

Interpolation ESMF_Regrid pour l'analyse des simulations précipitations EURO-CORDEX.

Working-Note A. Colmet Daage, L. Coquart, E. Sanchez, S. Ricci, CERFACS

Afin de mener à bien une étude de comparaison de modèles de l'exercice EURO-CORDEX, on a besoin d'utiliser des outils d'interpolation qui permettent de ramener les champs simulés ainsi que les ré-analyses (SAFRAN dans le cas présent) sur une grille commune. On s'intéresse ici aux outils disponibles au sein de la méthode précompilée dédiée à l'interpolation, ESMF_regrid, développée au NCAR.

Cet aspect a été abordé dans les travaux de Harader et al. (2015), Kotlarski et al. (2014) qui font des choix différents qu'il nous est apparu intéressant d'analyser plus finement afin de justifier un choix dans nos études futures. Harader et al (2015) utilise la méthode Patch alors que Kotlarski et al. (2014) et Nikulin et al. (2011) utilisent la méthode Conserve. Nikulin et al. (2011) utilise les méthodes Conserve et Bilinear selon l'exercice de mise en cohérence des échelles (upscaling ou downscaling).

Durant les travaux dédiés à l'analyse multi-modèles des précipitations simulées dans le cadre de l'exercice EURO-CORDEX, nous allons constamment devoir interpoler les données provenant des grilles à 12km des différents modèles régionaux vers la grille de référence SAFRAN à 8km. Ces grilles couvrent un espace de surface variable mais ne possède qu'une valeur géolocalisée, généralement au centre de la maille. L'interpolation spatiale consiste à calculer la valeur d'un champ simulé sur un point de grille de destination (aussi appelée grille cible), à partir des valeurs du champ simulé sur les mailles de la grille source plus ou moins proche. Ils existent plusieurs méthodes d'interpolation qui peuvent être basées sur des méthodes de pondération prenant en compte la distance entre les points des grilles source et cible ou encore l'altitude du point de grille source.

La librairie ESMF-Regrid propose trois choix d'interpolation : Bilinear , Conserve ou Patch. Ces méthodes sont décrites par sur le site web ESMF (http://www.ncl.ucar.edu/Document/Functions/ESMF/ESMF_regrid.shtml), elles se distinguent par les caractéristiques principales suivantes :

- Bilinear : la valeur de la maille de destination est calculée de façon pondérée avec la distance des mailles sources.
- Patch : cette méthode est la version ESMF d'une technique appelée « patch recovery », communément utilisée dans la modélisation d'éléments finis. Cette méthode permet de conserver les propriétés mathématiques du champ et de sa dérivée.
- Conserve : préserve la cohérence de toutes les données source avec les données de destination. Cette méthode calcule la valeur d'une maille cible en fonction de toutes les valeurs des mailles sources intersectant la maille cible, pondérées par l'aire de la maille source intersectée par la maille cible. Cette approche peut s'avérer pertinente lorsque les tailles des mailles sont des multiples (Kotlarski et al, 2014).

Pour l'exercice d'évaluation des erreurs liées à l'étape d'interpolation, on a choisi d'utiliser le champ du cumul saisonnier annuel d'une période de 30 ans calculé sur la grille ALADIN 12km (CNRM) puis d'interpoler ce champ sur la grille SAFRAN. On s'est aussi intéressés à l'exercice complet avec une ré-interpolation de SAFRAN vers la grille source ALADIN.

1. Interpolation du cumul de précipitation entre les grilles ALADIN-SAFRAN

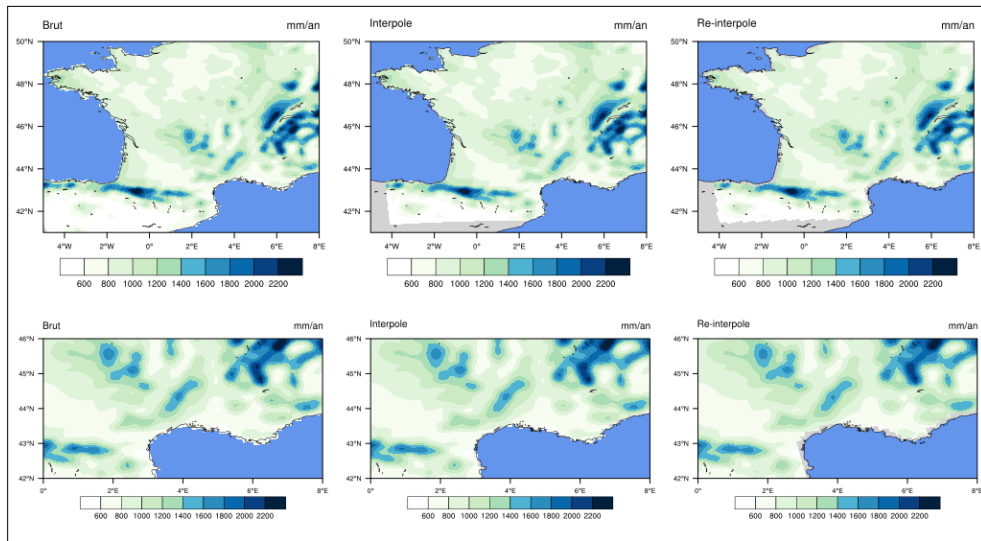


Figure 1 : Cumul précipitation annuel ALADIN sur la grille source à 12km (gauche), interpolé avec la méthode Bilinear (ESMF-Regrid) sur la grille SAFRAN 8km (milieu), puis ré-interpolé vers la grille ALADIN sur la France (haut) et le Sud-Est (bas).

La Fig. 1 représente le champ de précipitations sur la France continentale (en haut) et sur la zone Sud-Est (en bas). Les panneaux de gauche représentent les précipitations sur sa grille source (modèle ALADIN à 12km de résolution), les panneaux du milieu représentent les précipitations interpolées sur la grille SAFRAN à 8km (interpolation one-way) et les panneaux de droite représentent le champ SAFRAN ré-interpolés sur la grille ALADIN (interpolation two-way). Les interpolations illustrées en Fig. 1 sont de type "Bilinear". Une première analyse qualitative des cumuls de précipitations présentés révèle peu de différences entre les champs avant et après interpolation. Les zones de montagnes présentent de légères différences en termes d'amplitude, mais conservent la même structure spatiale. Les zones de plaines ne présentent aucune différence.

Afin de quantifier les erreurs d'interpolation, on estime les différences moyennées par boîtes (France, Sud-Est, Pyrénées Orientales + Aude, Cévennes, Nord-Est, Nord-Ouest, Sud-Ouest) pour les 3 méthodes d'interpolation. Ces différences sont normalisées par la valeur moyenne sur les boîtes pour les champs sur la grille source. Cette approche permet de calculer un biais par boîte mais à l'inconvénient de lisser des zones potentielles de fortes différences au sein d'une même boîte, d'où l'intérêt de construire des boîtes sur des régions géographiques le plus homogènes possibles, notamment en terme de relief.

Boîte spatiale	Méthode	Biais(%) ALADIN52>SAFRAN
France	Bilinear	4.1
	Conserve	3.8
	Patch	4.1
Sud-Est	Bilinear	3.2
	Conserve	2.5
	Patch	3.1
Pyrénées-Orientale+Aude	Bilinear	-0.4
	Conserve	-1.0
	Patch	-0.4
Cévennes	Bilinear	3.2
	Conserve	2.5
	Patch	3.2

Nord-Ouest	Bilinear	1.0
	Conserve	1.6
	Patch	1.0
Nord-Est	Bilinear	0.9
	Conserve	1.0
	Patch	0.9
Sud-Ouest	Bilinear	1.3
	Conserve	0.9
	Patch	1.3

Tableau 1 : Biais (%) par boîte lié à l'interpolation ALADIN-SAFRAN du cumul de précipitation.

Le tableau 1 présente les erreurs liées à l'interpolation ALADIN-SAFRAN par boîte et pour les 3 méthodes d'interpolation d'ESFM-Regrid. Ce biais varie entre -1% et + 4% avec des valeurs plus importantes pour les régions de fort relief telles que les Cévennes et le Sud-Est (qui englobe les Alpes), ce pour les 3 méthodes. Si aucune méthode d'interpolation ne semble se distinguer, il est à noter que sur l'ensemble des résultats, le biais demeure inférieur à 5%, ce qui nous semble acceptable pour la suite des travaux d'inter-comparaison de modèles.

La figure 2 représente la différence normalisée entre le champ initial ALADIN du cumul sur la grille source et ce même champ obtenu après interpolation sur la grille SAFRAN puis ré-interpolation sur la grille SAFRAN, avec la même méthode pour les 2 étapes. L'interprétation de cette information doit être menée avec précaution étant donné que le biais final n'est pas forcément un cumul des biais des 2 étapes dont les erreurs peuvent éventuellement se compenser ou s'ajouter. .

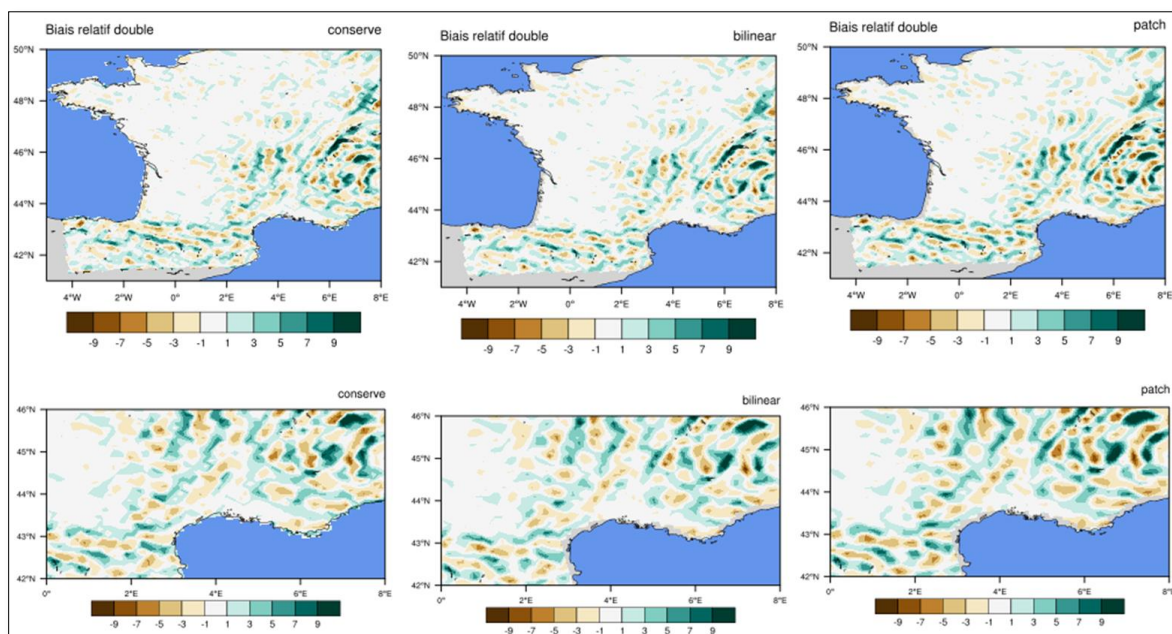


Figure 2: Différence normalisée entre le cumul de précipitation annuel sur la grille ALADIN et ce même champ obtenu après interpolation sur la grille SAFRAN puis ré-interpolation sur la grille ALADIN (interpolation two-way), sur la France (en haut), sur le Sud-Est (en bas), pour la méthode Conserve (à gauche), Bilinear (milieu), Patch (à droite).

Le biais illustré en Fig. 3 pour les trois méthodes d'interpolation reste inférieur à 10% avec les amplitudes les plus fortes dans les régions à fort relief (Alpes et Pyrénées) ce qui est cohérent avec les résultats constatés sur le Fig. 2.

2. Evaluation du biais de l'interpolation sur un cas test analytique.

Afin de confirmer les résultats préalablement établis sur les tests réalisés à partir du champ de cumul de précipitation, on établit ici une analyse de même type sur un champ analytique qui possède plus ou moins des caractéristiques semblables à celles des champs physiques simulés par les RCM. On choisit pour l'exemple :

$$f(x) = 2. - \cos(\pi * (\cos(\cos(\text{lat} * x) * \cos(\text{lon} * x)) / \text{alt})).$$

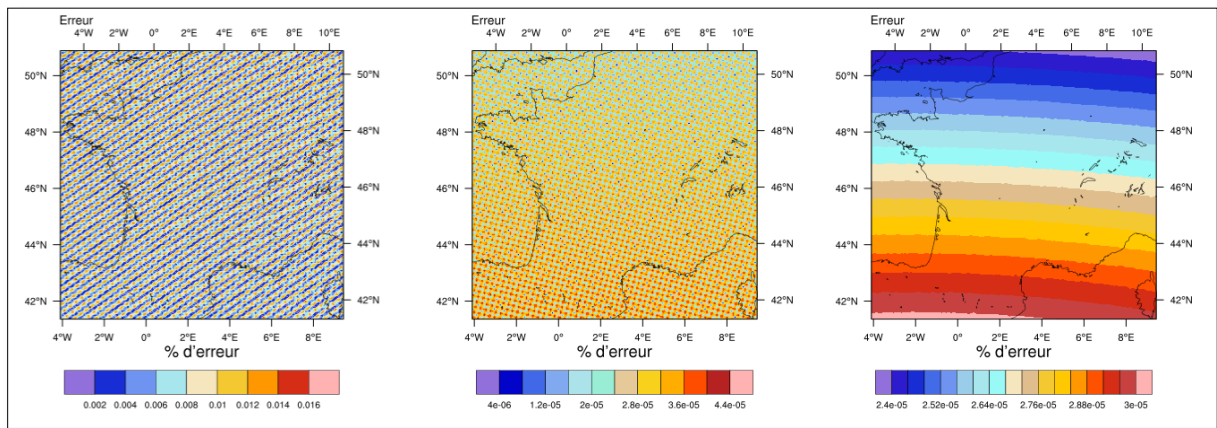


Figure 3 : Carte de l'erreur d'interpolation pour un champ analytique pour les méthodes d'interpolation Conserve (à gauche), Bilinear (milieu) et Patch (à droite).

La Figure 3 présente la différence (normalisée par le champ initial) entre le champ initial sur la grille source ALADIN et le champ analytique. Il apparaît que pour les méthodes Conserve et Bilinear, l'erreur d'interpolation ne présente pas de structure spatiale. En revanche pour la méthode Patch, on remarque une forte dépendance à la latitude. Il est important de noter que pour les trois méthodes, l'erreur demeure inférieure à 0.02% en tout point du domaine.

Conclusion

Après une analyse qualitative, quantitative et bibliographique des méthodes d'interpolations, aucune méthode ne semble significativement plus performante que les autres. De plus, elles présentent toutes des biais faibles, validant leur utilisation dans la suite de nos travaux. **La méthode « Bilinear » a été sélectionnée pour la suite de nos travaux** à la vue de ses performances un peu supérieures à celles des 2 autres méthodes, notamment sur le bassin de l'Aude (Fig. 2) et l'homogénéité de ses erreurs (Fig. 3).