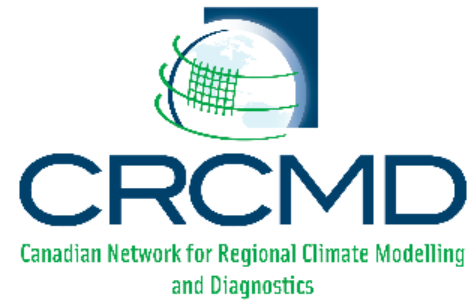


# UQÀM



## SIMULATION DU CLIMAT ET PRÉVISION SAISONNIÈRE DYNAMIQUE EN UTILISANT GEM AVEC UNE APPROCHE DE MODÉLISATION À RÉOLUTION VARIABLE

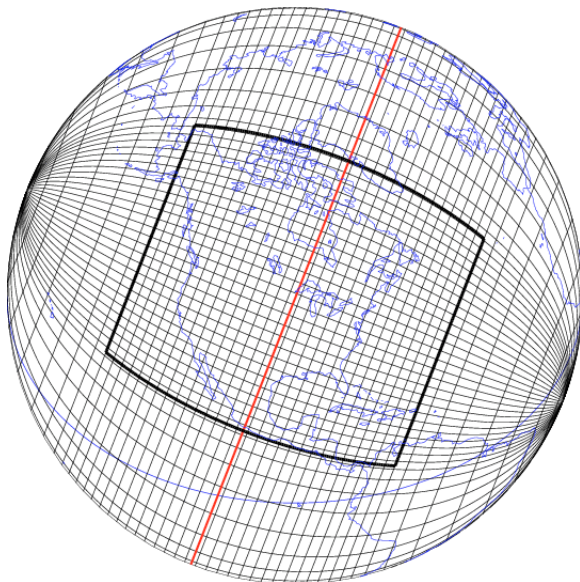
MARKO MARKOVIC  
HAI LIN  
KATJA WINGER

## PLAN

1. Description d'un modèle à résolution variable (MRV).
2. Objectifs: évaluer les avantages provenant de la région bien résolue dans le MRV.
3. Motivation: importance de l'évaluation du MRV.
4. La description des différentes expériences avec le MRV (2 exp. au total).
  - 4.1. L'expérience #1: la climatologie de MRV, les téléconnexions et la possibilité de prévision saisonnière.
  - 4.2. L'expérience #2: la prévision saisonnière avec une approche d'ensembles incluant le MRV.
5. Travail à venir: l'étude de la variabilité de basse fréquence (MJO).

## 1. Description d'un MRV

-Modèle à résolution variable : une approche qui permet une résolution télescopique de haute à basse résolution à l'intérieur d'un modèle global (GCM)

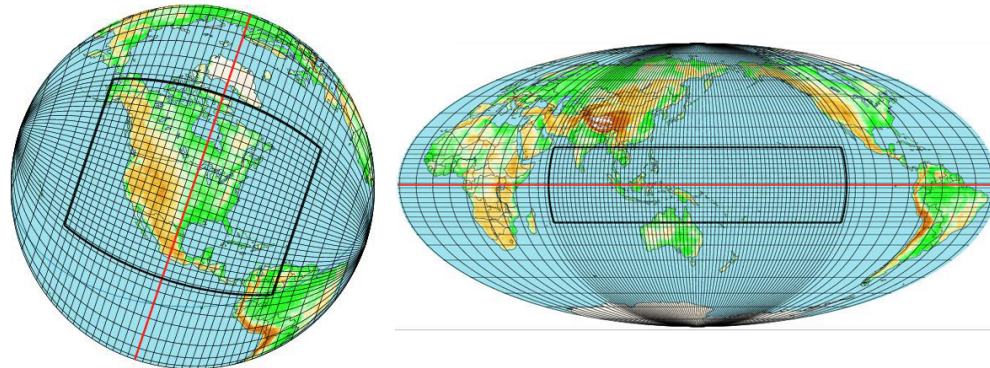


Source: Katja Winger

- GCMs ne sont pas prêts pour les simulations climatiques à hautes résolutions (10-50km).
- MRVs sont très utiles pour les simulations régionales (Fox-Rabinovitz et al., 2003)
- Ils ne souffrent pas de problèmes de conditions aux frontières latérales.
- Très efficaces pour le temps de calcul, contrairement aux GCMs.
- Permettent la propagation des phénomènes de méso-échelle sur une région bien résolue.
- Technique utilisée dans beaucoup de centres de recherche (e.g. Environnement Canada, Météo France, Goddard Earth Observation and Space Laboratory)

## 2. Objectifs

1. Étudier le climat global comme celui d'Amérique du Nord avec le modèle Global Environmental Multi-scale (GEM) (Côté et al., 1997) opérationnel en résolution variable avec un accent sur deux régions à hautes résolutions:
  - a) Océan Pacifique équatorial
  - b) Amérique du Nord



2. Puisque les téléconnexions permanentes ou semi-permanentes influencent le climat sur de grandes régions géographiques (Glantz, 1991), il est important d'étudier leur représentation par le modèle GEM à résolution variable.
3. Vérifier les avantages d'approche à résolution variable pour la prévision saisonnière (les ensembles)
4. Étudier les ondes tropicales (i.e. Oscillation de Madden-Julian) avec le MRV

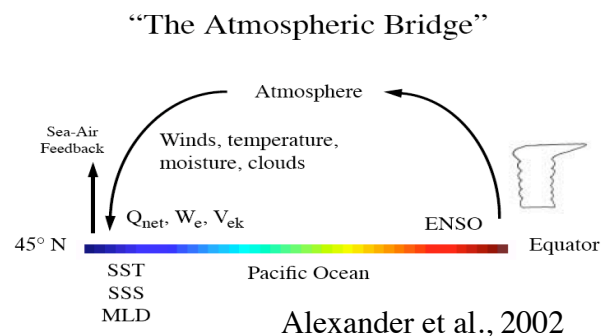
## 4. Motivation, importance de l'évaluation du MRV.

Pourquoi une haute-résolution sur la région de l'Amérique du Nord?

- Beaucoup d'études des modèles régionaux confirment que la plus haute résolution améliore les simulations climatiques sur une région.
- Fox-Rabinovitz et al., 2001: MRV-GEOS plus proche des réanalyses que GU-GEOS sur Amérique du N.

Et pourquoi sur l'Equateur?

- Les Oscillations du Sud (OS) représentent le mode principal de variabilité interannuelle dans les tropiques avec la plus large amplitude au-dessus de l'océan Pacifique équatorial et l'océan Indien oriental.
- Pendant une phase de OS (El Nino), les effets de l'océan Pacifique tropical sur la circulation extra-tropicale sont très forts (Philander, 1990)



-Dû à un El Nino: le changement dans les SST et la convection touchent les régions éloignées via un pont atmosphérique (i.e. les téléconnexions, interactions terre-mer) (e.g. Alexander et al., 2002, Klein et al., 1999, Giannini et al., 2001a, etc.)

- Horel et Wallace, 1981: La variabilité des SST a un impact sur l'Amérique du Nord pendant la saison hivernale.

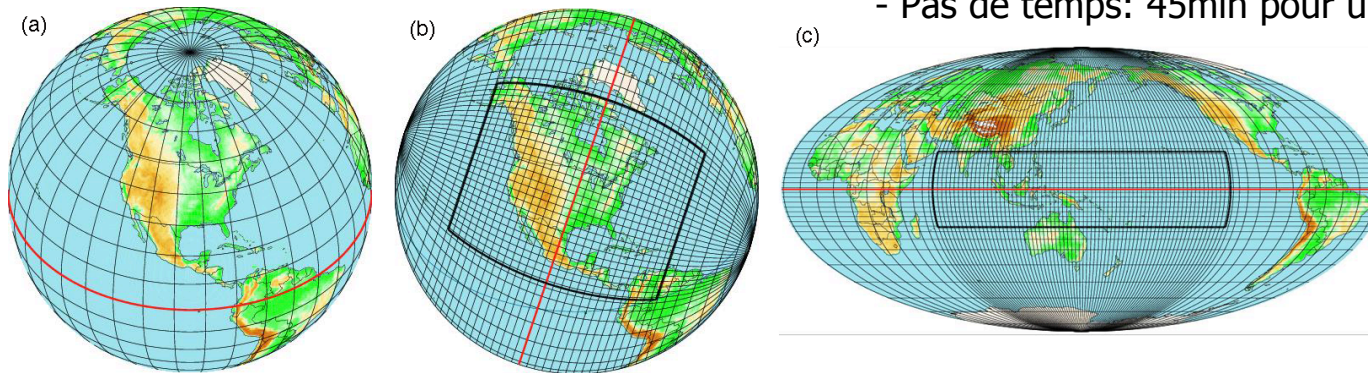
- L'expérience de TOGA (Trenberth et al., 1998): Pendant un El Nino, l'atmosphère extra-tropicale, en réponse aux forçages des SST, prend la forme atmosphérique de la PNA (ex. d'une téléconnexion)

- Hoskins and Karoly 1981; Branstator, 1985; Sardeshmukh and Hoskins (1988): Un forçage équatorial peut servir comme source pour la création des ondes de Rossby qui peuvent modifier la circulation extra-tropicale.

## 4.1. L'expérience #1: la climatologie du MRV, les téléconnexions et la possibilité pour la prévision saisonnière.

- 3 simulations, 1978-2002

- GEM (GEMCLIM) 3.3.0 avec:
- Ccmrad (RRTM correlated k)
- Kain Fritsch conv. profonde
- Type Kuo (conres+ktrsnt) conv. restreinte
- ISBA surface
- 60 niveaux verticaux
- Pas de temps: 45min pour uniforme et 30min pour variable



### 1. Contrôle:

Modèle global, la grille uniforme de résolution à 2 deg

### 2. VAR-PAC:

domaine de haute-rés.: 20N/20S et 60E/120W

Résolution horizontale: 0.5deg à l'intérieur et 2 deg à l'extérieur du domaine de haute-rés.

No. de points de grille à haute résolution: 80x360

### 3. VAR-AMER:

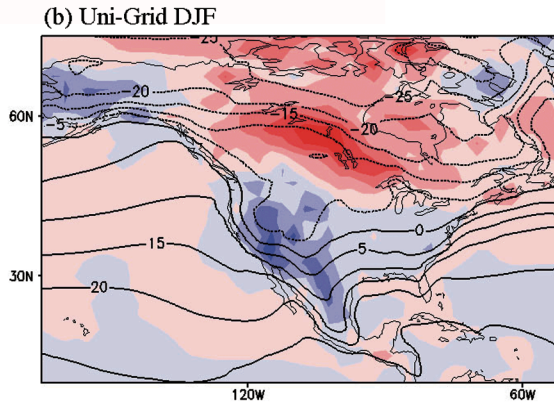
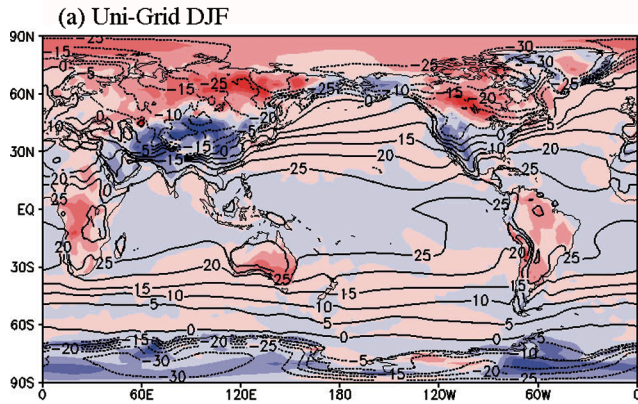
domaine de haute-rés., équateur relatif de 41N-94W à 53N-87W

Résolution horizontale: 0.5deg à l'intérieur et 2 deg à l'extérieur du domaine de haute-rés.

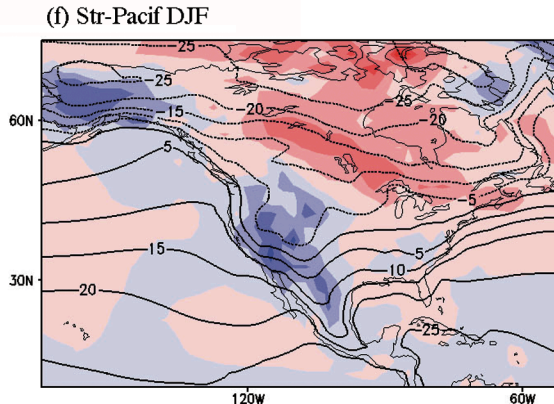
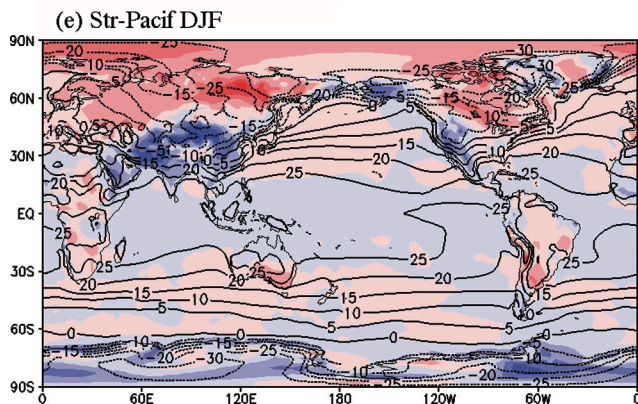
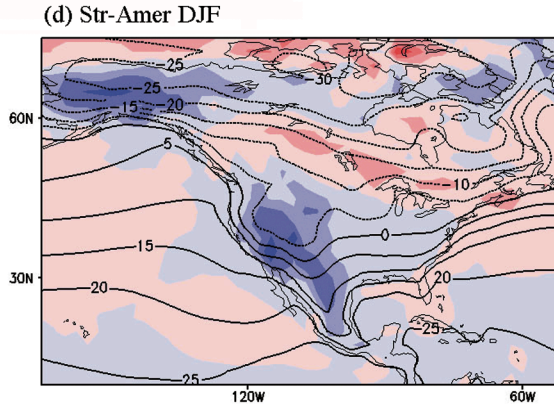
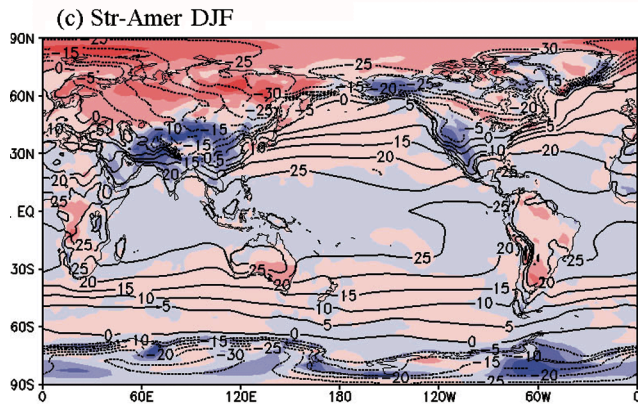
No. de points de grille à haute résolution: 120x150

Nous utilisons les réanalyses ERA40 et les observations existantes pour comparaison.

## 4.1. L'expérience #1: la climatologie du MRV, les téléconnexions et la possibilité pour la prévision saisonnière.

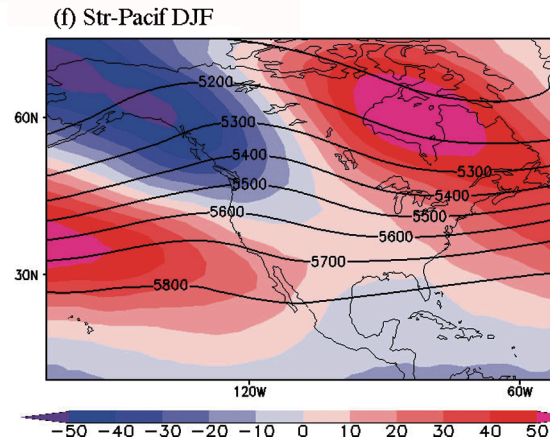
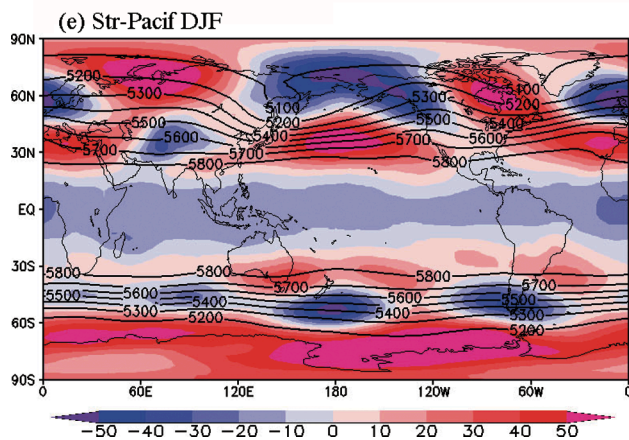
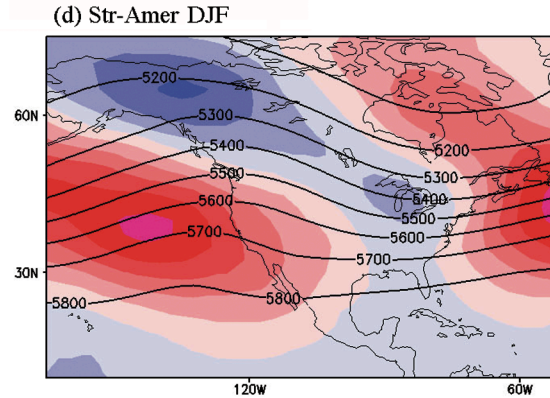
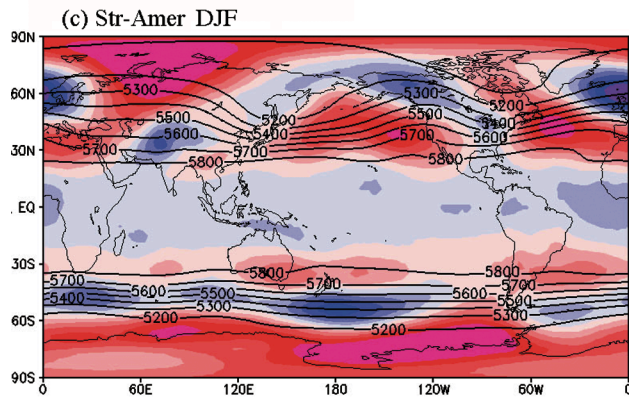
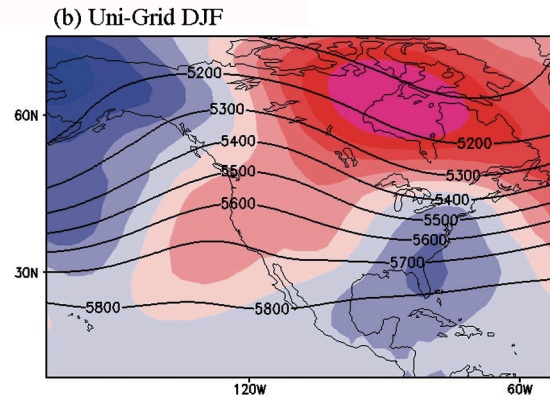
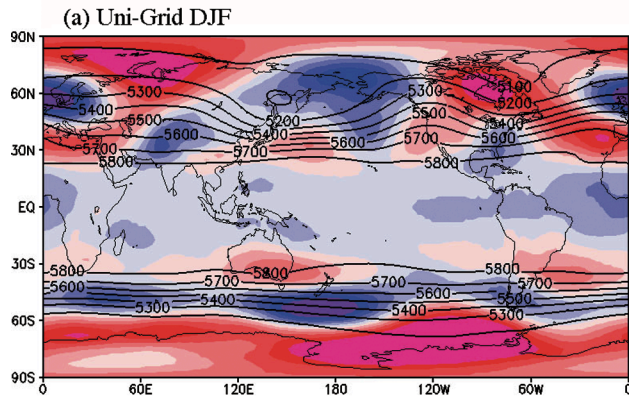


T2m en hiver (DJF)  
23 ans de simulations



Chacune des configurations variables donne un meilleur résultat que la configuration uniforme sur son domaine respectif bien résolu.

## 4.1. L'expérience #1: la climatologie du MRV, les téléconnexions et la possibilité pour la prévision saisonnière.



500hPa GZ en hiver (DJF)  
23 ans de simulations

-La même forme de biais est observé globalement.

-Les biais surtout présents sur les régions extratropicaux.

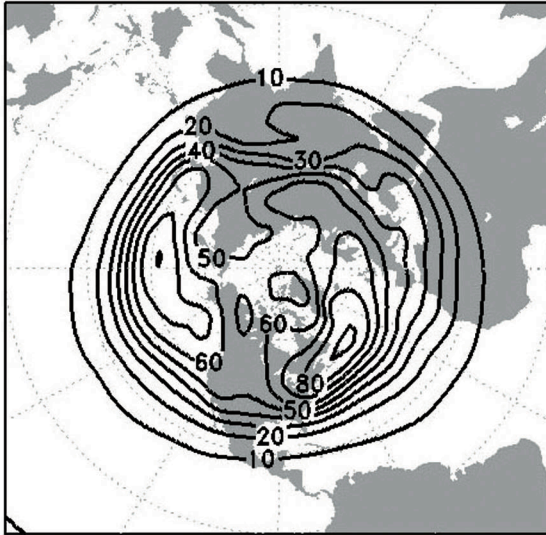
-Sur l'Amérique du Nord, la forme du biais ressemble à la PNA négative

-PAC-VAR sous estime ERA40 plus que les autres configurations sur l'Équateur.

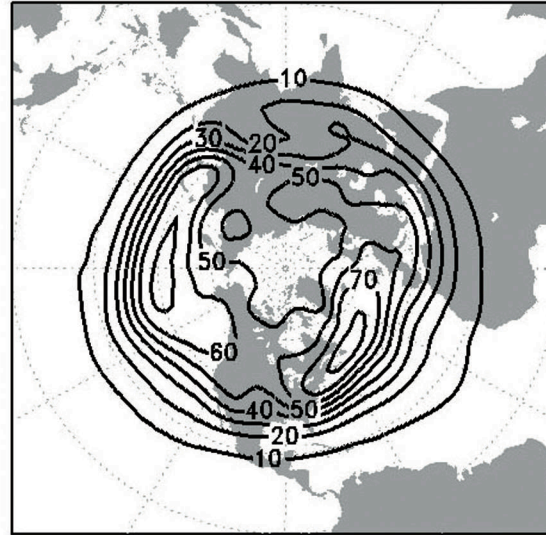


## 4.1. L'expérience #1: la climatologie du MRV, les téléconnexions et la possibilité pour la prévision saisonnière.

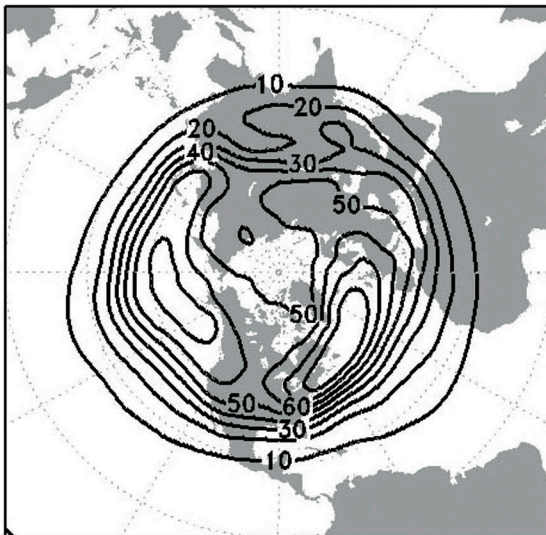
(a) ERA40



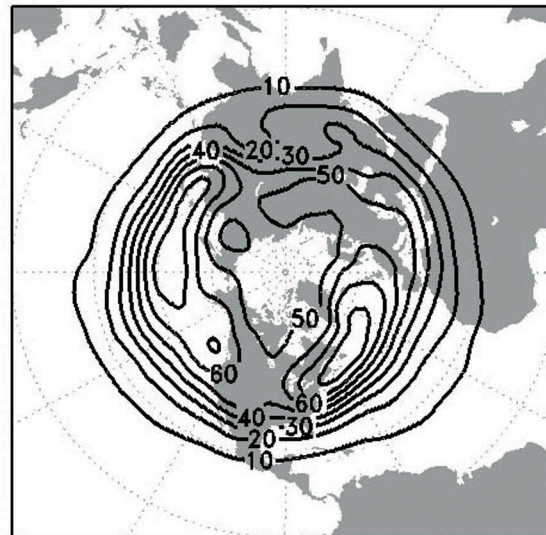
(b) Uni-Grid



(c) Str-Amer



(d) Str-Pacif



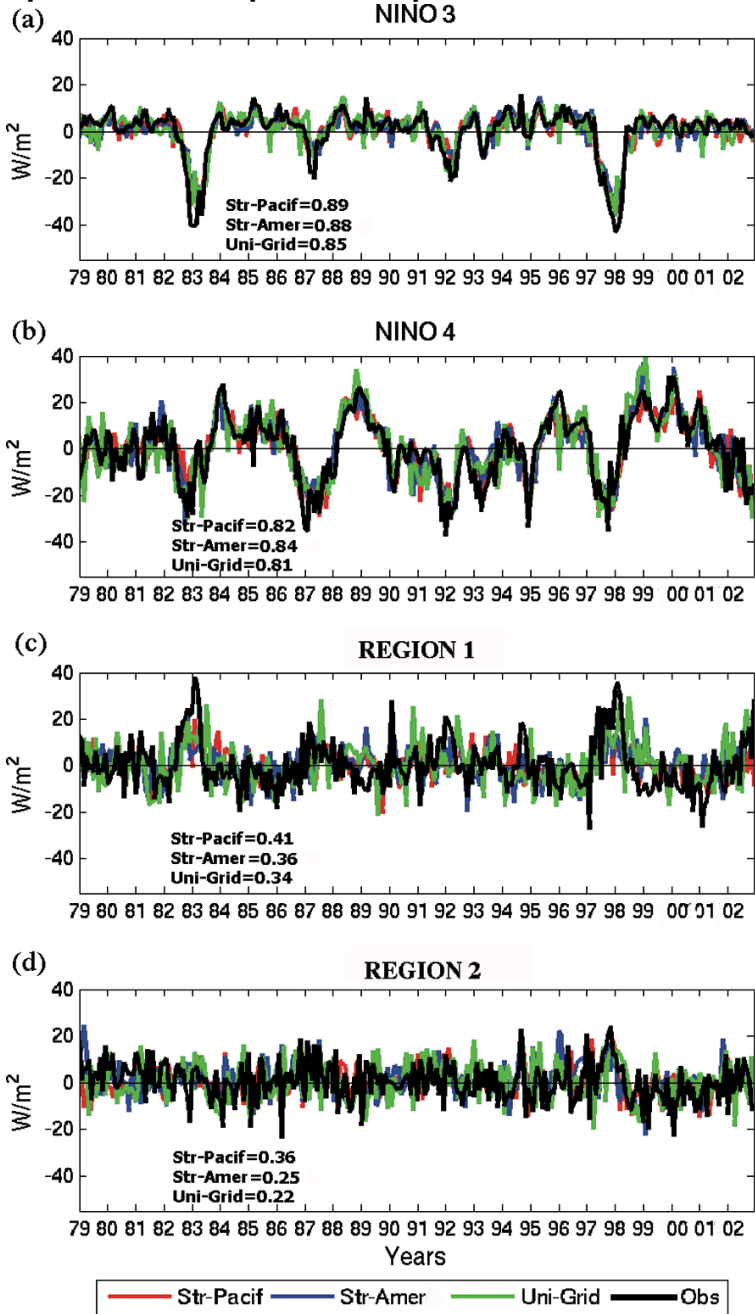
500 hPa géopotiel

DJF 90-jour, haute-fréquence,  
Écart type des perturbations transitoires

Fréquence gardée: 2- 9 jours

Toutes les configurations sont capables de reproduire des magnitudes de la variabilité. La configuration de VAR-AMER donne des locations géographiques du couloir de tempêtes (storm-tracks) les plus proches de ERA40

## 4.1. L'expérience #1: la climatologie du MRV, les téléconnexions et la possibilité pour la prévision saisonnière.

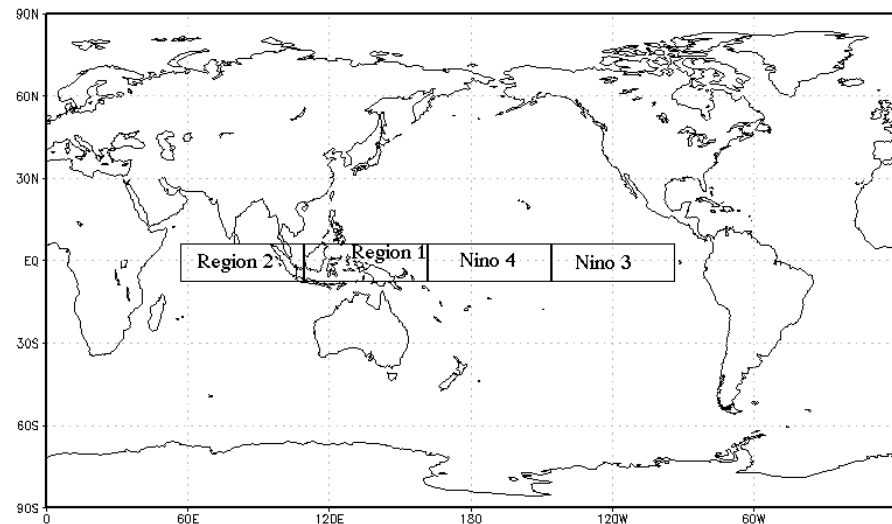


Rayonnement atmosphérique de longues longueurs d'ondes, OLR

Séries temporelles:

Moyenne spatiale des anomalies mensuelles climatologiques sur différentes régions.

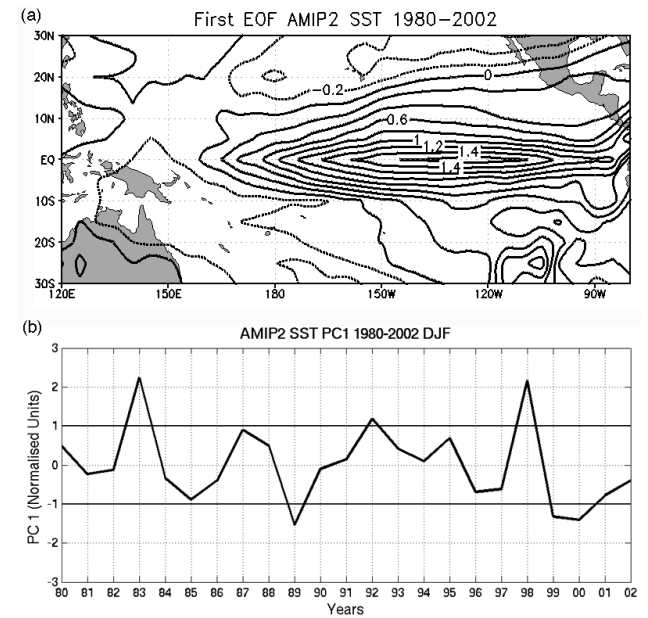
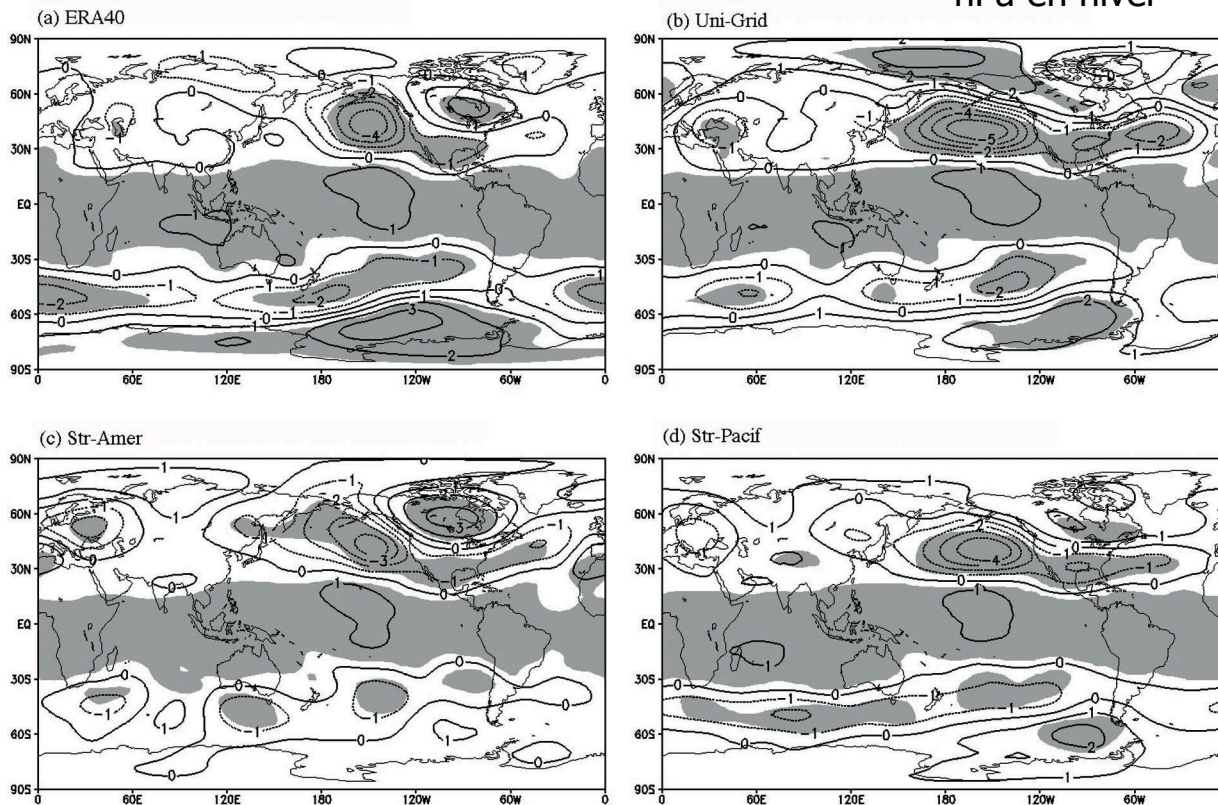
Comparé avec les données satellitaires de Liebman et Smith (1996)



La configuration de variable-pacifique est meilleure pour résoudre la variabilité interannuelle de l'activité convective.

## 4.1. L'expérience #1: la climatologie du MRV, les téléconnexions et la possibilité pour la prévision saisonnière.

la régression de la composante principale de première valeur propre de la température de mer sur le Pacifique central par rapport au champ de géopotential de 500 hPa en hiver



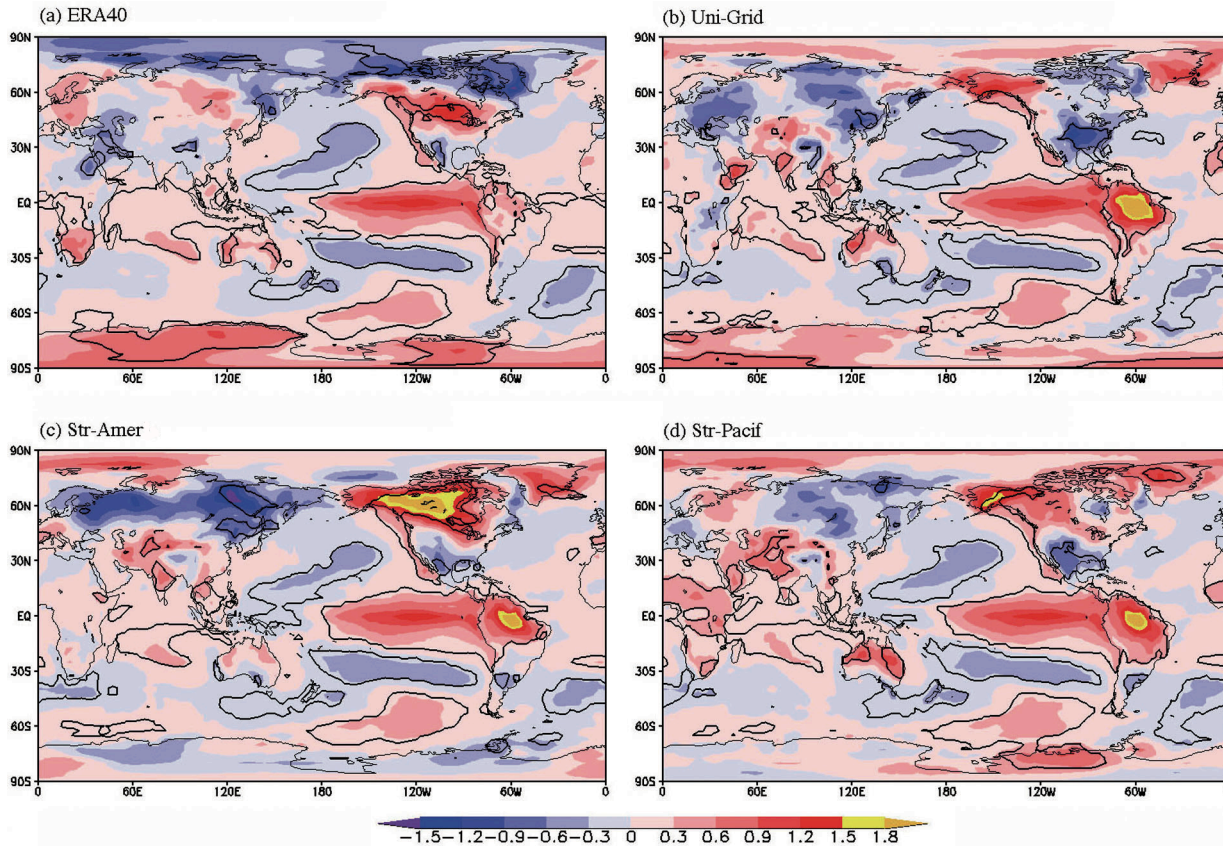
pour l'hémisphère Nord, les configurations à résolutions variables sont plus proches des réanalyses que la résolution uniforme

geop. meters	90°S-30°S	30°S-30°N	30°N-90°N
UNI-GRID	5.5	1.5	12.1
STR-PAC	6.2	1.9	9.9
STR-AMER	9.5	2.3	9.0

Table 3. Absolute spatial mean differences between the three models configuration and ERA40 according to the results presented in figure 16 for the three selected regions. Units are geopotential meters corresponding to one standard deviation of equatorial Pacific SST PC1.

## 4.1. L'expérience #1: la climatologie du MRV, les téléconnexions et la possibilité pour la prévision saisonnière.

Régression sur T2m, hiver



Pour les régions 1 et 2, les configurations variables sont plus proches aux réanalyses

	region 1	region 2	region 3
UNI-GRID	0.28	0.78	0.58
STR-PAC	0.20	0.42	0.93
STR-AMER	0.15	0.27	1.30

Table 4. Absolute spatial mean differences over continental North America between the three models configuration and ERA40 according to the results presented in figure 17. Units are degrees Celsius corresponding to one standard deviation of equatorial Pacific SST PC1. Region 1: 15°N-35°N, region 2: 35°N-55°N, region 3: 55°N-75°N.

## 4.1. L'expérience #1: la climatologie du MRV, les téléconnexions et la possibilité pour la prévision saisonnière.

### Conclusions:

- Chacunes des configurations à résolution variable est plus proche des observations au-dessus de sa région bien résolue respective.
- Cette amélioration n'est pas systématique relativement au domaine à haute résolution, par exemple, sur toute la région ou à tous les niveaux verticaux.
- Les erreurs systématiques observées avec la config. de grille-uniforme sont réduites mais toujours présentes dans les configurations à res. variable.
- Représentation de l'influence des SST sur la convection tropicale:  
Il n'y a pas assez d'évidences d'un impact significatif sur la circulation extra-tropicale ou sur la climatologie de l'Amérique de Nord calculé pour 23 ans de simulation.
- Comme la réponse au mode de variabilité des SST le plus significatif du Pacifique équatorial, les configurations à res. variable ont des tendances de téléconnexions atmosphériques plus réalistes que la configuration uniforme sur l'Hémisphère Nord.
- Comme les anomalies tropicales des SST fournissent le signal dominant pour la prévision saisonnière, la dernière conclusion suggère que les configuration à res. variable peuvent avoir du succès en prévisions saisonnières en Amérique du Nord.

**Markovic, Lin, Winger, 2010:** Simulating Global and North American Climate Using the Global Environmental Multiscale Model with a Variable Resolution Modelling Approach. *Mon. Wea. Rev.* Vol. 138, No. 10. 3967–3987.

## 4.2. L'expérience #2: la prévision saisonnière avec une approche d'ensembles incluant le MRV.

### 1. Contrôle :

La grille uniforme de résolution à 2deg

### 2. VAR-PAC:

domaine de haute-rés.: 20N/20S et 60E/120W

Résolution horizontale: 0.5deg à l'intérieur et 2 deg à l'extérieur du domaine de haute-rés.

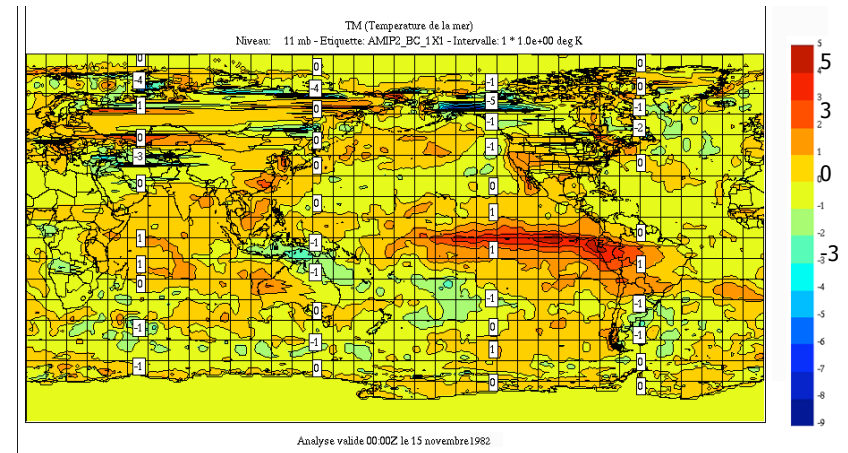
No. de points de grille à haute résolution: 80x360

### 3. VAR-AMER:

domaine de haute-rés, relative à l'équateur (41N-94W et 53N-87W)

Résolution horizontale: 0.5deg à l'intérieur et 2 deg à l'extérieur du domaine de haute-rés.

No. de points de grille à haute résolution: 120x150



Nous faisons les simulations pour les 4 mois d'hiver (DJFM) pour 4 El Nino (e.g. 1982/83, 1986/87, 1991/92, 1997/98) et pour 3 La Nina (1988/89, 1998/99, 1999/00).

Dix ensembles pour chaque saison de Nino/Nina en utilisant des analyses différentes, espacées de 12h en reculant à partir du 1er Décembre pour chaque saison simulée.

Les analyses sont fournies par *Juan Sebastian Fontecilla* de CMC, Dorval. Les expériences sont faites à l'UQAM avec notre machine Marvin.

Les expériences sont forcées avec les anomalies des SST du mois de Novembre ajoutées sur la climatologie de DJFM (sur chaque mois séparément) pour chaque saison séparément. (*PERSISTED SST ANOMALIES*)

## 4.2. L'expérience #2: la prévision saisonnière avec une approche d'ensembles incluant le MRV.

- Analyse de GZ500 et T2m faite un mois à l'avance (*with one month lead time*) pour la saison de JFM
- analyse du signal, du bruit et leur ratio
- l'analyse de la connexion entre la non-linéarité d'ENSO et la magnitude du signal dans le Pacifique Nord
- la comparaison des moyennes de champs d'anomalies des différentes variables avec ERA40 ou les observations pour le saison El Nino.
- Analyse de cote d'habileté (*skill scores*): la prévision selon les catégories, le racine carre d'erreur quadratique moyenne (*RMSE*), corrélation temporelle, les indices de PNA/NAO.

Le but: mis-à-l'échelle dynamique pour la prévision régionale surtout pour l'Amérique du Nord.

## 4.2. L'expérience #2: la prévision saisonnière avec une approche d'ensembles incluant le MRV.

### 500 hPa GZ

**Le signal:** 
$$V_e = (1/N - 1) \sum_{i=1}^N (M_i - M)^2$$

$M_i$  - moyenne d'ensemble calculée séparément pour chaque saison d'ENSO

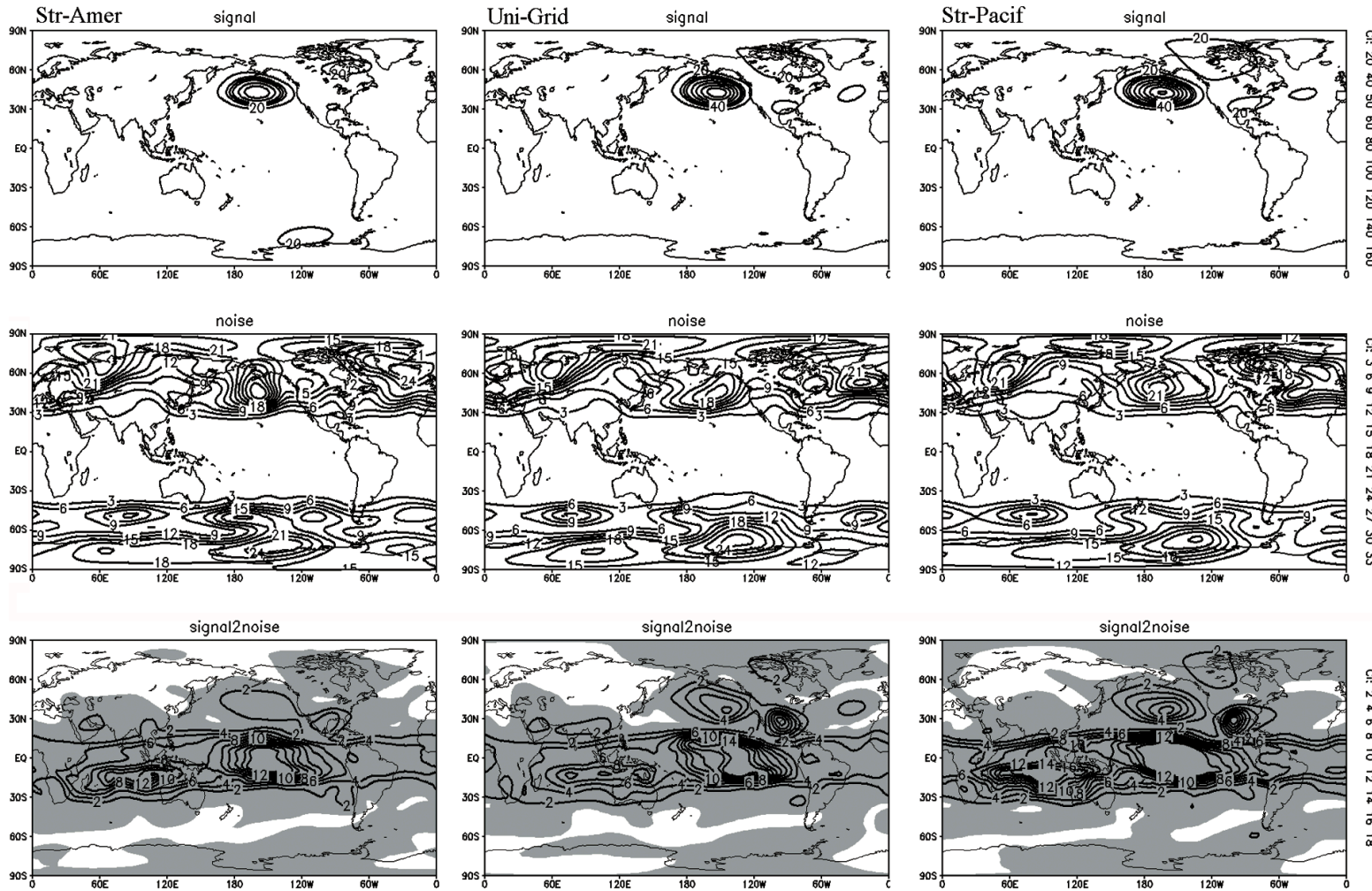
$M$  - moyenne totale

$N$  - les années d'ENSO (7 au total)

**Le bruit:** 
$$V_i = [1/N(Y - 1)] \sum_{i=1}^N \sum_{ens=1}^Y (M_{iens} - M_i)^2$$

$M_{iens}$  - chaque membre d'ensemble de la période simulée

$Y$  - numéro d'ensembles (10 au total)

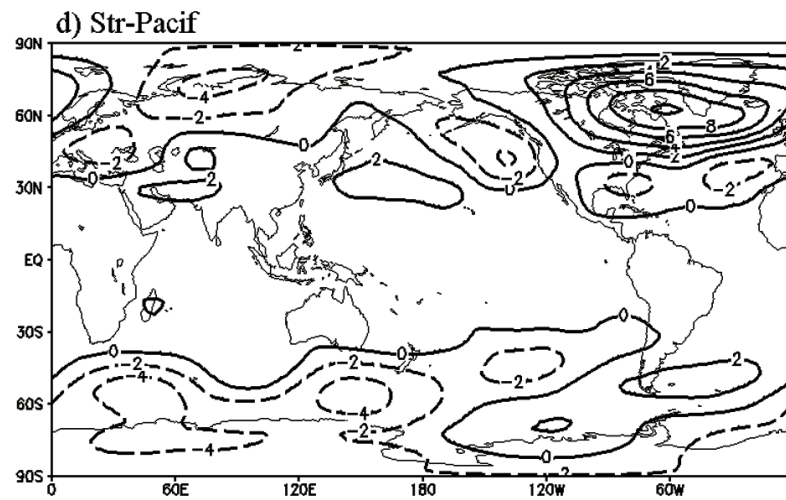
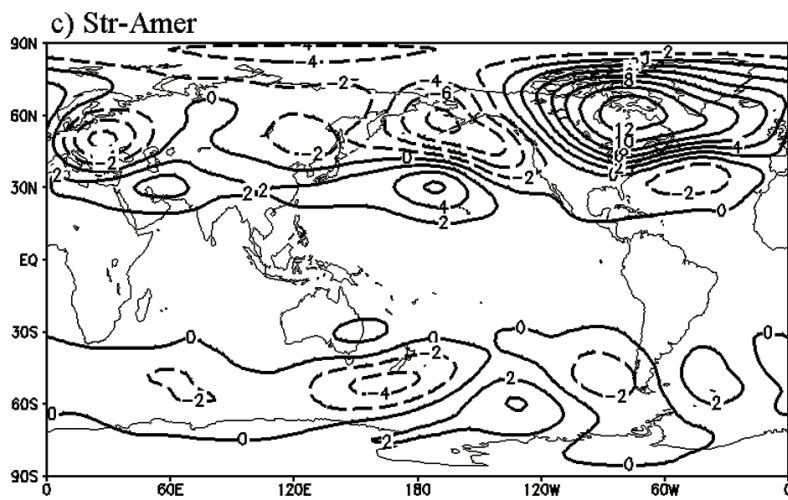
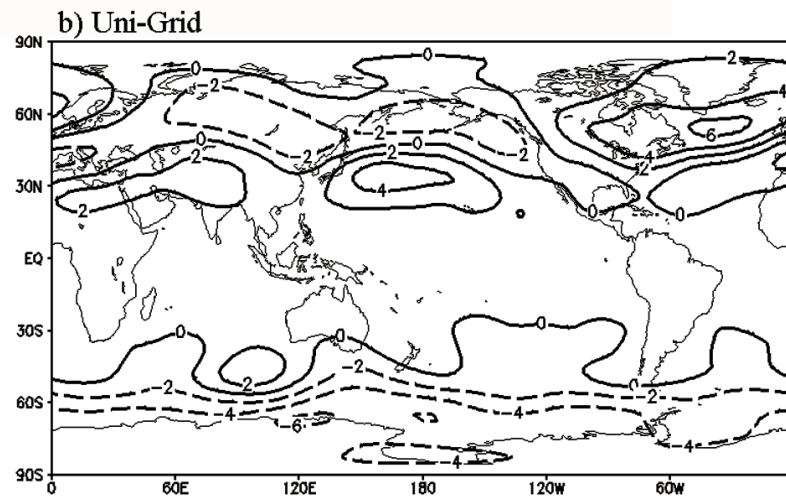
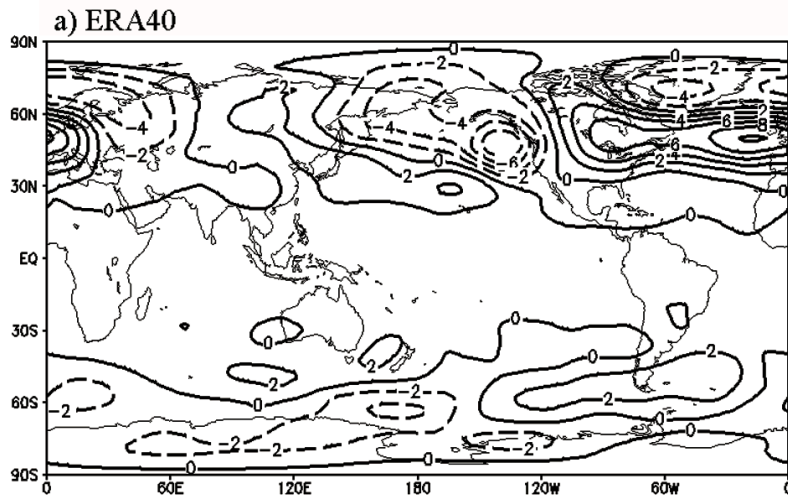




## 4.2. L'expérience #2: la prévision saisonnière.

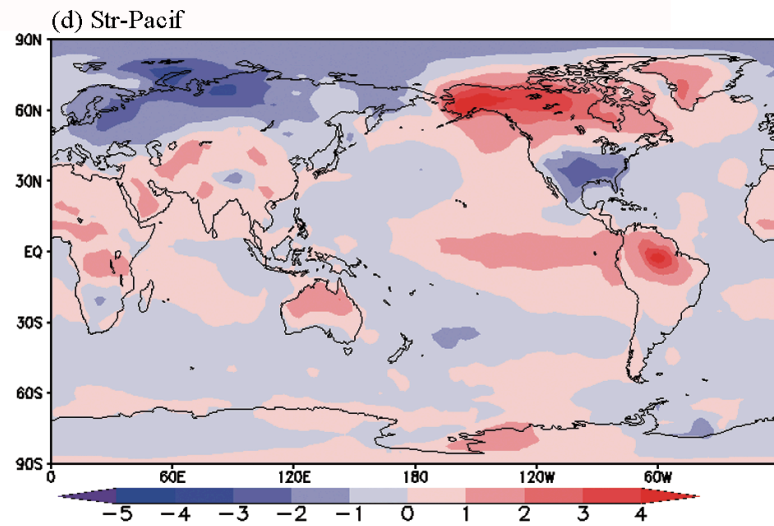
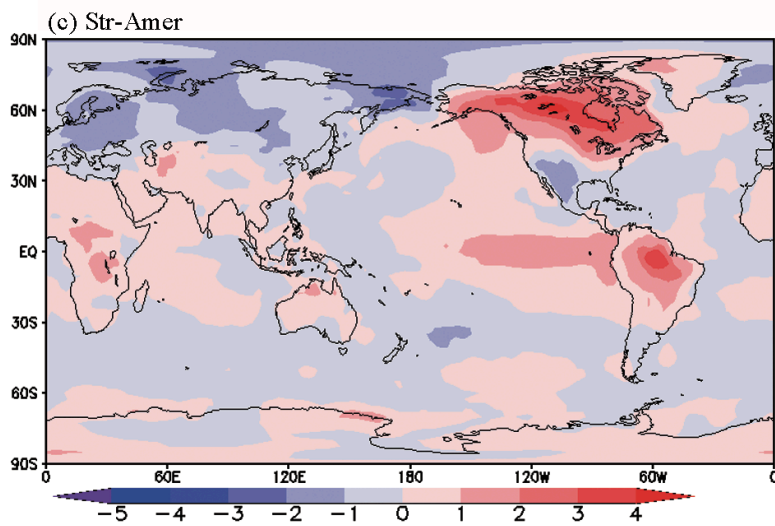
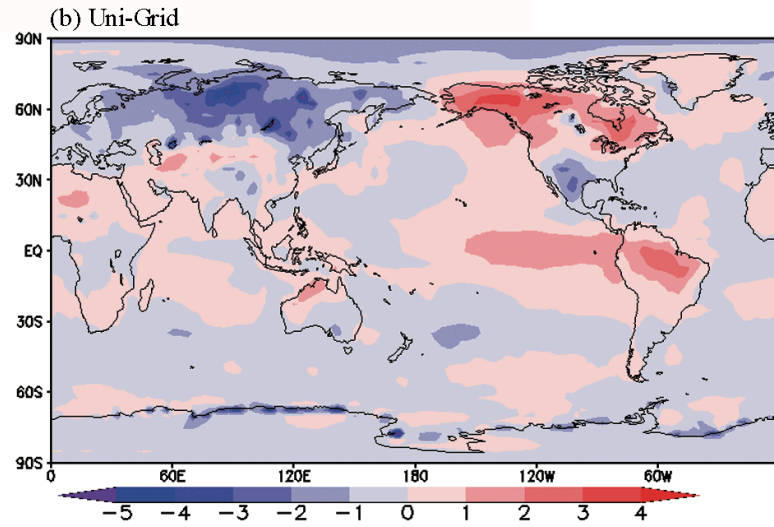
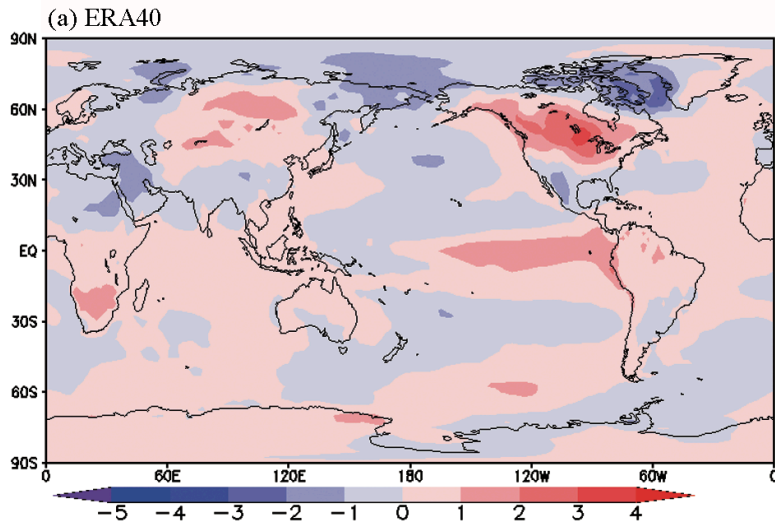
Composante non-linéaire d'anomalie de GZ500 est défini comme la somme des événements de El Nino et La Nina (Hoerling, 1997)

Deux centres: PNA, NAO



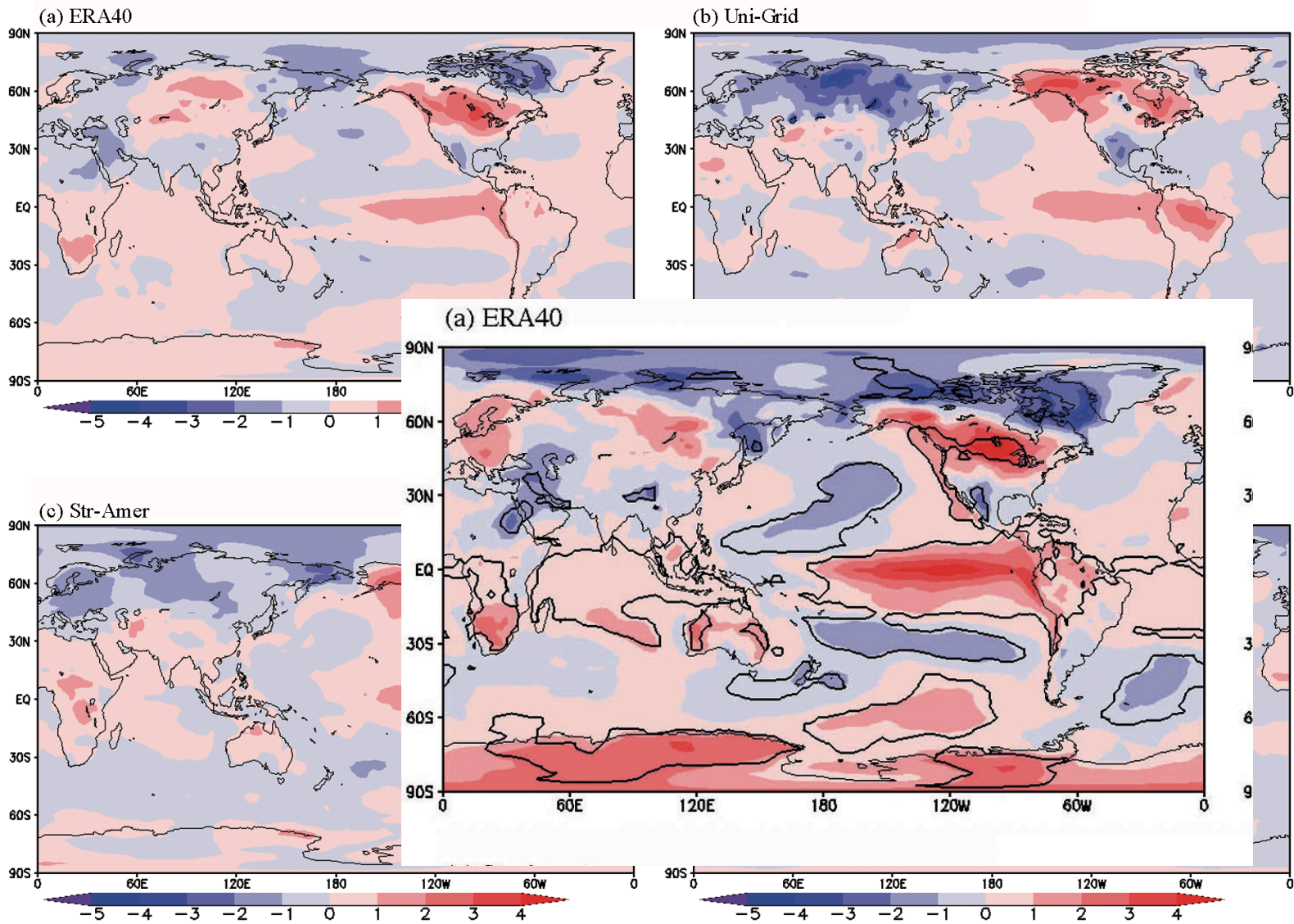
## 4.2. L'expérience #2: la prévision saisonnière.

T2m, champs d'anomalies prévu pour les composites de El Nino, JFM



## 4.2. L'expérience #2: la prévision saisonnière.

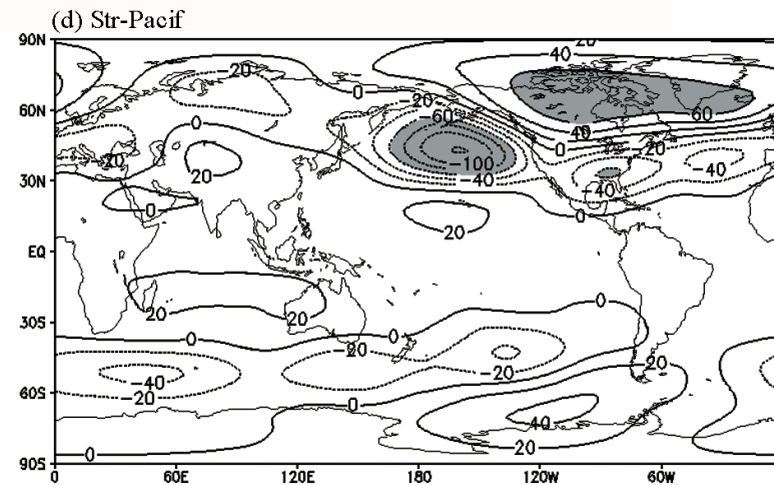
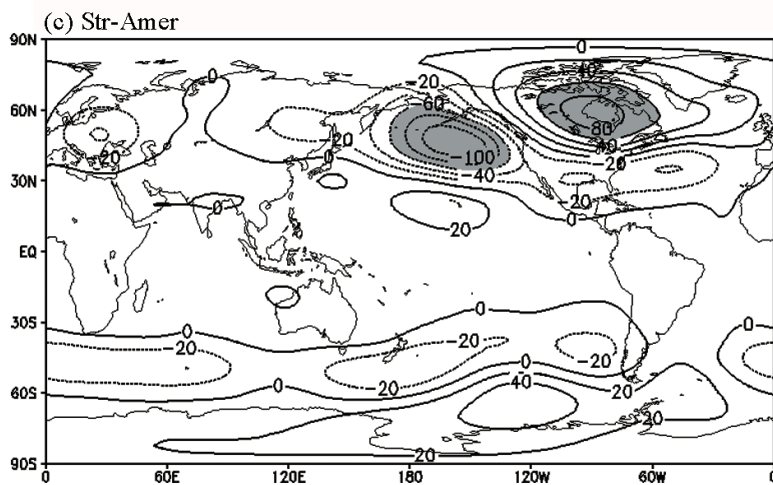
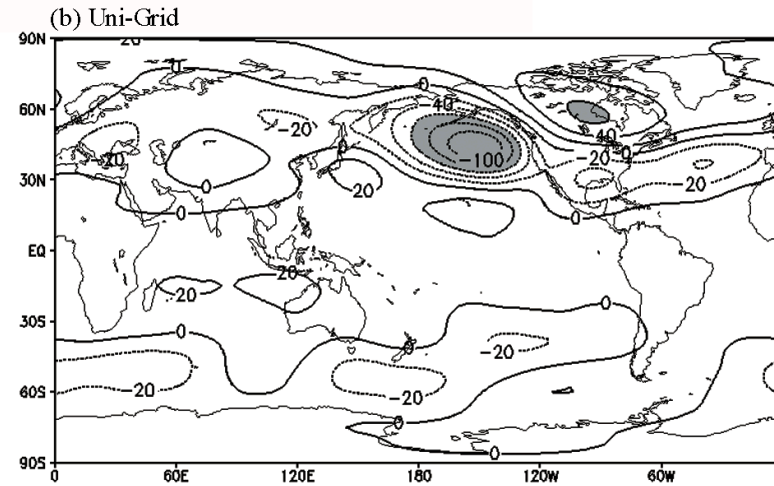
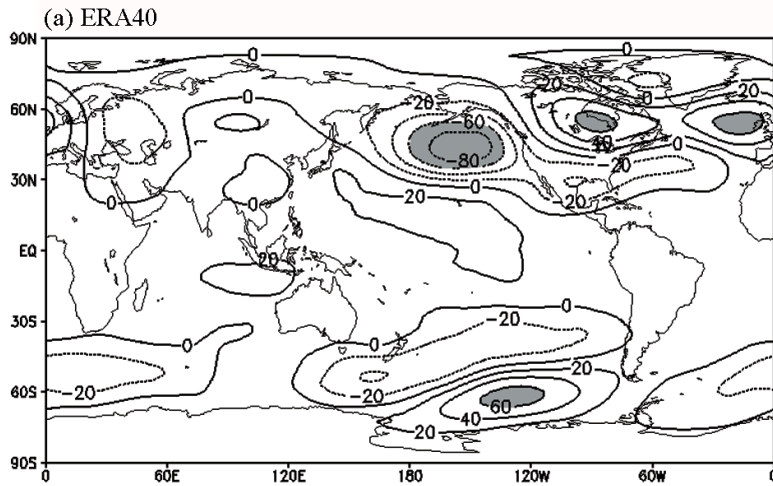
T2m, champs d'anomalies prévu pour les composites de El Nino



## 4.2. L'expérience #2: la prévision saisonnière.

GZ500, champs d'anomalies prévu pour les composites de El Nino, JFM

Surfaces ombrées  
-60gpm > GZ500 > 60gpm



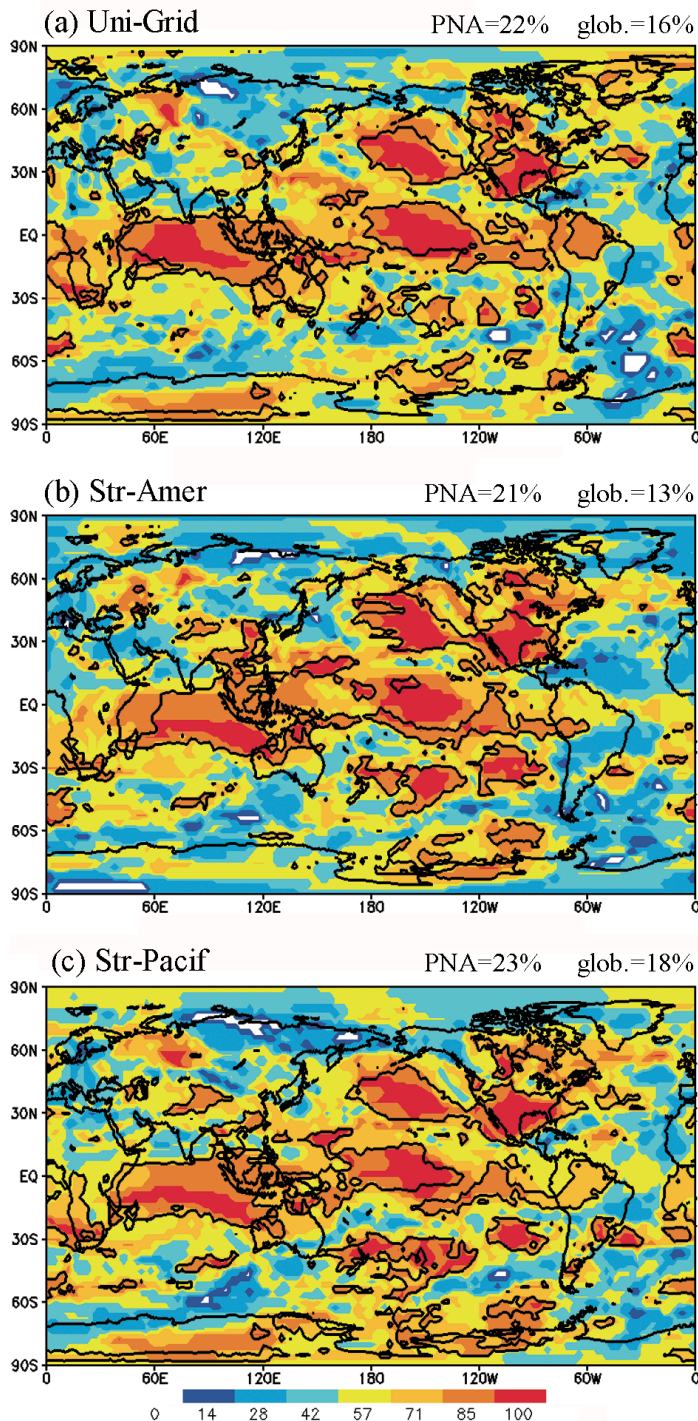
## 4.2. L'expérience #2: la prévision saisonnière GZ500, JFM

La prévision selon les catégories (category forecast): pour voir la distribution des données des modèles selon les catégories choisies (ex. la normale, plus bas que la normale, plus haut que la normale)

**plus haut que la norm.:**  $\text{anomalie} > 0.43 * \text{écart\_type}$   
**normale:**  $-0.43 * \text{écart\_type} < \text{anomalie} < 0.43 * \text{écart\_type}$   
**plus bas que la norm.:**  $\text{anomalie} < -0.43 * \text{écart\_type}$

Si le modèle et les observations satisfont la même condition pour le même point de la grille, la prévision est correcte!!!!

À la fin nous calculons le pourcentage de la prévision correcte relativement à la période simulée (7 ans parce que les évènements de Nino/Nina sont traités ensemble) L'écart type est calculé relativement à la climatologie de 23 ans présentée dans l'expérience #1.



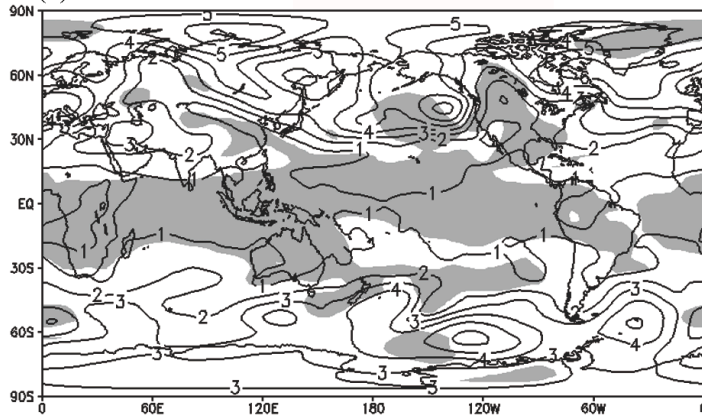
## 4.2. L'expérience #2: la prévision saisonnière

### GZ500, JFM

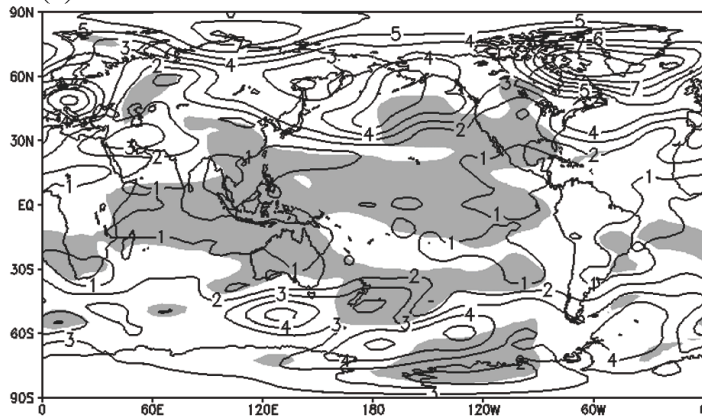
La ligne noire: la racine carre d'erreur moyenne quadratique (RMSE)

La surface grise: corrélation temporelle significative à 5%

(a) Uni-Grid

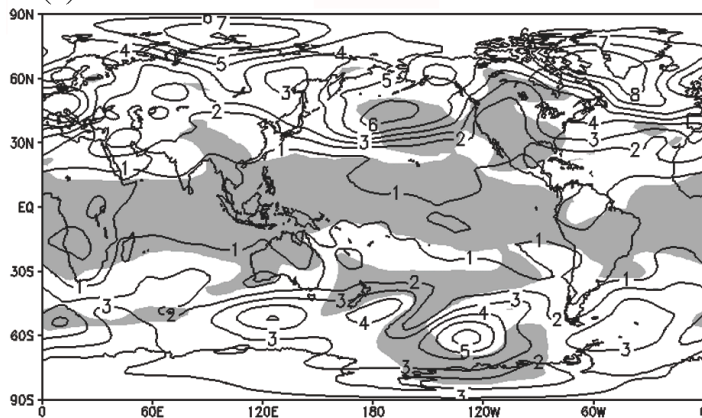


(b) Str-Amer



RMSE: le skill faible est situé aux latitudes moyennes chez tout les configurations, tandis que le skill fort est observé sur les Tropiques. Configuration uniforme donne les meilleurs résultats sur les régions de NAO et Hémisphère du sud. Sur la région de PNA, c'est VAR-AMER qui montre le meilleur skill.

(c) Str-Pacif

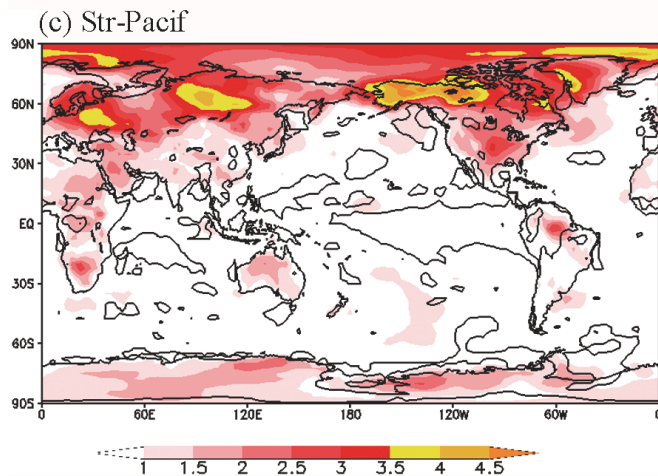
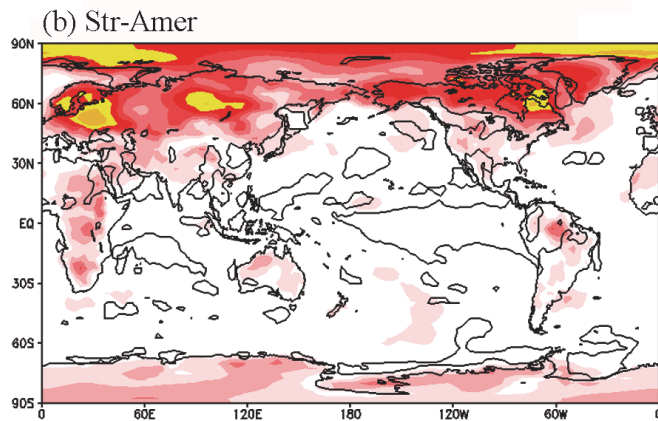
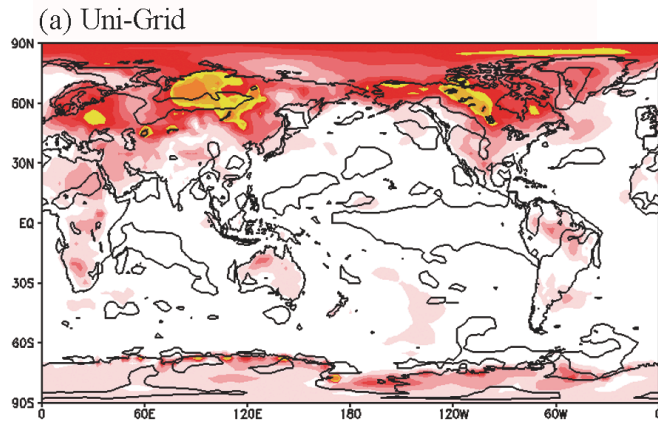


Corr. Coef.: Trois régions significatives:  
PNA (VAR-PAC avec plus de skill )  
Tropiques  
Les ondes du Hémisphère du sud.

## 4.2. L'expérience #2: la prévision saisonnière

### T2m, JFM

En couleur: la racine carré d'erreur moyenne quadratique  
La ligne noire: corrélation temporelle significative à 5%



RMSE: le skill faible est situé aux hautes latitudes surtout sur l'Hémisphère Nord dans toutes les configurations. L'analyse de moyennes spatiales et les corrélations spatiales démontrent que VAR-AMER a le meilleur *skill* sur Amérique du Nord.

Corr. Coef.: Au dessus d'Amérique du Nord, c'est VAR-AMER qui donne le meilleur *skill*

## 4.2. L'expérience #2: la prévision saisonnière

### Conclusions:

- VAR-PAC montre le plus grand ratio signal-bruit mais l'effet de cette configuration ne montre pas le meilleur « *skill* » est interprété comme le résultat des incohérences des réactions du modèle aux différentes anomalies de la température de surface de la mer.
- Les anomalies et les « skill scores » de T2m sont mieux représentés par VAR-AMER. Cette configuration montre une amélioration comparé à GU pour la prévision de T2m pendant les saisons d'ENSO sur le continent Nord Américain.
- Aucune configuration ne donne de meilleurs résultats de manière consistante pour les prévisions d'anomalies ou pour les « skill scores » , pour la variable de GZ500.
- Il n'y a pas assez d'évidence pour indiquer que les configurations à résolution variable ont un avantage clair comparativement à un approche uniforme.



## 5. Travail à venir: l'étude de la variabilité de basse fréquence (MJO).

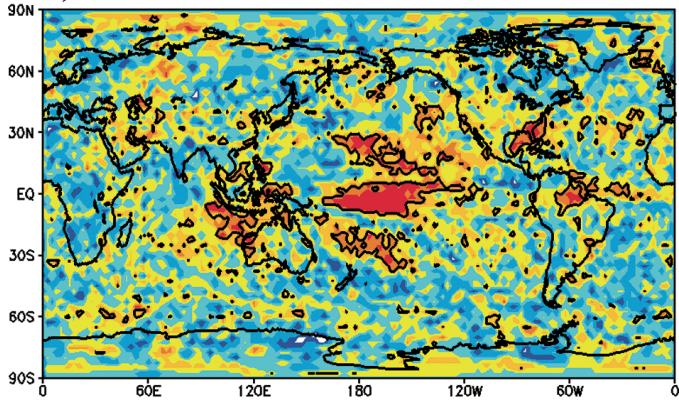
- MJO: le mode dominant de variabilité inter-saisonnière dans les tropiques (Lin et al., 2007) qui est couplé avec la convection organisée et a une influence sur les latitudes moyennes.
- Les oscillations sont caractérisées par une période de 40-50 jours, présentes dans l'Océan Indien équatorial et dans le Pacifique. Madden and Julian 1972: Beaucoup des variables atteignent un maximum sur la période de 50-60 jours: la pression de surface, le vent zonal, la vapeur d'eau. Le signal voyage à 10m/s et peut traverser le Pacifique en 6 jours.
- Les analyses préliminaires sont faites pour isoler le MJO:
  1. Analyse spectrale de Hayashi
  2. Analyse spectrale de Wheeler and Kiladis, 1999
- Les résultats préliminaires: la différence entre les simulations ne sont pas majeures.
- Comme toutes les simulations existantes utilisent le schéma de convection de Kain-Fritsch, nous faisons une autre simulation de 23 ans avec la résolution uniforme et le schéma de convection de Kuo.

Le but: comparer les résultats de simulations en changeant la résolution et le schéma de convection.

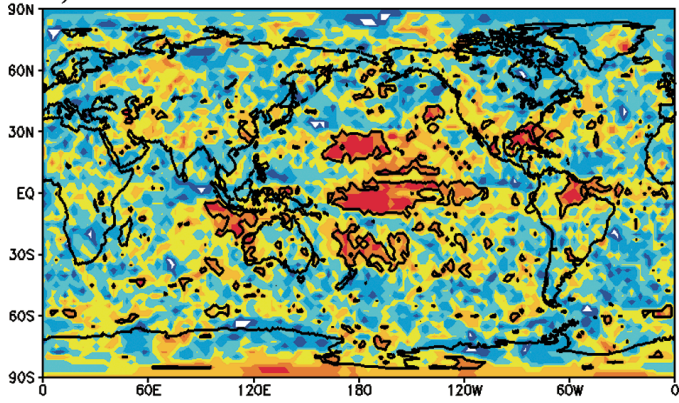
**Merci !**

# La prévision selon les catégories, Precip

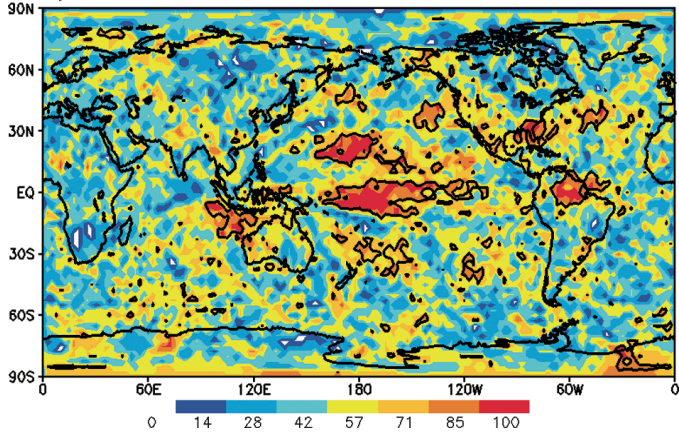
a) Uni-Grid



b) Str-Amer

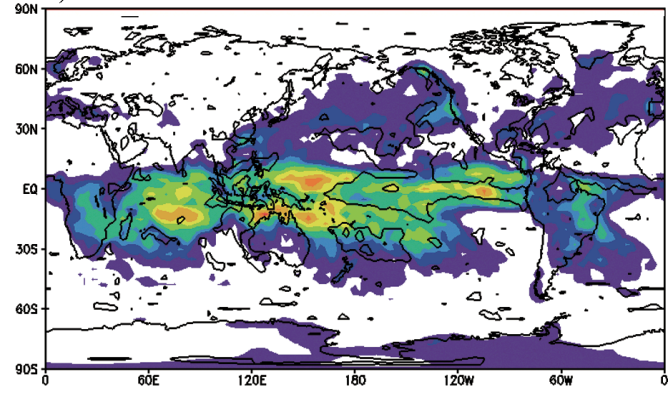


c) Str-Pacif

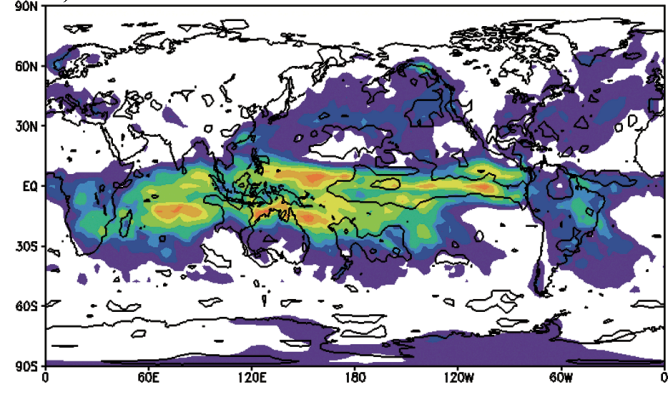


# RMSE et corr. coefficient

a) Uni-Grid



b) Str-Amer



c) Str-Pacif

