle jusqu'à nos jours. Cette nouvelle situation produit un changement des conditions d'équilibre du système, ce qui pourrait se traduire, en dernier ressort, par un changement de valeurs « climatiques » dans la biosphère (parmi tout un ensemble de possibles changements dans tout le système). D'après les dernières études, il est probable que ces variations dans les concentrations de GES soient en rapport avec la modification des valeurs climatiques dans la température

moyenne de la surface de la Planète, depuis l'ère préindustrielle jusqu'à nos jours.

Une possible méthodologie pour réaliser des prédictions climatiques de future serait celle de définir un ensemble de valeurs probables pour les composants atmosphériques. Ces différents « scénarios » de future pourraient être, par exemple, le produit du développement technologique différencié de l'humanité. En supposant que l'implantation de « technologies vertes » devienne extensive au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, cela déterminerait, par exemple, la réduction des niveaux de gaz à effet de serre par rapport aux concentrations de ces composants, si le développement technologique continue comme jusqu'au moment. L'imprécision des conditions futures se traduit, donc par la définition d'un ensemble de possibles valeurs pour les composants atmosphériques principaux. Ces « états » différents de l'atmosphère sont les conditions d'entrée pour les modèles climatiques, afin de pouvoir obtenir les conditions climatiques pour un ensemble de possibles scénarios, c'est-à-dire, d'un ensemble de futurs hypothétiques ou de configurations différentes des éléments qui définissent le système climatique.

#### **Dispose-t-on d'un modèle climatique régional pour les régions de Canarias et de Souss Massa Drâa ?**

La plupart de modèles essayant de résoudre le climat au niveau de toute la Planète, et appelés modèles de circulation générale, possèdent des résolutions spatiales de centaines de kilomètres, ce qui rend difficile leur application directe pour des régions ayant une orographie complexe comme celle de Canarias ou de Souss Massa Drâa. Par conséquent, il faut développer des méthodologies appropriées pour obtenir de l'information climatique utile au niveau régional. Pour les Canarias et le Souss Massa Drâa il faut implémenter

le modèle climatique avec une résolution spatiale de quelques kilomètres. En outre, cela fixe la résolution temporelle avec laquelle on résout les équations, modelant les systèmes physiques impliqués, pour éviter des problèmes de stabilité numérique. Entre les différentes méthodologies possibles, dans le groupe GOTA, on est en train d'appliquer la technique appelée « downscaling dynamique » en employant le modèle Weather Research and Forecasting (WRF). Ce système de modélisation a été configuré pour les conditions particulières de Canarias et de Souss Massa Drâa.

#### **Quelle est l'amélioration atteinte par le Groupe GOTA par rapport aux modèles climatiques régionaux existants pour les régions d'étude de CLIMATIQUE ?**

D'après nos connaissances, jusqu'à aujourd'hui ils sont peu les projets de modélisation climatique qui ont compris parmi leurs objectifs l'étude de la zone de Canarias et de Souss Massa Drâa. Cela se produit fondamentalement à cause des hautes résolutions spatiales et temporelles avec lesquelles on doit aborder cette tâche, avec le conséquent coût computationnel, ce qui se traduit par une notable augmentation du prix de l'exécution du projet. Pour aborder les Canarias à peu de kilomètres les efforts sont notablement supérieurs aux efforts nécessaires pour modeler toute l'Afrique à une résolution d'environ 50 km. Dans le GOTA on a configuré le WRF pour obtenir de l'information climatique d'intérêt régional dans des scénarios différents, et des périodes de temps au cours du XXI<sup>e</sup> siècle.

### Quelle est la situation actuelle de développement du projet ?

On a essayé des configurations différentes du système WRF pour pouvoir déterminer celle qui reproduit le mieux les conditions climatiques de la zone d'intérêt. Cette phase, déjà finalisée, a été développée en comparant les sorties des différentes configurations WRF avec les données observationnelles obtenues à partir de stations météorologiques, et avec des bases de données confirmées à partir de magnitudes évaluées depuis des satellites. Avec la configuration WRF sélectionnée, on est en train d'exécuter les différents scénarios de future. On a sélectionné deux possibles scénarios : le RCP4.5 et le 8.5 pour les décennies 2045-55 et 2090-2100. Dans quelques mois on pourra avoir de l'information de ces modélisations à cause des temps de calcul nécessaires. Ce type de modèles doit être exécuté dans des ordinateurs à hautes performances avec le résultant coût de configuration et d'entretien propre d'une infrastructure de ces caractéristiques.



## Projections de scénarios climatiques pour les régions de Souss Massa Drâa et des Canaries moyennant l'usage des techniques de *downscaling*.

Groupe d'Observation de la Terre. Université de La Laguna

Septembre 2013

Actuellement il est habituel d'accéder aux média, en spéciale à l'Internet, pour y consulter les prédictions météorologiques pour les prochaines heures ou les prochains jours. Pendant une courte période de temps, on a aussi été témoins de l'évolution de ce type d'information et de sa présentation (traditionnellement moyennant une carte sur laquelle se superposent des soleils, des nuages ou les signes de gouttes pour représenter la possibilité de pluie), ainsi que de la précision avec laquelle on fournit les prévisions de température, quantité de précipitations, intensité et direction du vent, rayonnement solaire...personnalisés pour chaque région ou localité. La question serait donc : Comment réalise-t-on ces prédictions ?

Il y a de nombreuses techniques utilisées pour les prédictions météorologiques ou climatiques, comme les méthodes statistiques, les techniques d'analogues ou l'utilisation de modèles numériques. Dans cet article on va se centrer sur ce dernier type de techniques, car il est l'un des plus utilisés actuellement. Les prédictions basées sur modèle résolvent l'ensemble d'équations physiques décrivant la dynamique de fluides (dans ce cas l'atmosphère) qui permettent de décrire l'évolution du système à partir des conditions actuelles (conditions initiales), et qui appliquent des rapprochements pour ces processus produits à une échelle inférieure à celle que les modèles peuvent résoudre. Néanmoins, les clefs pour obtenir une bonne solution approximative dépend de plusieurs facteurs associés à la complexité du système Terre-Atmosphère.

- **La connaissance nécessaire des conditions initiales.**

Cela implique connaître exactement un grand ensemble de variables au niveau global, comme la température, la pression, l'humidité, les vents, etc. aussi bien dans la surface, que dans les différents niveaux de l'atmosphère. Cela s'atteint avec des observations météorologiques réalisées moyennant des stations fixes ou mobiles, réparties sur toute la planète. Néanmoins, la distribution de ces stations n'est pas homogène, en fait elles sont regroupées dans les zones habitées des pays développés. Cependant, dans les dernières décennies, grâce à l'emploi des satellites artificiels, on a amélioré la connaissance de l'état du système au niveau global.

- **La résolution des équations pour le système Terre dans son ensemble.**

Les équations décrites par le système ne peuvent pas être résolues avec exactitude. Par conséquent, il faut développer une série d'hypothèse permettant d'obtenir, de manière approximative, la solution à celles-ci. Le premier facteur à considérer est celui de la résolution horizontale et verticale avec laquelle le modèle se définit. D'un côté, une résolution plus élevée permet au modèle de simuler plus fidèlement les processus arrivés. Néanmoins, l'augmentation dans la résolution implique une augmentation de la demande de puissance de calcul qui s'élève dramatiquement. Par conséquent, il faut avoir recours à des solutions engagées permettant la simulation globale avec les outils de comptage du moment. Voici une autre des clés pour l'amélioration des prédictions dans les dernières années : la constante apparition de systèmes de comptage plus puissants a amélioré la résolution des modèles « globaux », en passant de quelques centaines de kilomètres à quelques dizaines de kilomètres.

Néanmoins, malgré cette amélioration dans la résolution, ces modèles ne sont pas encore capables de simuler des processus qui se produisent à des échelles plus petites, comme dans le cas des processus convectifs ou des processus dans lesquels l'orographie du terrain joue un rôle important. Pour donner solution ces inconvénients, les modèles utilisent les paramétrisations. L'idée basique consiste à supposer qu'il « existe un équilibre statistique entre les phénomènes dont l'échelle est inférieure à celle de la grille de simulation, et les variables pouvant être calculées par le modèle dans la grille ». Ainsi, les détails de fonctionnement du processus ne nous intéressent pas dans une cellule, mais ses effets statistiques sur le flux général. L'étude de tous les processus physiques produits dans le système, et l'élaboration de paramétrisations efficaces est l'un des domaines de travail le plus actif actuellement pour la communauté scientifique.

### **Modèles régionaux ou de méso-échelle**

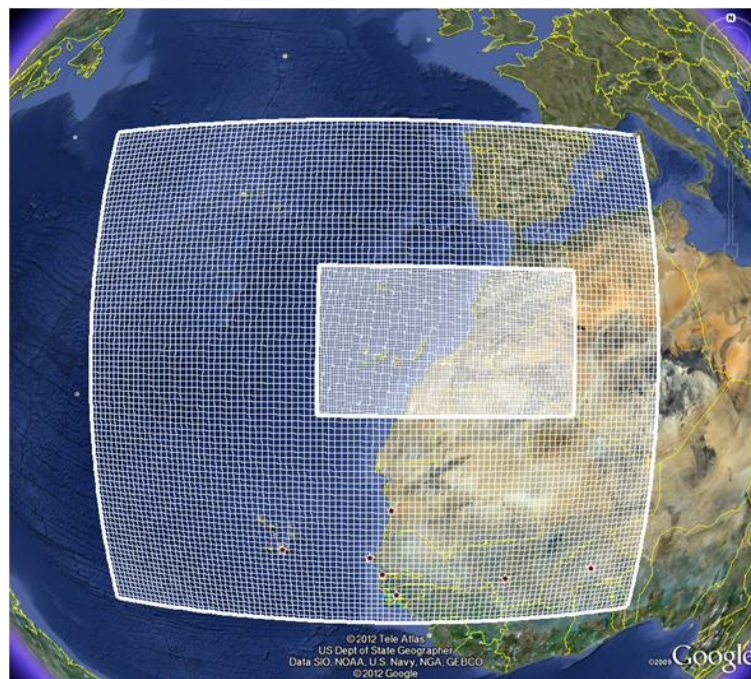
Une solution intermédiaire aux problèmes de résolution est donnée par les modèles numériques méso-échelles. L'objectif, dans ce cas, consiste à résoudre la dynamique du système avec une taille de maille suffisamment fine pour pouvoir considérer les processus à méso-échelle et une typographie plus proche du territoire, pour ainsi focaliser l'étude sur une région concrète de la Planète. À cette fin, il faut ajouter à ces modèles numériques, de l'information de tout ce qu'il arrive dans la frontière de la région sélectionnée (domaine) pendant toute la durée de la simulation. Normalement, cette information de contour est obtenue à partir des sorties des modèles globaux à plus faible résolution. À partir de celle-ci, le modèle résout les équations à l'intérieur du domaine avec une résolution appropriée, et avec des temps de calcul accessibles.

### Proyecciones de escenarios climáticos à Climatique

Ces techniques, appelées « downscaling » permettent d'obtenir des prédictions plus précises, spécialement dans des régions orographiquement complexes comme les îles Canaries ou la région de Souss Massa Drâa. Dans notre cas, on utilise la stratégie de « domaines imbriqués » pour pouvoir obtenir de l'information avec une résolution spatiale appropriée dans chaque région. Sur la figure suivante, on montre la configuration de domaines utilisée pour les études climatiques dans ces régions, où l'on a superposé la grille utilisée par le modèle pour chacun des domaines définis.

### Sélection de l'ensemble de paramétrisations

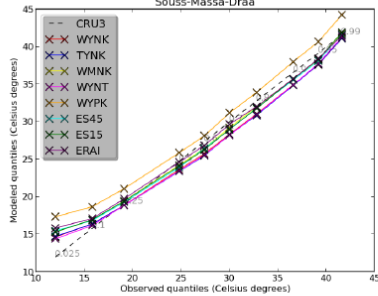
Lorsque l'on a sélectionné le modèle numérique (WRF, Weather Research and Forecasting, dans notre cas) et la région d'intérêt, il faut réaliser une étude de comportement de celui-ci pour la région spécifique. Comme on a indiqué au préalable, les modèles utilisent des paramétrisations pour rapprocher les processus qui ne sont pas explicitement résolus. Le comportement de ces paramétrisations varie en fonctions des régions. Par conséquent, il est recommandé de « syntoniser » le modèle pour la région objet d'étude. À cette fin, dans le présent projet, on développe une série d'expériences, en évaluant différents ensembles de paramétrisations pour la période 2004-2008. Afin de réduire les incertitudes, les données utilisées comme des conditions initiales et de contour ont été des données de réanalyse, concrètement ERA Interim, générées à partir des observations. Les données simulées (températures, précipitations, vents, couverture nuageuse...) sont comparées avec des données observationnelles.



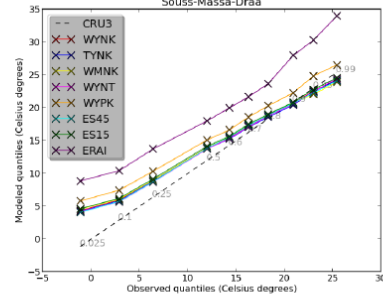
En guise d'exemple, dans la figure suivante, on montre les résultats obtenus pour les températures maximales, minimales et moyennes dans la région de Souss Massa Drâa pendant la période indiquée. Pour observer le comportement du modèle dans les différents niveaux de température, les graphiques montrent, en termes de quantiles, la comparaison des résultats obtenus pour les 6 expériences réalisées avec les données observationnelles fournies par CRU-TS 3.10, ainsi qu'avec les données de réanalyse ERA Interim, employées comme des conditions de contour.



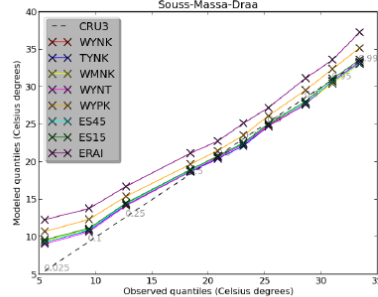
2004-2008 Monthly maximum 2-metre temperature Quantiles  
Sous-s Massa-Draa



2004-2008 Monthly minimum 2-metre temperature Quantiles  
Sous-s Massa-Draa



2004-2008 Monthly mean 2-metre temperature Quantiles  
Sous-s Massa-Draa



De la même manière, dans la figure suivante, on montre les précipitations annuelles moyennes obtenues pour la période analysée dans le domaine de Canaries (5 km de résolution horizontale) pour 3 des expériences réalisées, celles qui présentent la plus grande dispersion de résultats. En outre, dans l'angle inférieur à gauche, on montre les précipitations moyennes aux Canaries, observées par le réseau de stations de l'Agence Météorologique de l'État, et présentées dans le Atlas Climatique pour la période 1971-2000 (<http://www.aemet.es/es/conocernas/publicaciones/detalles/segundo Atlas clim atologic>), où l'on peut observer que le comportement de l'ensemble de paramétrisations utilisé dans l'expérience centrale fournit des résultats de précipitations très similaires aux résultats observés.

## Projections climatiques

Lorsque le modèle a été syntonisé, et les erreurs ont été évaluées, on a mené à bien la génération de projections climatiques pour la région d'intérêt. Dans ce projet, on envisage d'évaluer le changement climatique dans les régions indiquées pour deux périodes : 2045-2055 et 2090-2100, pour deux scénarios de concentrations et d'émissions de gaz à effet de serre proposés pour le 5<sup>ème</sup> rapport de l'IPCC (<http://www.pik-potsdam.de/~mmalte/rcps/>), plus concrètement le RCP4.5 et le RCPS.5.

Comme dans ce cas, les conditions initiales et de contour ne sont pas connues, le processus mené à bien consiste à utiliser les résultats du projet CMIP5 (<http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/>), dans lequel des multiples centres internationaux utilisent leurs modèles globaux (avec des résolutions horizontales d'environ 100 km) pour générer les projections jusqu'à la fin du siècle. Ces résultats sont employés comme des conditions initiales et de contour pour réaliser la régionalisation dans les deux zones d'intérêt (Canaries et Souss Massa Drâa). Ce processus nécessite d'une grande capacité de calcul, car aux résolutions spatiales exigées, il faut résoudre toutes les équations tous les 15 secondes, pendant la période simulée. Actuellement, on est en train de finir la projection à moitié de-siècle pour les deux scénarios envisagés, et bientôt on commencera les projections pour la dernière décennie du XXI<sup>e</sup> siècle.

