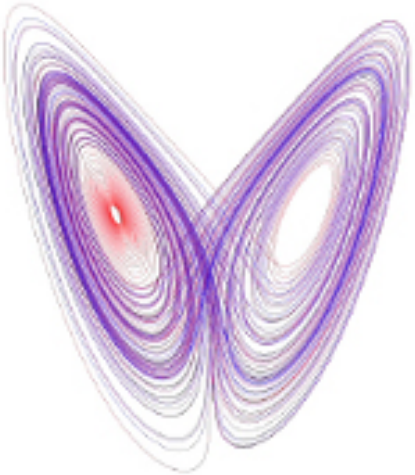
Perturbations stochastiques de la dynamique du modèle ARPEGE-Climat en prévision saisonnière

- Impact sur la représentation de la circulation atmosphérique de grande échelle -

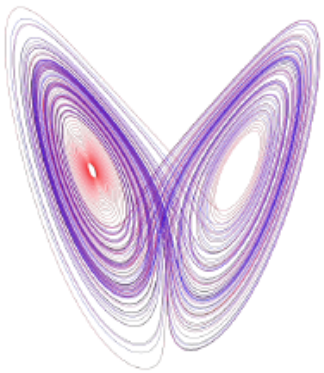
Lauriane Batté et Michel Déqué

CNRM-GAME, Equipe Arpège-Climat



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Sources d'incertitude en prévision saisonnière



Incertitudes liées aux conditions initiales

- De petites incertitudes sur les C.I. peuvent mener à de grandes incertitudes sur l'état final
- Prise en compte : prévision d'ensemble (le plus souvent en partant de C.I. légèrement distinctes)

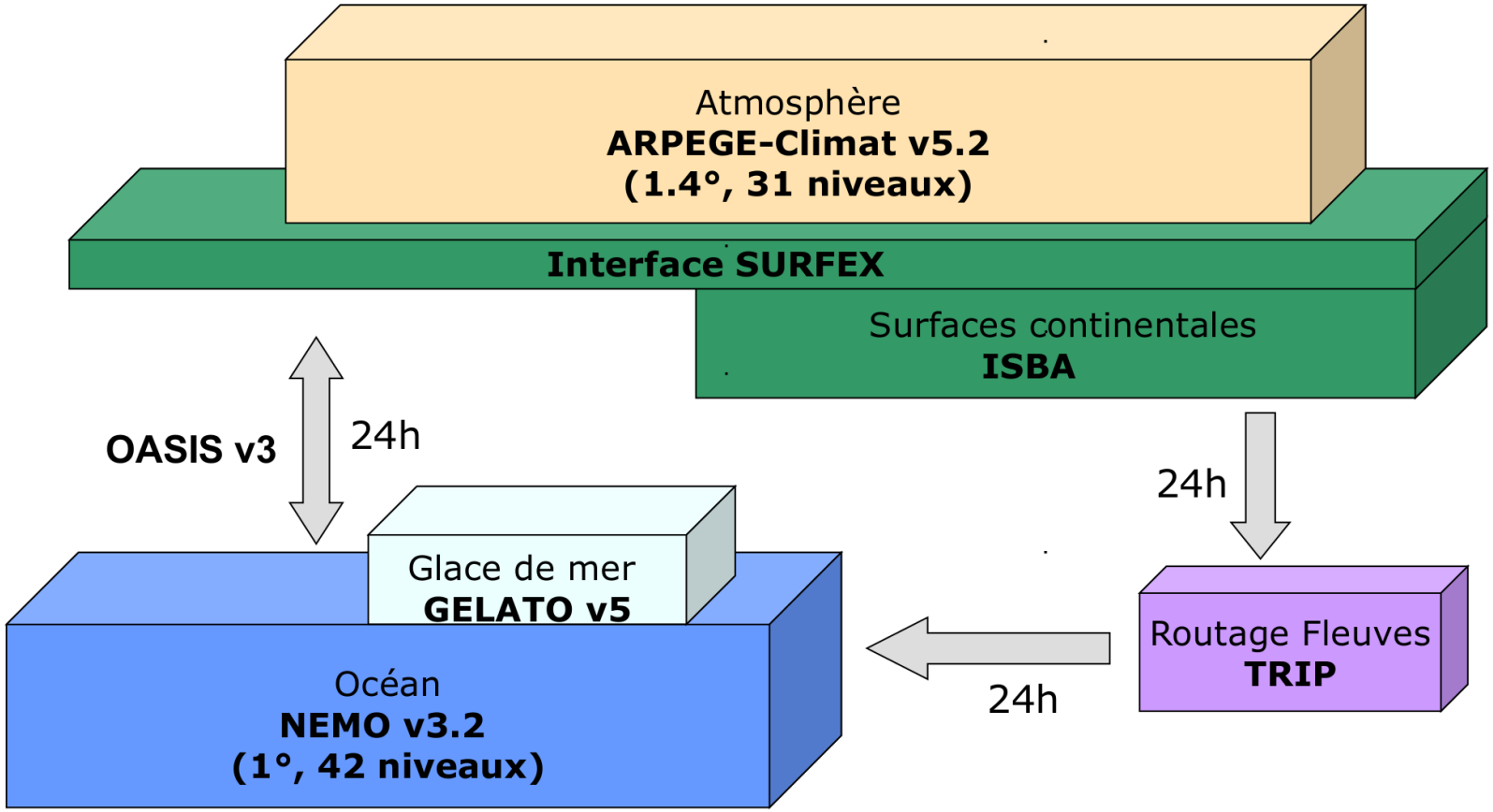
Incertitudes liées au choix du modèle

- Choix de paramétrisations des phénomènes sous-maille
- Approximations numériques
- Prise en compte :
  - Prévision multi-modèle
  - Perturbations stochastiques

$$\frac{\partial \mathbf{X}}{\partial t} = A(\mathbf{X}; t) + P(\mathbf{X}; t)$$

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Prévisions saisonnières avec CNRM-CM5.1



(Voldoire et al. 2012)

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Plan de la présentation

1. Principe et méthodologie de la dynamique stochastique
2. Impact sur les prévisions saisonnières de Z500
3. Représentation des régimes de temps Nord-Atlantiques
4. Conclusions et Perspectives

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Méthodologie pour les perturbations stochastiques

Perturbations stochastiques additives du modèle ARPEGE-Climat

$$\mathbf{X}(t+\Delta t) = \mathbf{X}(t) + \mathbf{M}(\mathbf{X}(t), t) + \delta\mathbf{X}$$

- Variables perturbées : T, Ψ, Q
- $\delta\mathbf{X}$: tirage aléatoire toutes les 6 heures d'un terme de correction d'erreur de tendance initiale du modèle parmi une population $\{\delta\mathbf{X}\}$ donnée

Obtention et classification des $\{\delta\mathbf{X}\}$

- Population $\{\delta\mathbf{X}\}$: rappels d'un run de 32 hivers et 4 membres du modèle couplé rappelé faiblement (nudging) vers ERA-Interim (Guldberg et al., 2005)
- Temps caractéristiques de rappel : 10 jours pour la vorticité, 1 mois pour l'humidité et la température
- Profil vertical : pas de rappel en surface
- Classification de cette population en fonction :
  1. du mois (novembre à février)
  2. de la catégorie de SST (chaude, normale, froide) sur la région Niño 3.4 le mois précédent

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Expériences réalisées

Mise en œuvre de la dynamique stochastique

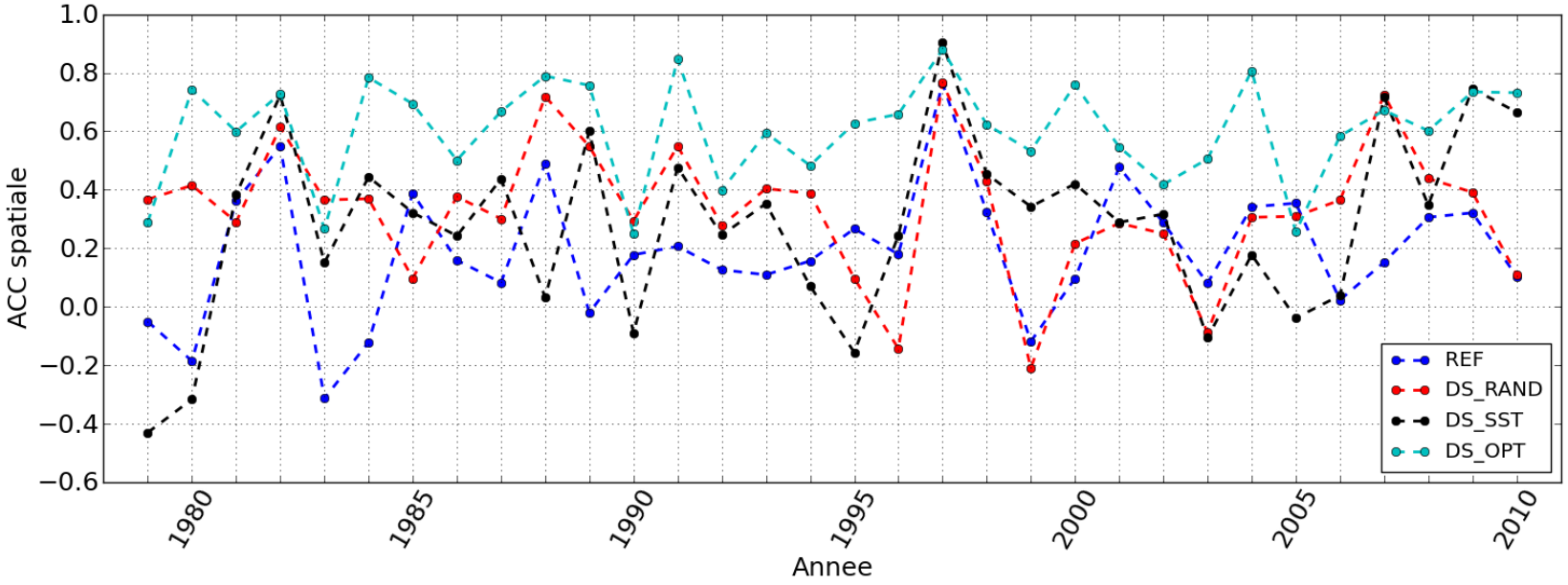
1. Information au début du mois M de l'année y : tercile i de SST du mois $M-1$
2. Tirage aléatoire toutes les 6 heures d'une correction $\delta\mathbf{X}$ parmi la population $\{\delta\mathbf{X}\}_{\{M,i\}}$ correspondante

Expériences

- Caractéristiques : ensembles de 9 membres, prévisions de DJF initialisées le 01/11 sur la période ERA-Interim 1979-2010
- Expérience de référence : prévision d'ensemble saisonnière avec perturbations initiales uniquement ; ***REF***
- Prévision d'ensemble avec perturbations stochastiques aléatoires (dépendant uniquement du mois courant) ; ***DS_RAND***
- Prévision d'ensemble avec perturbations stochastiques tirées parmi trois populations selon le tercile de SST du mois précédent ; ***DS_SST***
- Prévision d'ensemble avec perturbations stochastiques tirées parmi le vrai mois courant (impossible en prévision) ; ***DS_OPT***

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Corrélation des anomalies



Corrélation spatiale des anomalies de Z500 en DJF sur l'Hémisphère Nord des différentes prévisions saisonnières

- Scores de mean-ACC (Déqué et Royer, 1992)

mACC	REF	DS_RAND	DS_SST	DS_OPT
DJF	0.22	0.36	0.34	0.62

- Amélioration des scores avec la méthode de dynamique stochastique
- Classification en SST ne montre pas d'impact par rapport à la méthode aléatoire
- Méthode optimale : potentiel d'amélioration dans la classification des corrections

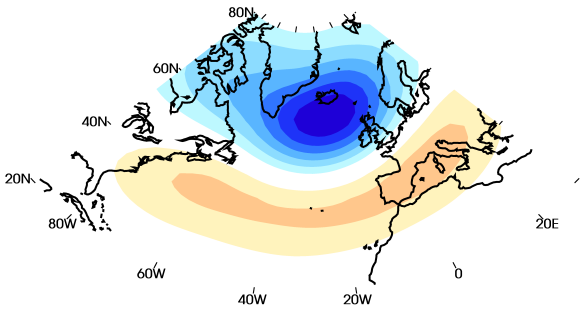
Toujours un temps d'avance

Régimes de temps en Atlantique Nord : méthodologie

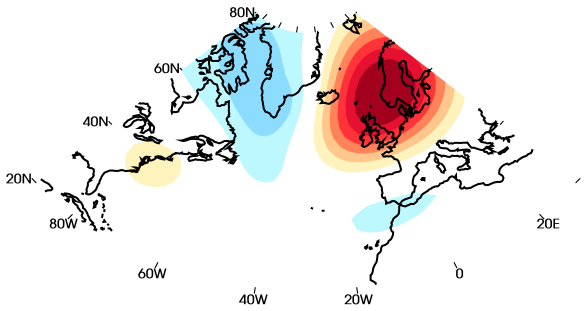
Référence : Z500 ERA-Interim

- Analyse EOF des anomalies quotidiennes de Z500, saisons DJF 1979-2010
- 95% de variance expliquée
- Classification k-means sur la base des EOFs, k=4

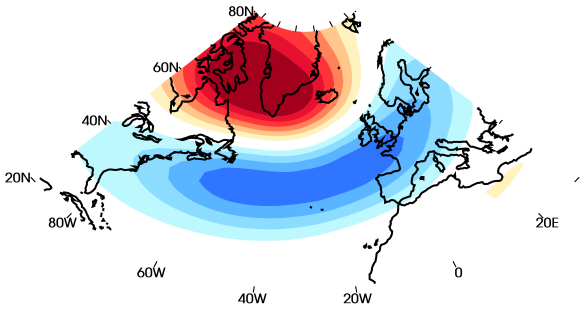
(Michelangeli et al. 1995)



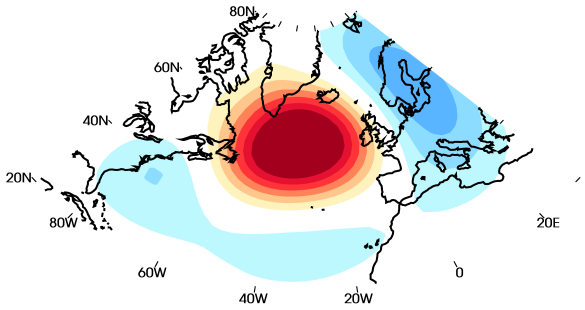
Zonal (34%)



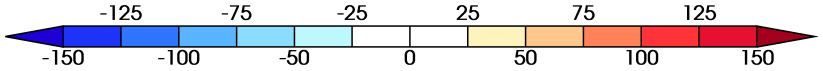
Blocage (27.3%)



NAO$^-$ (20%)



Dorsale Atlantique (18.5%)



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Régimes de temps en Atlantique Nord : méthodologie

Evaluation des prévisions saisonnières

Méthode :

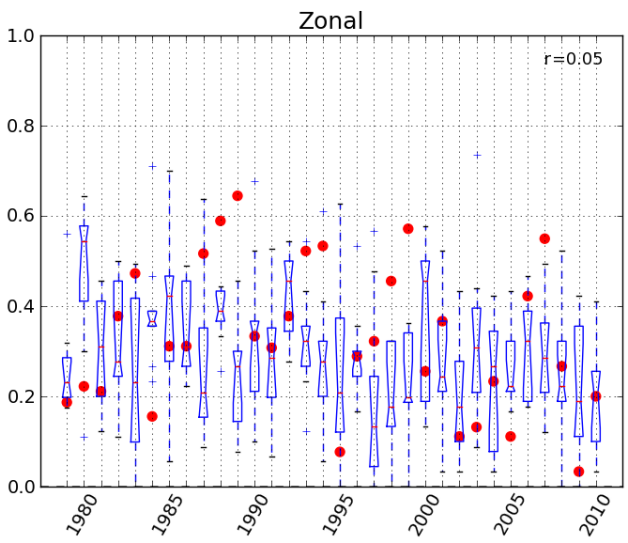
- Projection des anomalies quotidiennes des prévisions sur la base EOF des observations
- Appartenance à un régime : minimisation de la distance euclidienne
- Durée minimale d'un régime : 3 jours (5ème catégorie a posteriori)

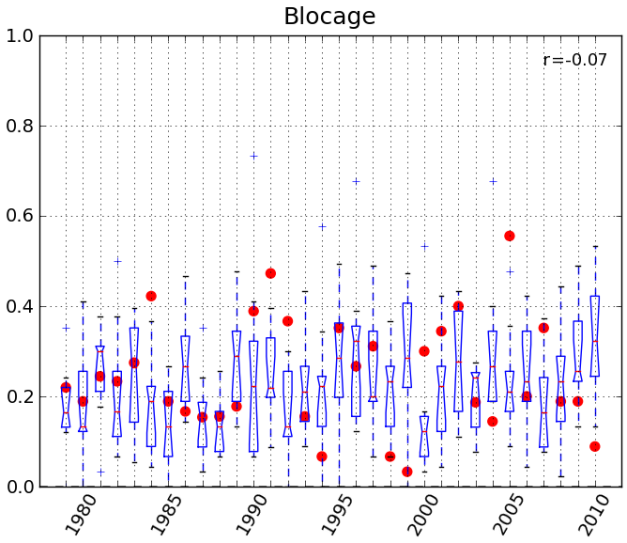
On évalue l'impact de la dynamique stochastique

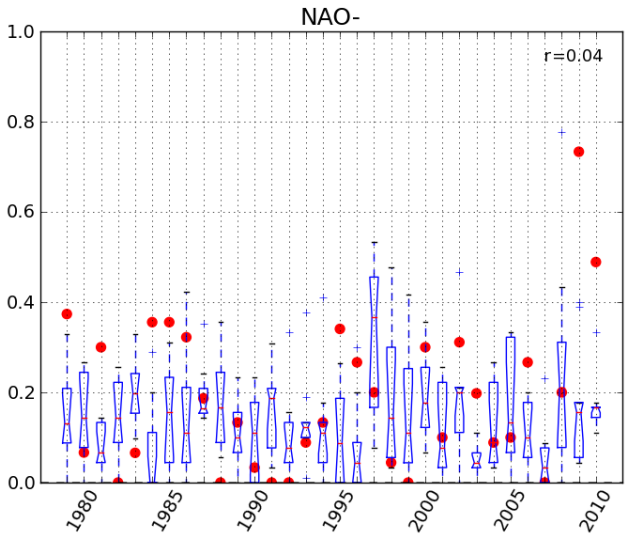
1. sur la fréquence des régimes
2. sur la durée moyenne des régimes
3. sur les transitions de régimes

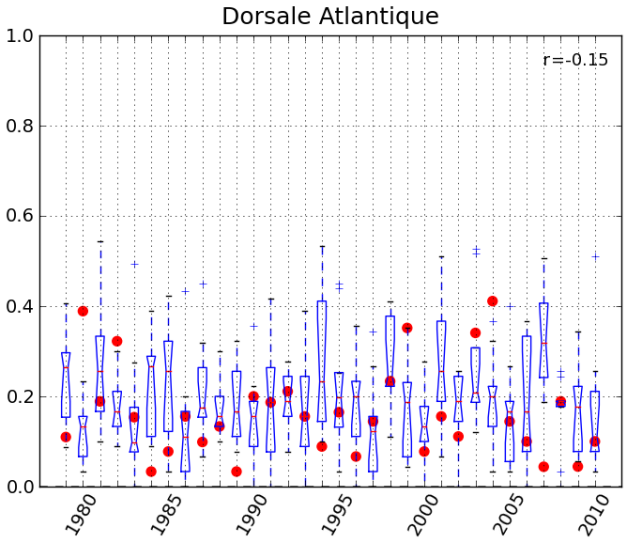
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Fréquence des régimes de temps : prévision REF



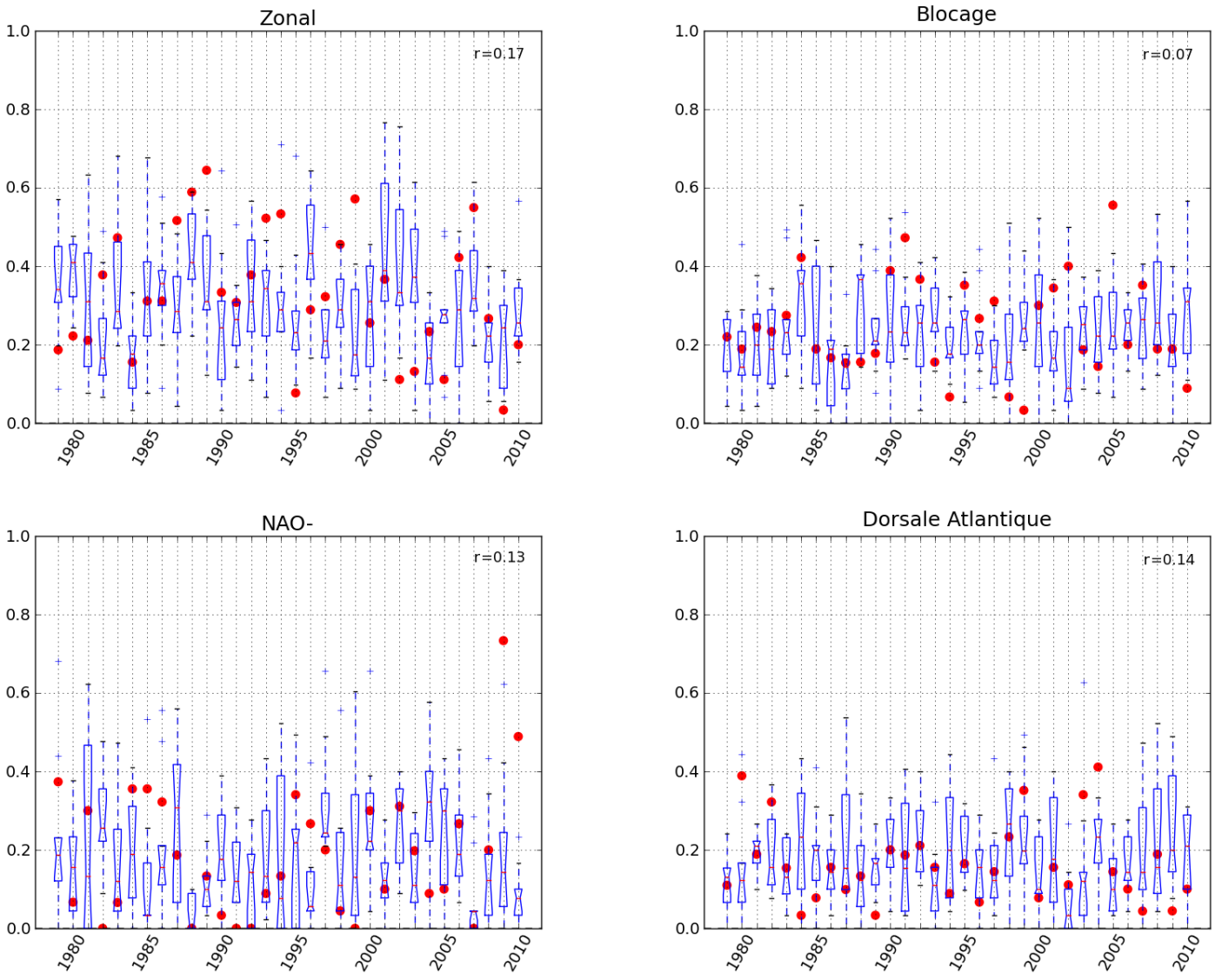






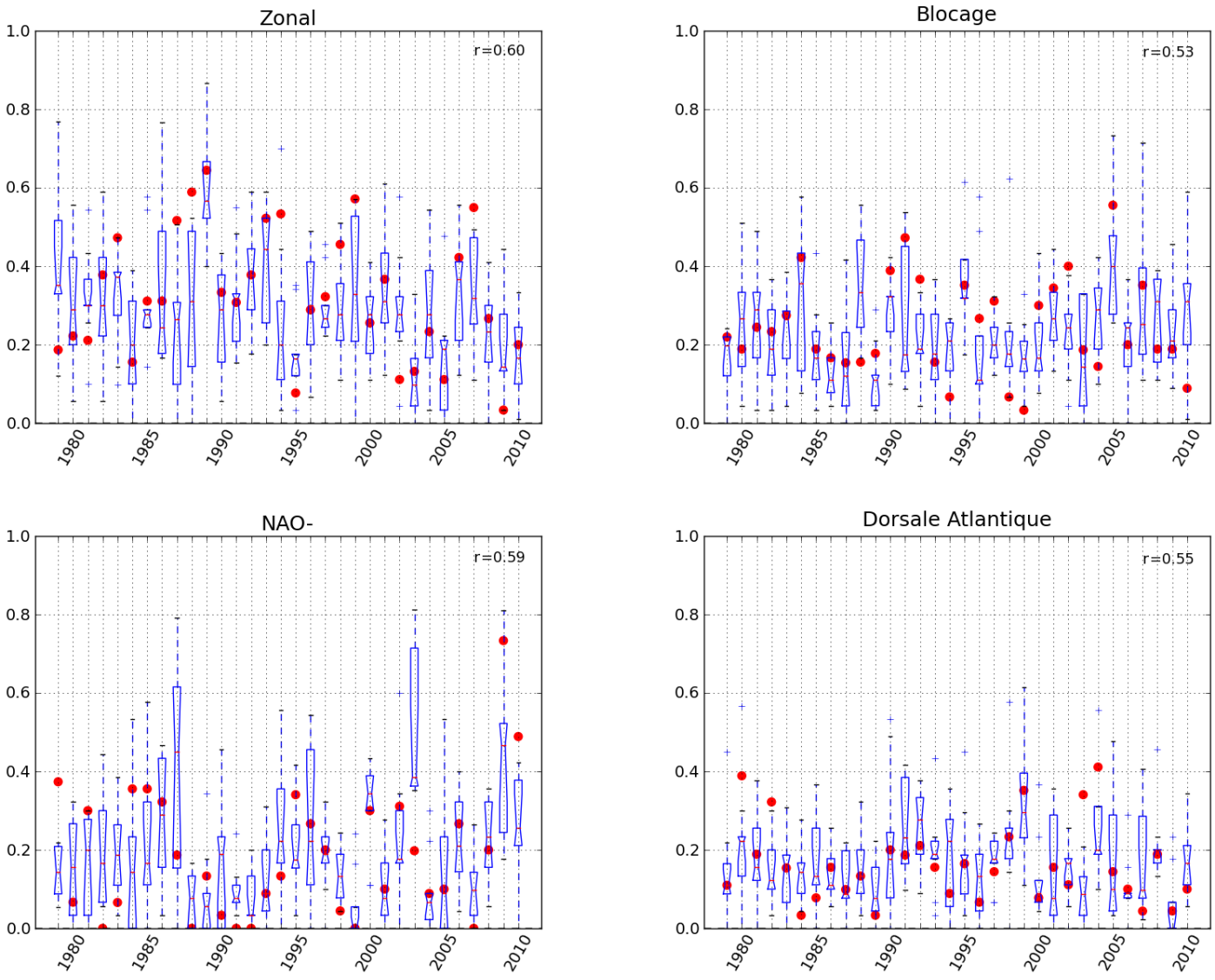
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Fréquence des régimes de temps : prévision DS_RAND



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Fréquence des régimes de temps : prévision DS_OPT



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Durée moyenne des régimes de temps

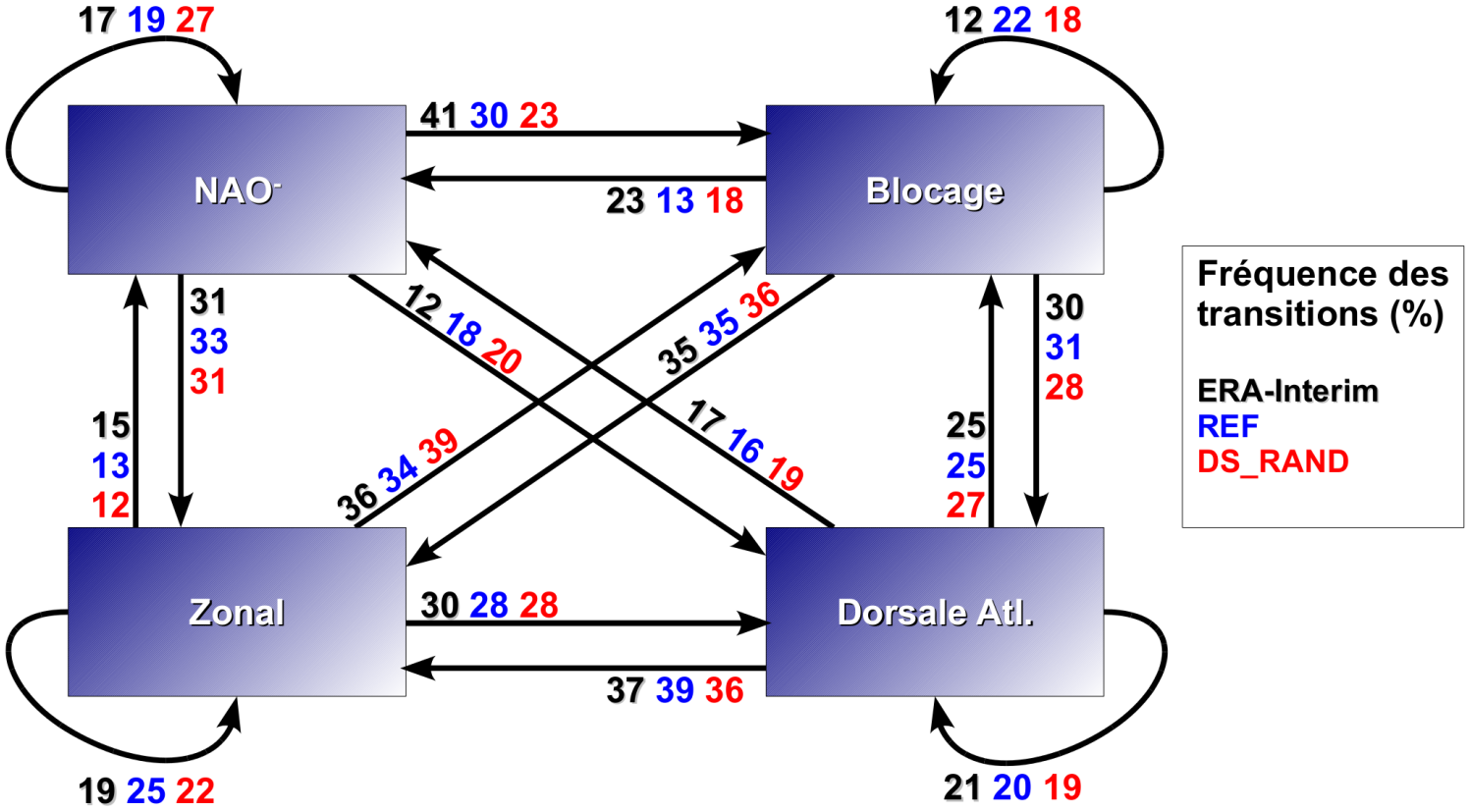
Durée moyenne (en nombre de jours) de chaque régime

Régime	ERA-Interim	REF	DS_RAND	DS_SST	DS_OPT
NAO^-	9.25	7.43	9.15	9.54	9.61
Blocage	7.38	6.77	7.11	7.02	7.56
Zonal	9.45	7.39	8.27	7.96	8.17
D.Atl.	5.89	6.09	6.17	6.32	6.45

- Dans la prévision REF, les durées moyennes des régimes NAO^-, blocage et zonal sont trop courtes.
- Ces défauts sont en partie corrigés par la DS
- Les durées des régimes sont très proches selon les versions de la méthode DS

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Transitions entre régimes



- Bonne représentation dans REF des transitions entre les régimes (sauf entre NAO$^-$ et blocage)
- La DS a peu d'impact sur la répartition des transitions sauf sur le régime NAO$^-$ (trop peu de transitions vers d'autres régimes)

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Conclusions et Perspectives

Impact de la dynamique stochastique

Les perturbations stochastiques additives mises en place

- améliorent les prévisions de Z500 pour la saison d'hiver DJF en termes de corrélation des anomalies
- améliorent la représentation des régimes de temps hivernaux sur l'Atlantique Nord en termes de fréquences et de durée moyenne des régimes

Peu d'impact de la classification des $\delta\mathbf{X}$ en fonction de la SST sur la région Niño 3.4

Travail à venir

- Autre critère de classification des $\delta\mathbf{X}$?
- Impact de la constante de rappel dans la simulation créant les $\delta\mathbf{X}$
- Prévisions saisonnières de la saison d'été (JJA)

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Merci pour votre attention !

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance