

Climatologie et variabilité interannuelle de la température de la surface de la mer (TSM) de la zone d'étude

Dans ce chapitre, nous parlerons de la climatologie et de la variation interannuelle de la température de la surface de la mer dans la zone d'upwelling et dans la zone du courant côtier. Aussi, pour la compréhension des divers facteurs qui peuvent moduler la variation de la TSM, des analyses de corrélation linéaire ont été appliquées entre la TSM et les indices d'ENSO et de SIOD. Les résultats de coefficients de corrélation indiquent le sens (positif ou négatif) et l'intensité (nulle, faible, moyenne, forte, parfaite) des liaisons. Des cartes seront présentées pour montrer les distributions des résultats significatifs.

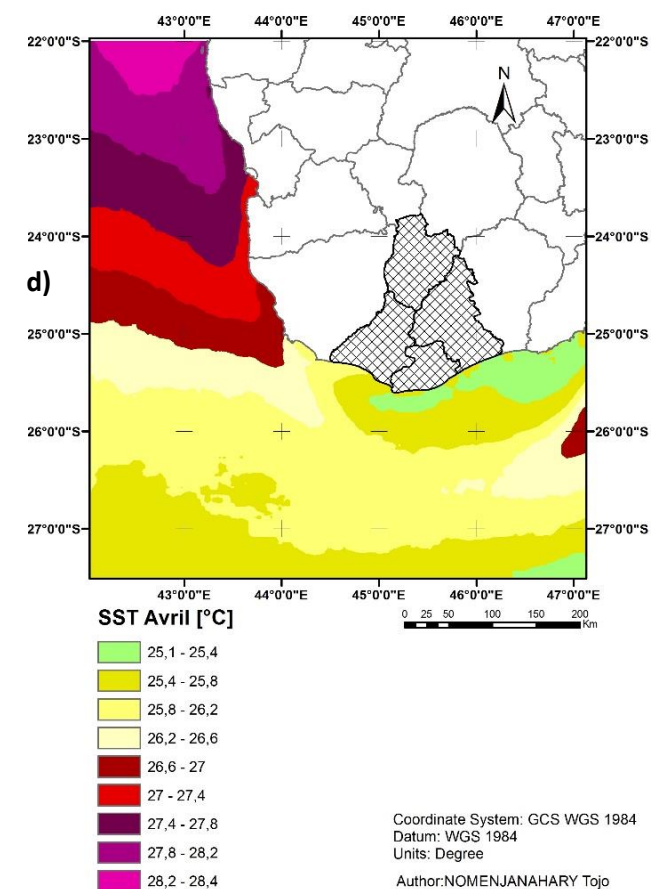
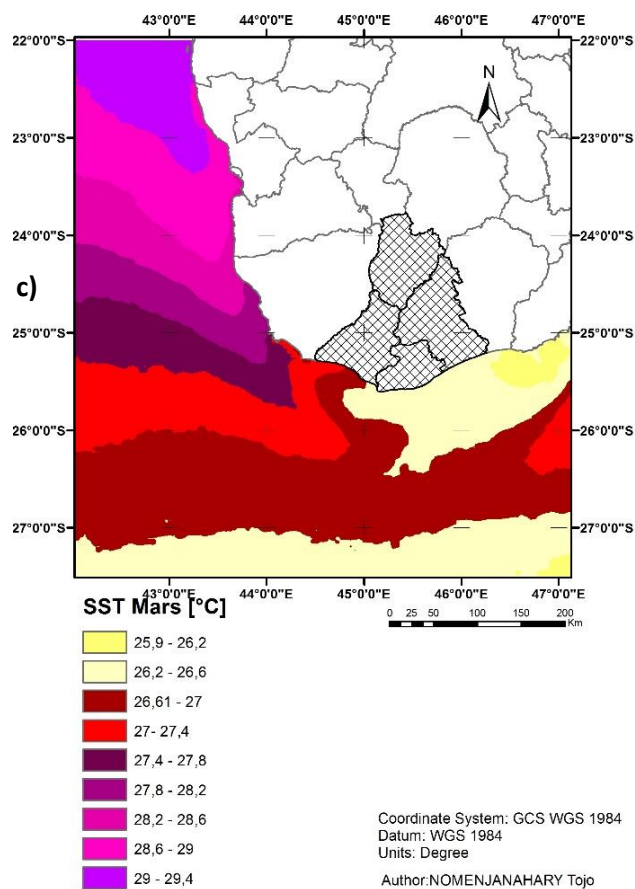
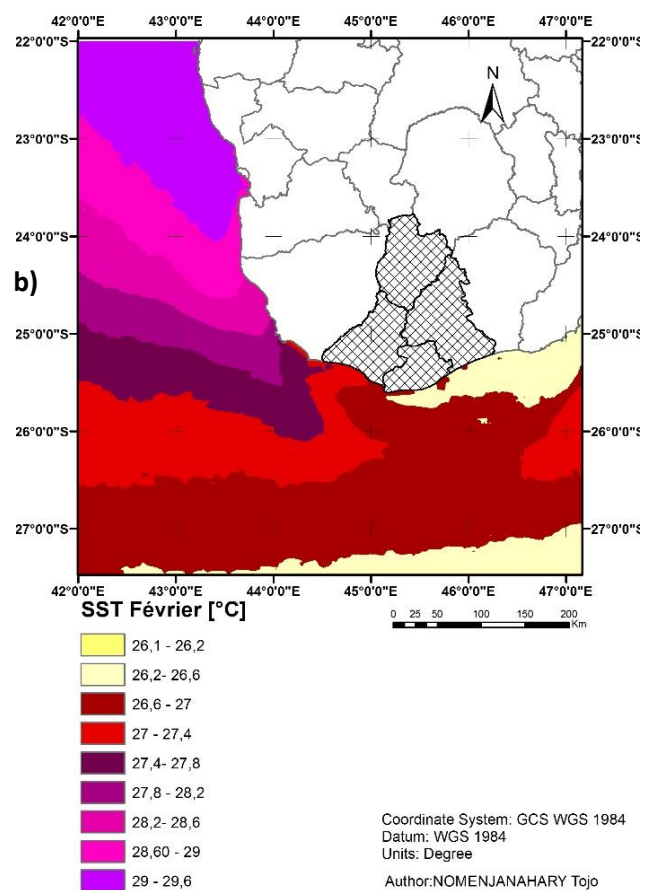
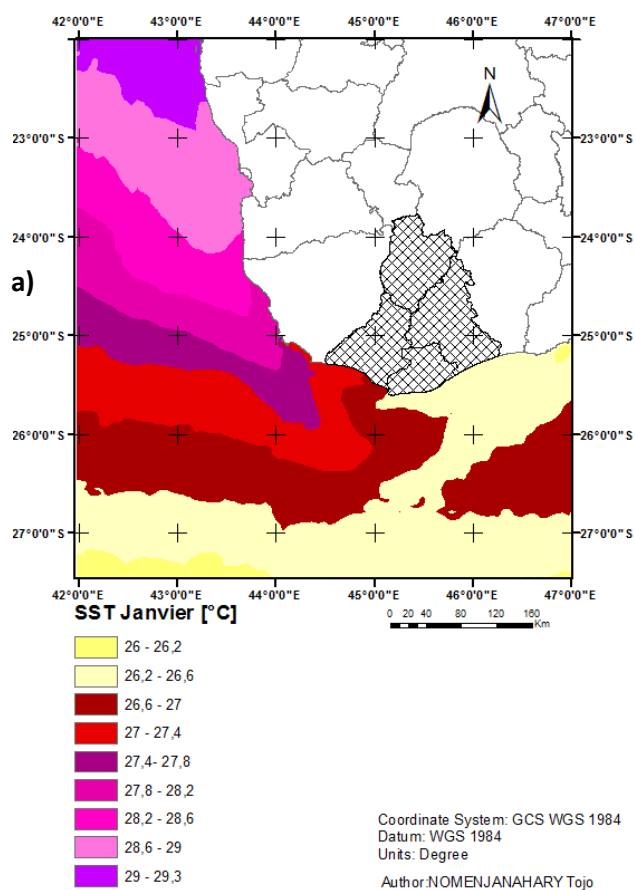
Climatologie et variabilité saisonnière de la TSM de 1985 -2015

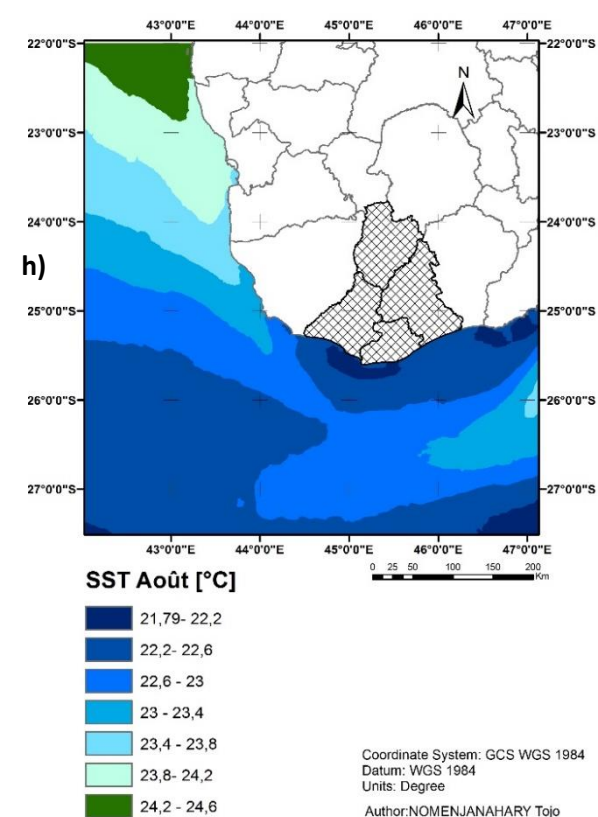
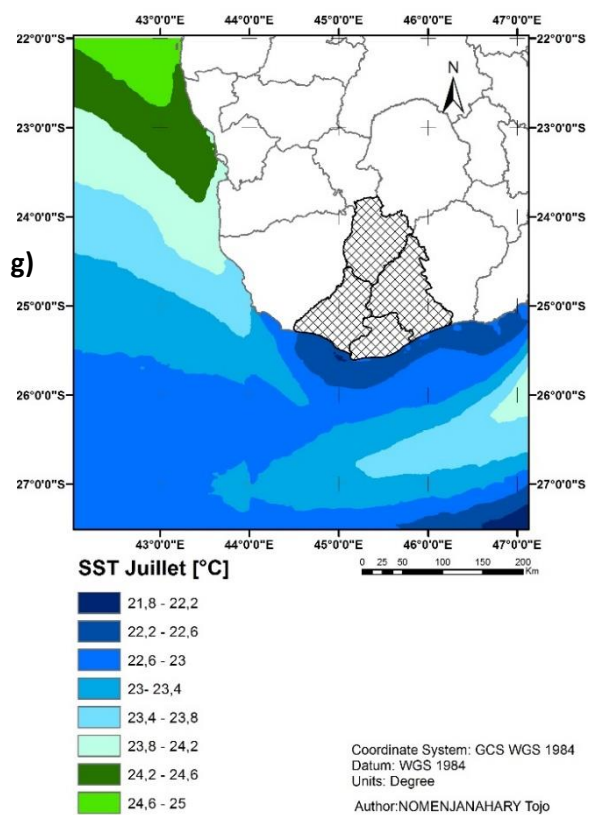
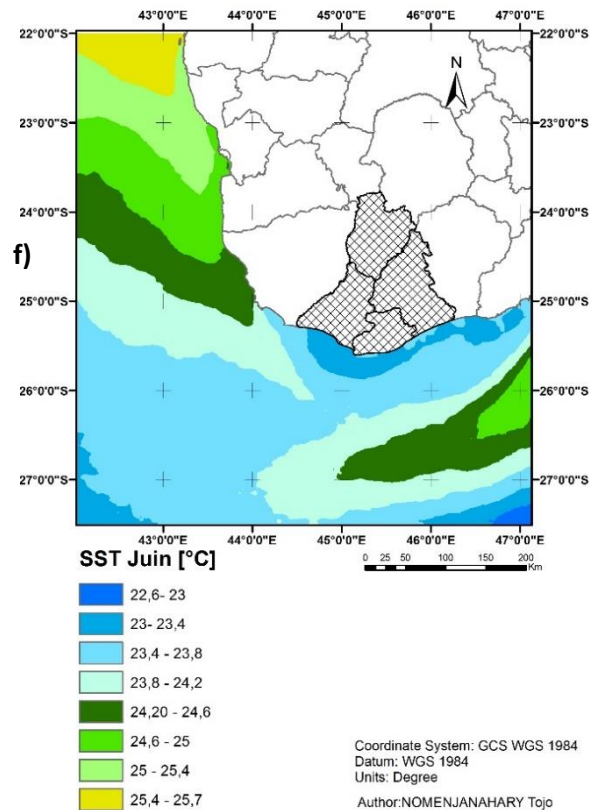
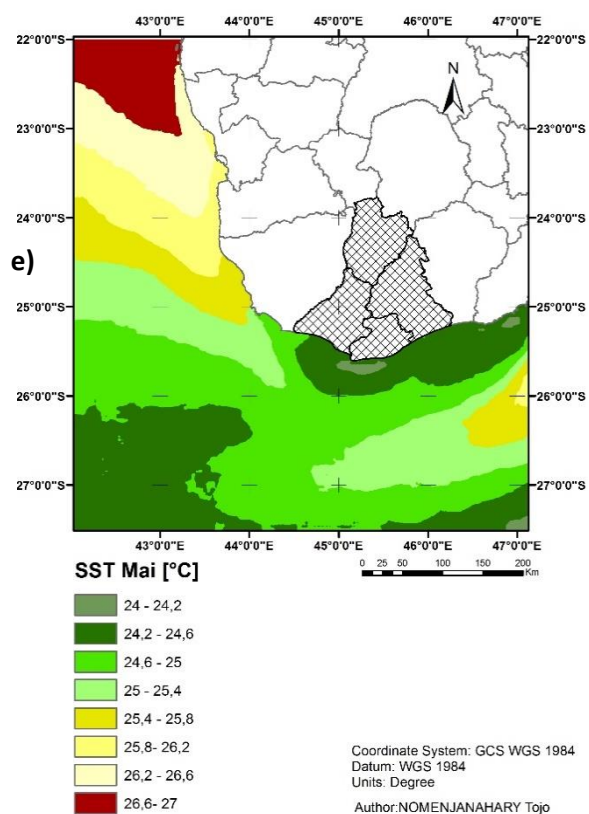
Les ensembles de données sur la température de surface de la mer (TSM) sont une ressource essentielle pour surveiller et comprendre la variabilité du climat. L'analyse minutieuse des données de la TSM disponibles sur la zone d'étude nous a permis d'élaborer les cartes de climatologie de la TSM sur la période de 1985-2015 (figure 19-a à 19-l). Ces cartes de surface mettent en relief la variabilité saisonnière des structures de surface de la mer.

La température de la surface de la mer évolue généralement de 21,79°C à 29,6°C. La TSM moyenne fluctue entre 21,79°C à 25,7°C en plein hiver (juin-juillet-août). En plein été (décembre-janvier-février), la gamme de la TSM varie de 24,6°C à 29,6°C. La température maximale supérieure à 29°C s'observe en février sur la zone du courant côtier, et la minimale inférieure à 22°C au cours du mois d'août sur la zone d'upwelling au sud du district de Beloha et de Taolagnaro.

Généralement, un régime d'eau chaude règne au large des côtes sud-ouest de Madagascar pendant l'été. D'autre part, durant l'hiver, les eaux les plus froides se trouvent près de la côte sur la pointe sud de Madagascar (Cap Sainte Marie) et sur les côtes sud-est près de Taolagnaro.

Les figures 19-a à 19-l montrent la climatologie (valeur normale) de la TSM au Sud et au sud-ouest de Madagascar sur la période de 1985 à 2015.





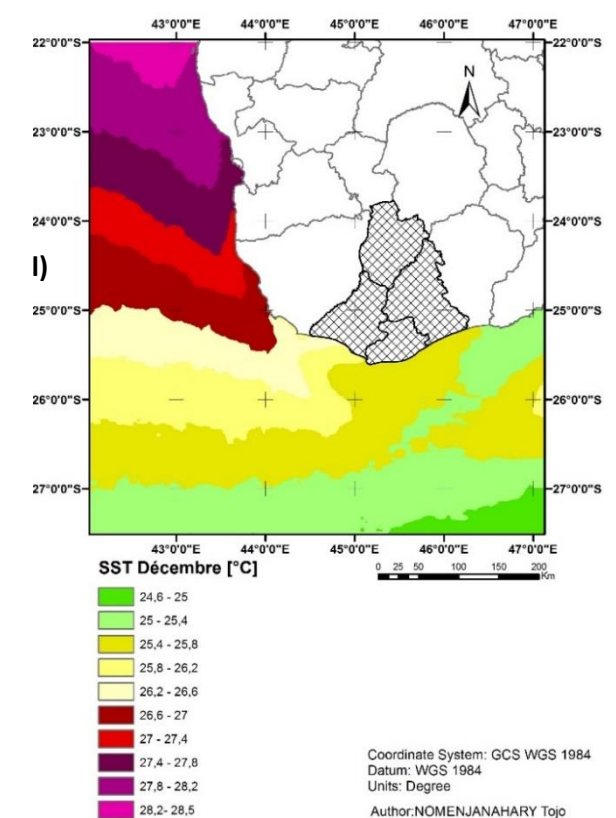
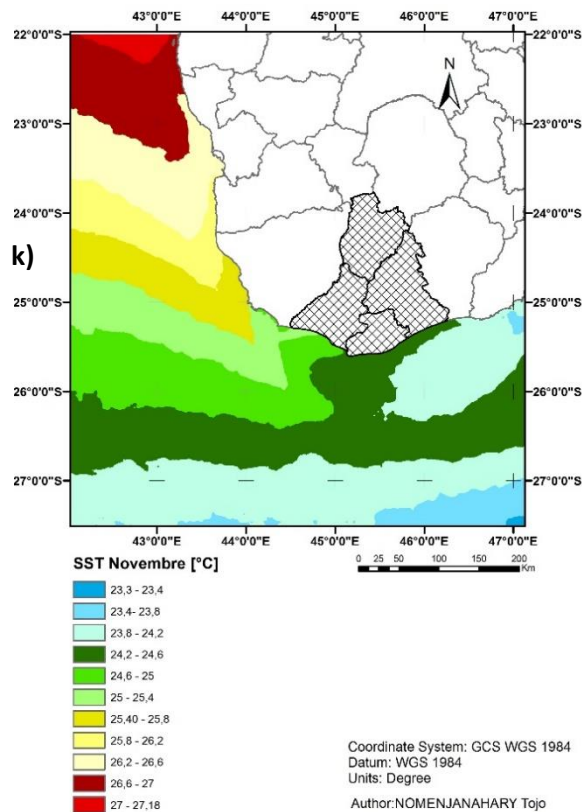
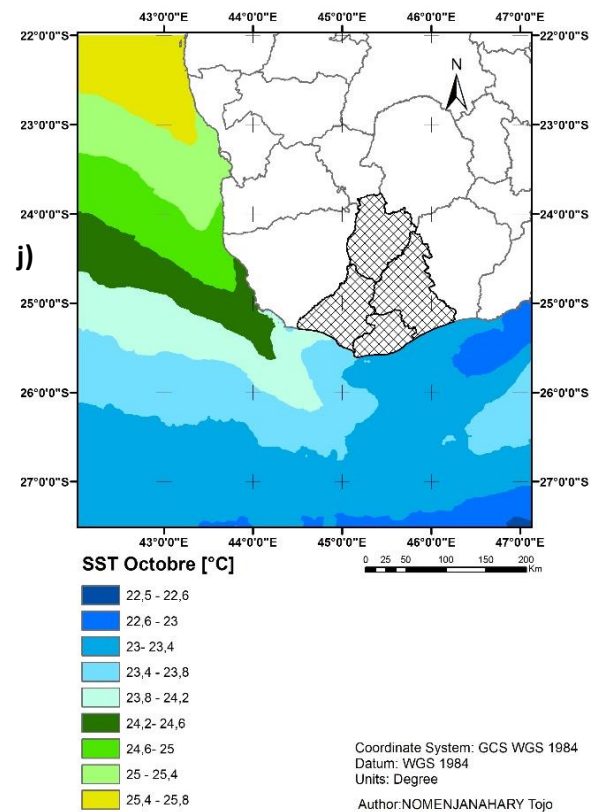
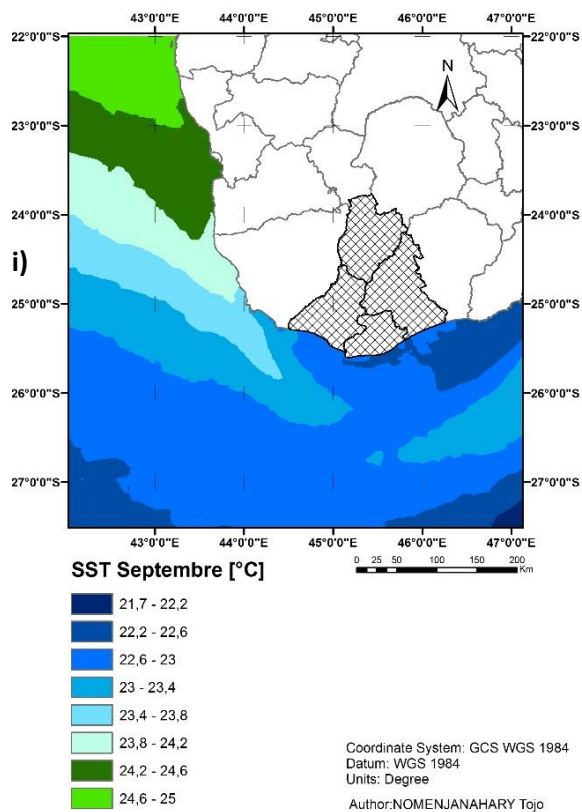


Figure 19 : Normale climatologique mensuelle du champ de la TSM de 1985-2015.

V.2. Zone d'upwelling (ZU)

V Climatologie et variabilité mensuelle

La figure 20 représente les moyennes mensuelles (normale) de la TSM (1985-2015) dans la zone de résurgence en fonction de la latitude. Elle fait apparaître la présence d'une période de décroissance et de croissance de la TSM suivant la saison.

De janvier à mars, la TSM dans la ZU oscille entre 27°C à 25,5°C. La décroissance de valeur de la TSM commence à partir du mois d'avril. La TSM minimale dans la ZU est atteinte au cours du Faosa au mois d'août. Ce dernier est caractérisé par des valeurs inférieures à 22°C. C'est dans la latitude 25°S à 25,5°S qu'on remarque la présence de la TSM froide. La période de croissance débute au mois d'octobre pour arriver de nouveau à un maximum en février au cours de l'Asara.

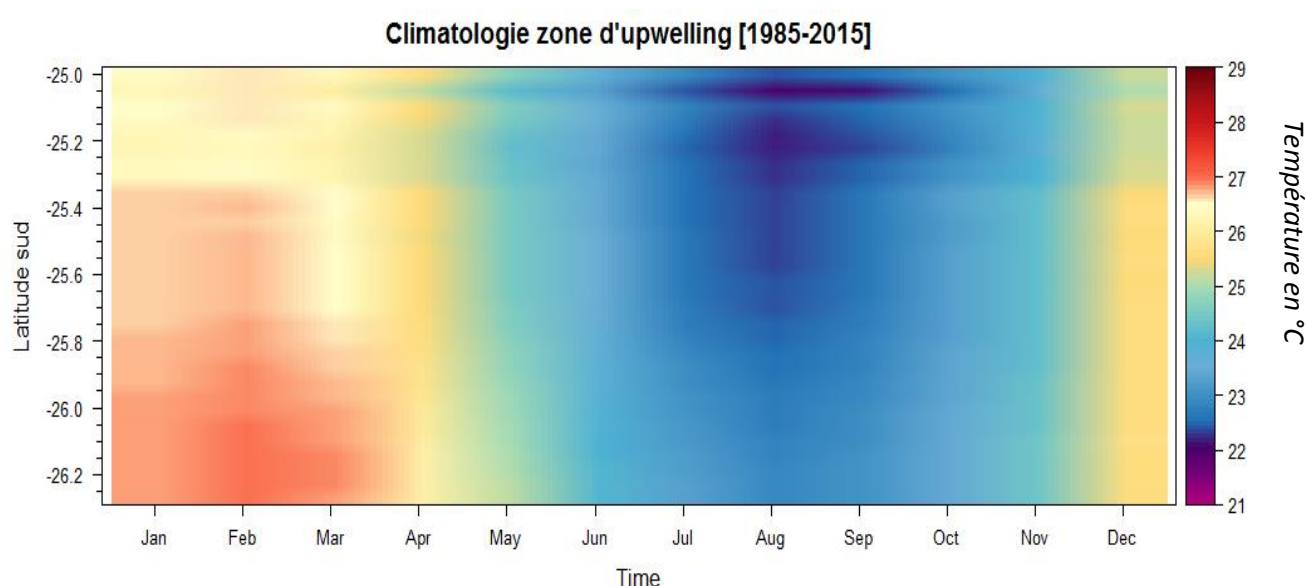


Figure 20 : Moyenne mensuelle de la TSM sur la zone d'upwelling en fonction de la latitude.

V.2.2. Variabilités interannuelles de la TSM dans la ZU

Le phénomène océanique le plus important associé à une zone d'upwelling côtière est la diminution de la température le long des côtes. Les anomalies de la TSM obtenue montrent une variabilité le long des côtes des ZU.

Ainsi l'anomalie négative la plus élevée (inférieure à -1,5°C) est obtenue en 1994 avec une forte extension latitudinale sur toute la zone. Cette forte anomalie en 1994 peut être liée aux champs de vents, mais surtout par le courant côtier SMACC qui présente aussi une forte anomalie durant cette année. Juliano Ramanantsoa et Al (2018) ont déjà avancé dans leur publication l'influence directe qu'exerce le nouveau courant marin sur la région d'upwelling au sud de Beloha. Ces facteurs créent un fort transport d'Ekman vers le large, induisent une forte résurgence d'eaux plus profondes, froides et riches en sels nutritifs sur le plateau continental.

Les années 2002, 2012 et 2013 sont aussi marquées par des anomalies négatives. Ce sont leur extension et leur intensité qui leur différencient de l'année 1994. Par contre les anomalies positives de la TSM sont visibles en 2001, 2009. Elles sont plus importantes en 2006 et 2007 (supérieures à 0,75°C)

La figure 21 donne un aperçu de ces grands points énoncés en haut.

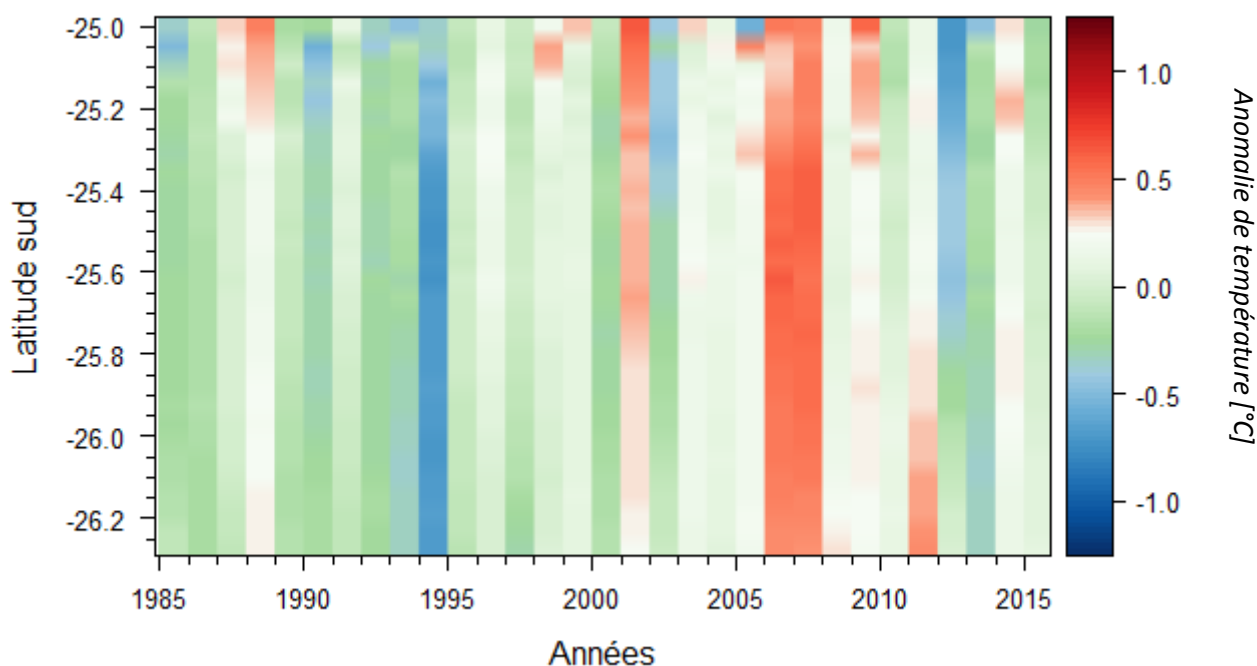


Figure 21 : Variabilités interannuelles de la TSM dans la zone d'upwelling de 1985-2015.

V.3. Zone du courant côtier (SMACC)

V.3.1. Climatologie et variabilité mensuelle de la TSM dans la zone du courant côtier au sud-ouest de Madagascar

La figure 22 représente les normales mensuelles de la TSM sur la zone du courant côtier (SMACC), de janvier à décembre, calculée sur la période de 1985-2015. Les mois de décembre à avril sont marqués par une TSM chaude, avec une valeur supérieure à 27°C. Des valeurs de la TSM élevées envahissent toute la zone du SMACC au cours du mois de février. Elles sont sur les bandes de latitude comprise entre 22°S à 25,5°S. À partir d'avril, la TSM subit une diminution pour atteindre son minimum au mois d'août. On aperçoit qu'elle augmente de nouveau à partir du mois d'octobre.

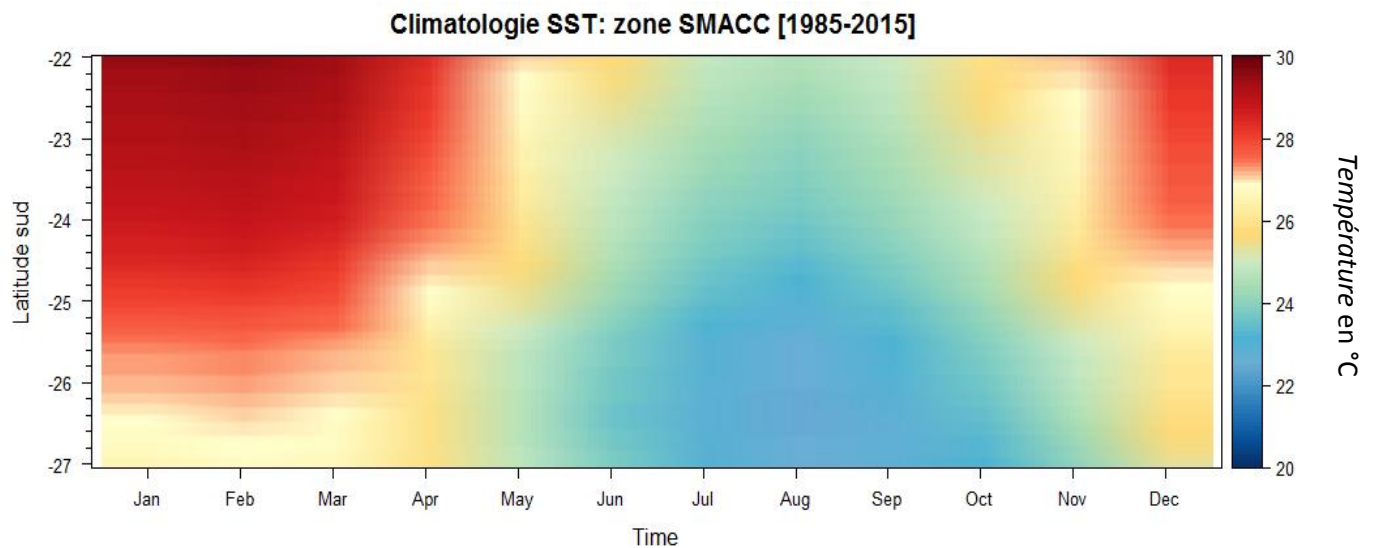


Figure 22 : Moyenne mensuelle de la TSM du SMACC en fonction de la latitude

V.3.2. Variabilités interannuelles de la TSM dans la zone SMACC

Les anomalies annuelles de température présentées sur la figure 23 indiquent l'existence d'années froides (1990, 1994, 2012) et d'années chaudes (1998, 2001, 2006, 2007 et 2010) pendant la période 1985-2015. La période 1994 est plus froide que celle de 2013 avec des anomalies mensuelles inférieures à $-1,5^{\circ}\text{C}$. Elle est caractérisée par une forte extension latitudinale. Les années 2006 et 2007 sont marquées par des anomalies positives supérieures à 1°C . Ces anomalies annuelles montrent la possibilité de variations thermiques interannuelles.

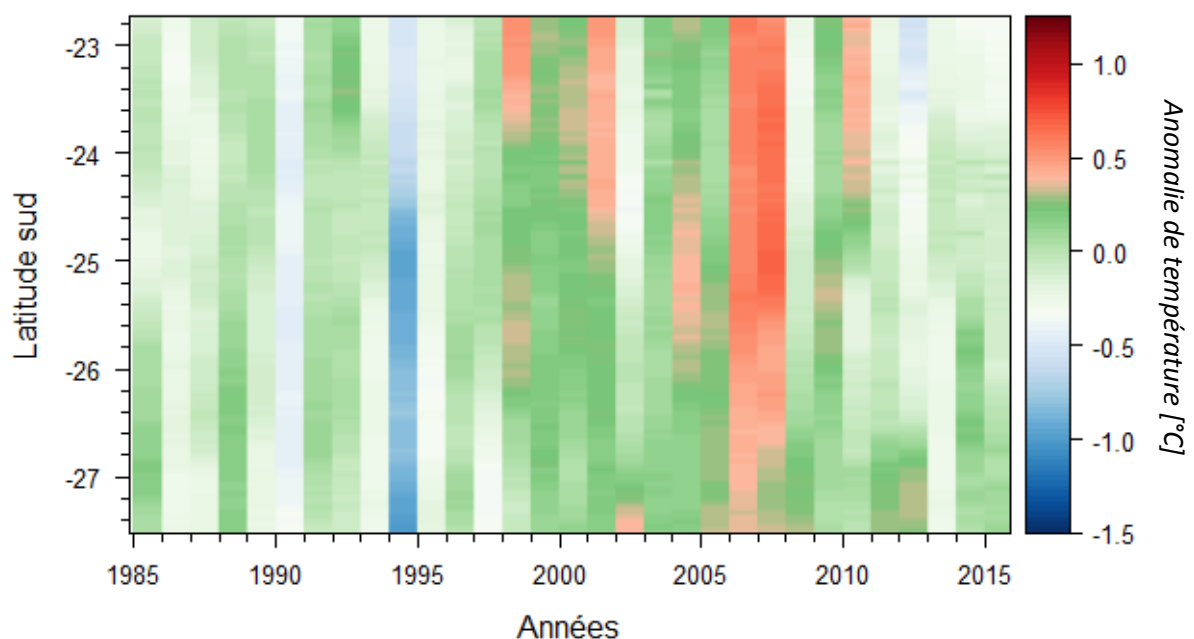


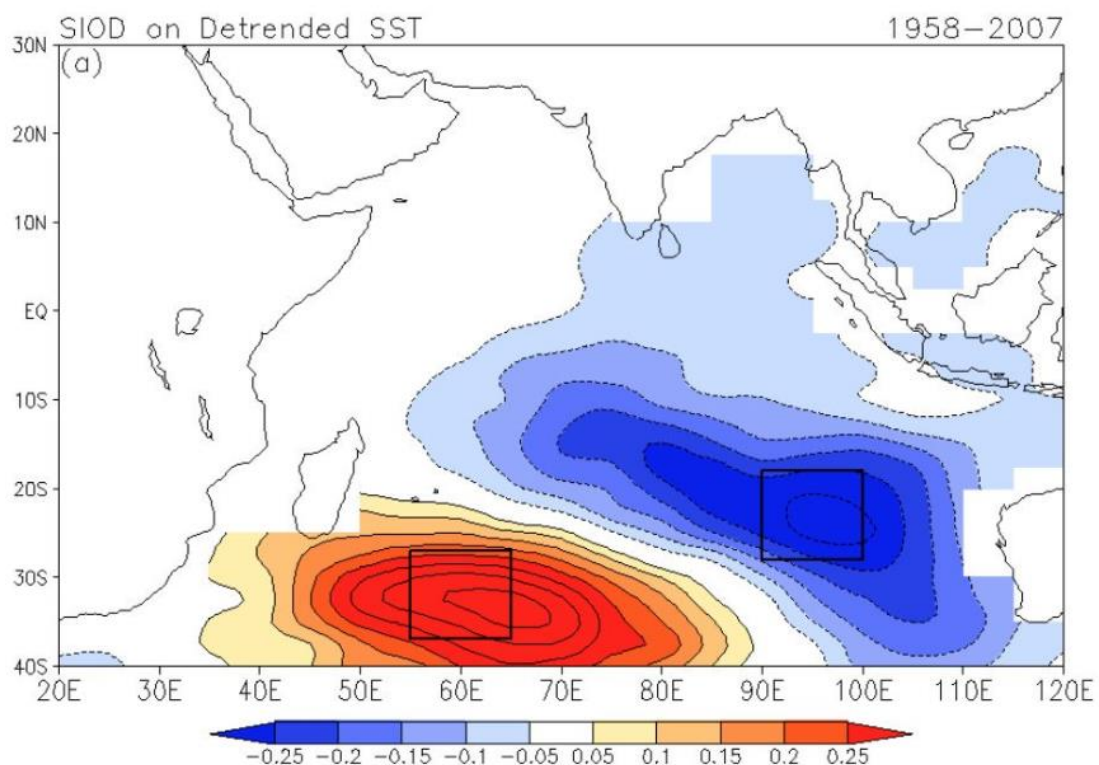
Figure 23 : Variabilités interannuelles de la TSM dans la zone du SMACC.

V.4. Relation entre SIOD et la TSM dans la ZU et le SMACC

Le dipôle subtropical de l'océan Indien (SIOD) est un phénomène de variabilité interannuelle propre à l'océan Indien. Il est caractérisé par l'oscillation des températures de surface de la mer (TSM). Il est lié au renforcement / affaiblissement de l'anticyclone des Mascareignes.

La phase positive (figure 24) est caractérisée par une température de surface de la mer plus chaude que la normale dans la partie sud-ouest, au sud de Madagascar et une température de surface de la mer plus basse que la normale au large de l'Australie. Des vents plus forts régnant le long du bord nord-est de l'anticyclone des Mascareignes s'intensifient et se décalent légèrement au sud, entraînant une évaporation accrue dans l'est de l'océan Indien. Cette évaporation induit par la suite une température plus basse au large de l'Australie. D'autre part, la réduction de l'évaporation dans la partie sud-ouest entraîne une réduction de la perte de chaleur latente saisonnière et par conséquent, une augmentation de la température dans la partie sud-ouest de Madagascar. La phase négative de la SIOD est décrite par les conditions opposées, avec des TSM plus chaudes dans la partie Est et des TSM plus basses dans la partie sud-ouest.

En effet, le dipôle se développe de décembre à janvier, culmine en février, puis décline au cours des deux mois suivants et finit par disparaître de mai à juin. L'indice subtropical de l'océan Indien est calculé à partir de la différence d'anomalie TSM entre l'ouest (55°E à 65°E, 37°S à 27°S) et l'est (90°E à 100°E, 28°S à 18°S). [32]



Il a été constaté que le SIOD affecte la variabilité des précipitations en été austral dans de nombreuses régions du sud de l'Afrique centrale et la variabilité des précipitations estivales dans le sud-est de l'Afrique. [33]

Il présente aussi des impacts significatifs sur les trajectoires des cyclones tropicaux dans le sud-ouest de l'océan Indien. [34]

La figure 25 montre les tests de signification entre la température de la surface de la mer et le SIOD. Les valeurs significatives sont regroupées de manière à former des cellules de couleur noire. La figure 26 illustre par contre les cartes de coefficients de corrélations sur la zone d'étude.

En effet, une valeur de coefficient de corrélation positif entre l'indice de SIOD et TSM signifie que la phase positive de SIOD correspond à une hausse de la TSM par rapport à la normale tandis que la phase négative de SIOD à une baisse de la TSM.

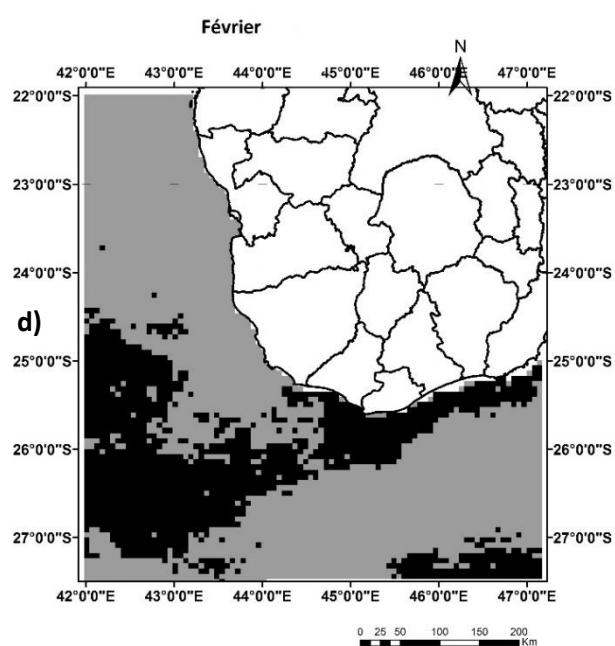
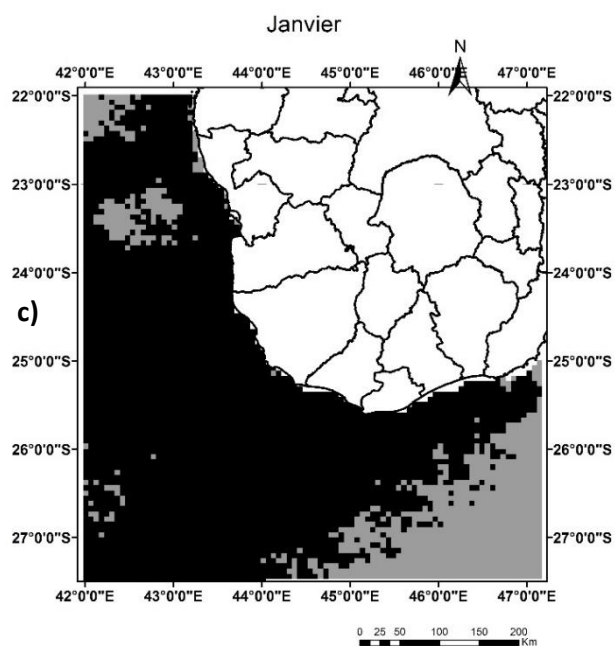
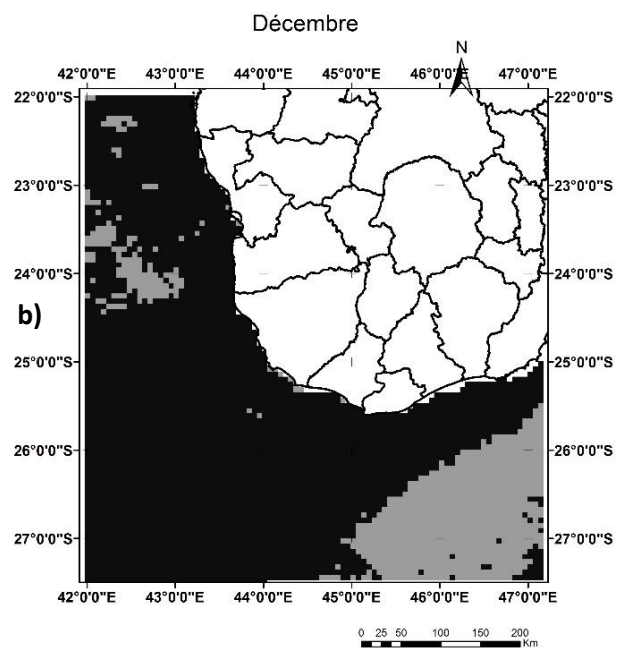
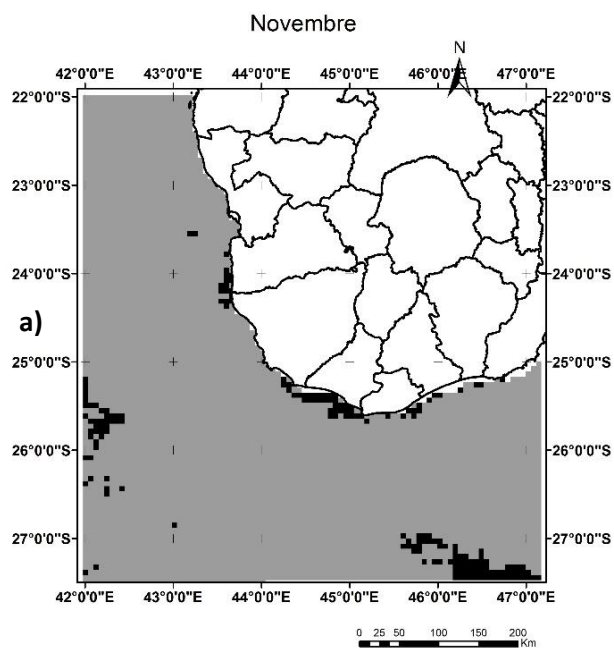
On constate la persistance d'une liaison positive entre les 2 variables (TSM et SIOD) à partir du mois de novembre jusqu'au mois de juin (Figure 26-a à 26-h). Ce sont l'ampleur et l'intensité du lien qui varient en fonction des mois.

Les zones d'upwelling au sud du district de Beloha et de Taolagnaro sont sous l'influence directe du dipôle subtropical à partir de sa phase de développement jusqu'à sa phase d'affaiblissement : de novembre à juin (Figure 25 et 26). Ceci témoigne d'un rapport existant entre les deux paramètres. Le coefficient de corrélation « r » est plus fort en juin et en décembre, avec des valeurs allant respectivement de 0,6 à 0,77 et 0,6 à 0,70 (Figure 26-b et 26-h). Donc, au cours de la phase positive de la SIOD, on assiste à l'augmentation de la température de la surface de la mer dans les zones d'upwelling, c'est-à-dire qu'une anomalie positive de la TSM dans 55°E à 65°E, 37°S à 27°S au sud-est de Madagascar est associé à une hausse de la TSM des ZU. Une situation opposée se manifeste durant la phase négative de SIOD, c'est-à-dire qu'une anomalie négative de la TSM se trouvant entre 55°E à 65°E, 37°S à 27°S conduit à la baisse de la valeur de la TSM des ZU.

Pour la TSM dans la zone du courant côtier (SMACC), une forte relation positive s'observe pendant le mois de décembre et janvier avec $0,3 < r < 0,77$ (Figure 26-b et 26-c). Une faible influence de ce dipôle sur la TSM dans la zone SMACC est remarquable au cours du mois d'avril, mai et juin (Figure 26-f, 26-g et 26-h). Ainsi on peut avancer l'hypothèse suivante : la phase positive de SIOD au cours du mois de décembre et janvier est associée à une hausse de la valeur de la TSM dans la zone du courant côtier au sud-ouest de Madagascar, et la phase négative de ce dipôle est liée à la baisse de la valeur de la TSM par rapport à la moyenne dans la zone du SMACC.

Ces résultats révèlent l'existence d'une liaison entre TSM dans les ZU (respectivement SMACC) et le dipôle subtropical de l'océan Indien.

La figure 25 présente les résultats des tests de coefficient de corrélation entre TSM et indice de SIOD. Sur chaque carte de la figure 25, les zones de couleurs noires représentent les régions avec des coefficients de corrélation significatifs. La figure 26 quant à elle représente les cartes de distributions des coefficients de corrélation suivant les mois.



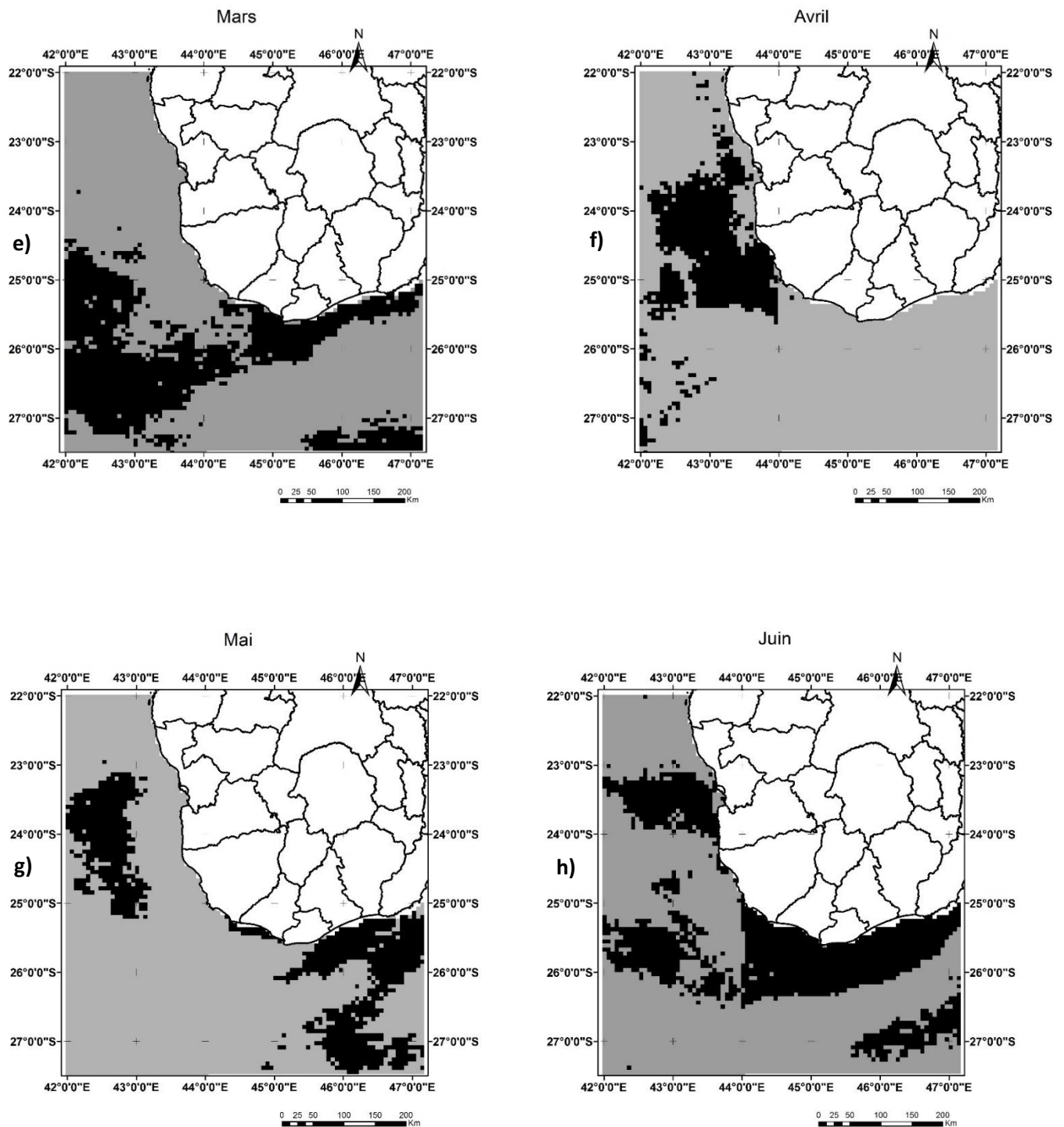
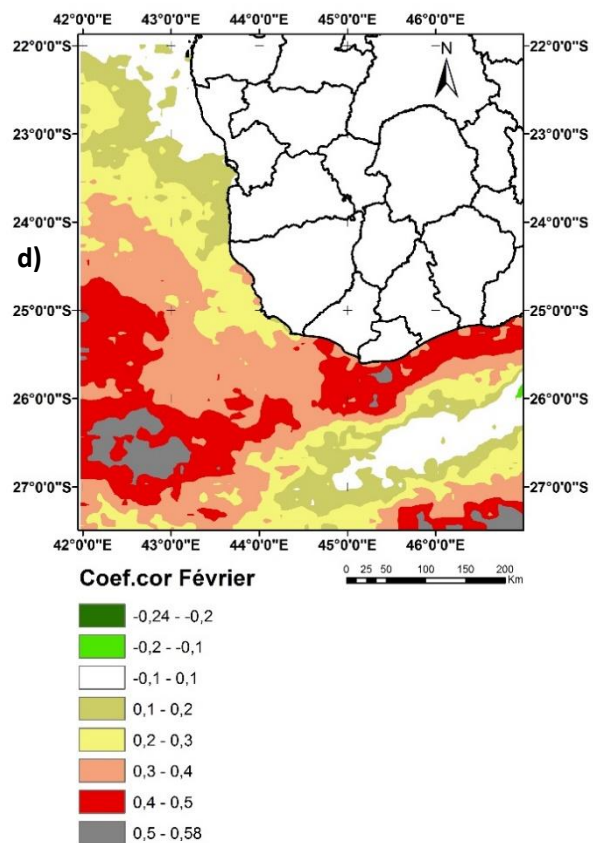
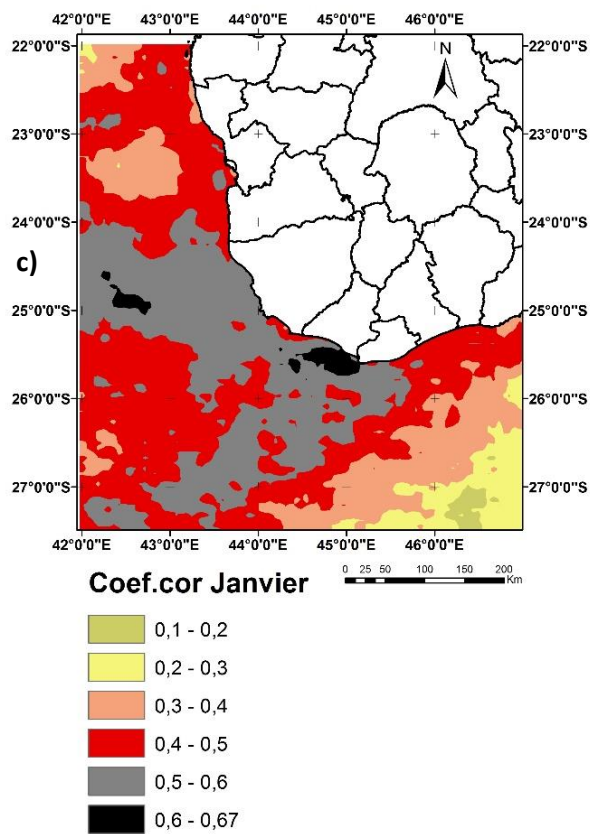
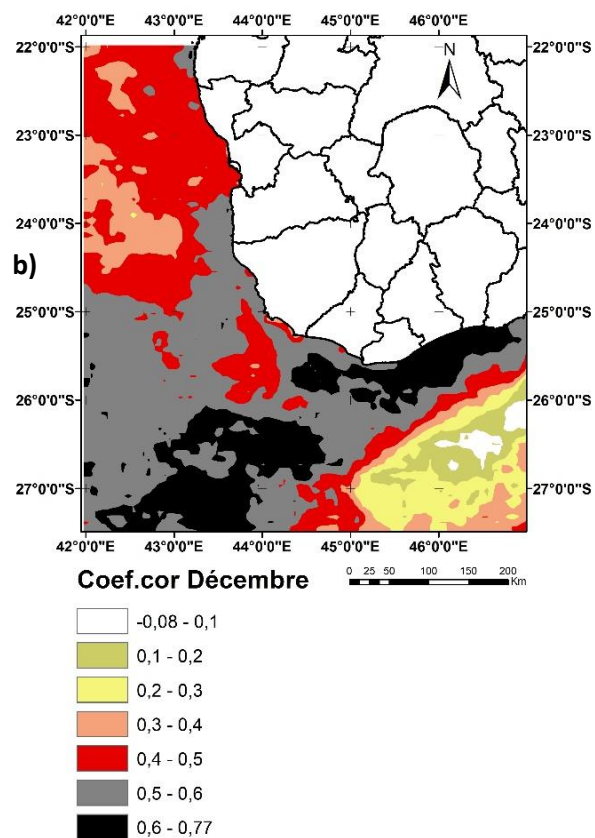
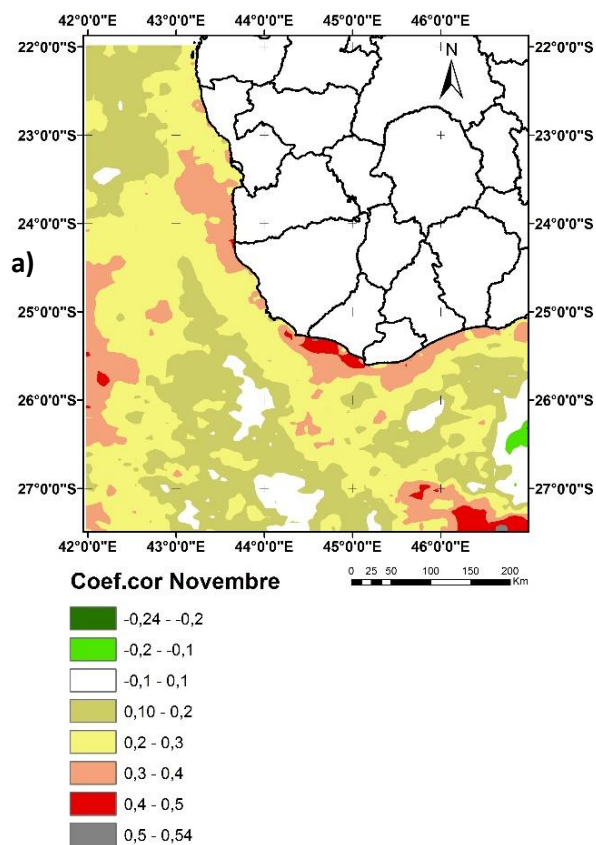
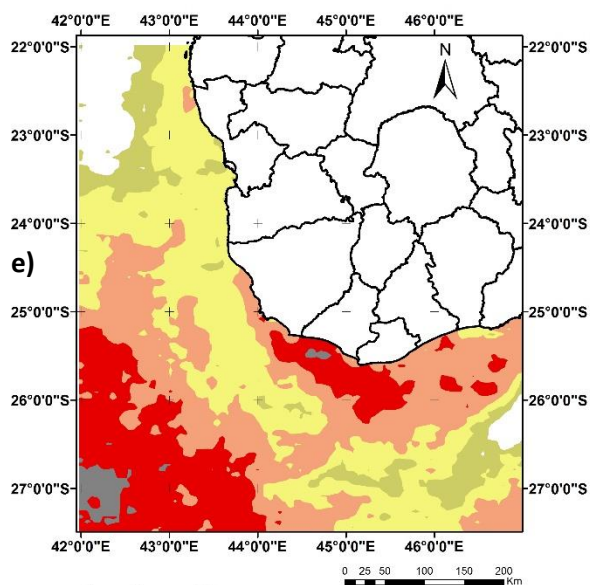
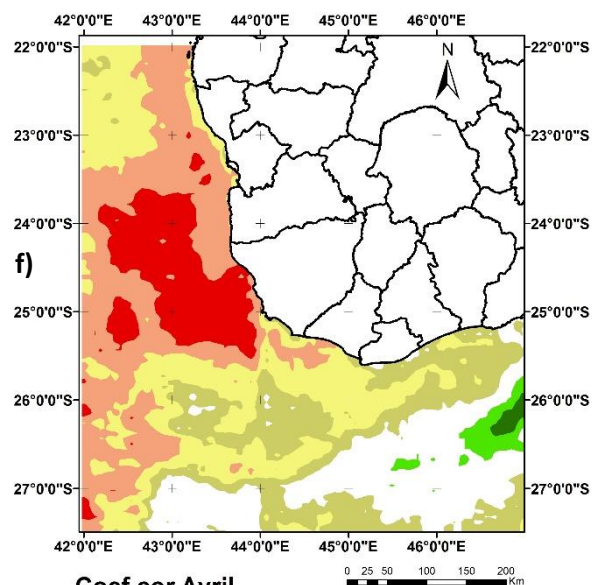
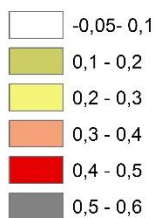


Figure 25: Test de coefficient de corrélation entre TSM et indice SIOD (les valeurs significatives sont regroupées de manière à former des cellules de couleur noire)

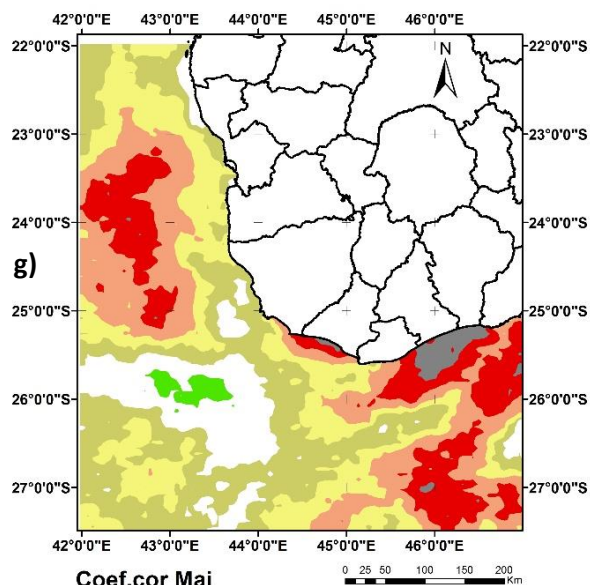
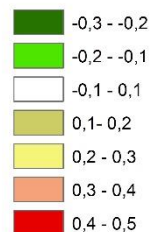




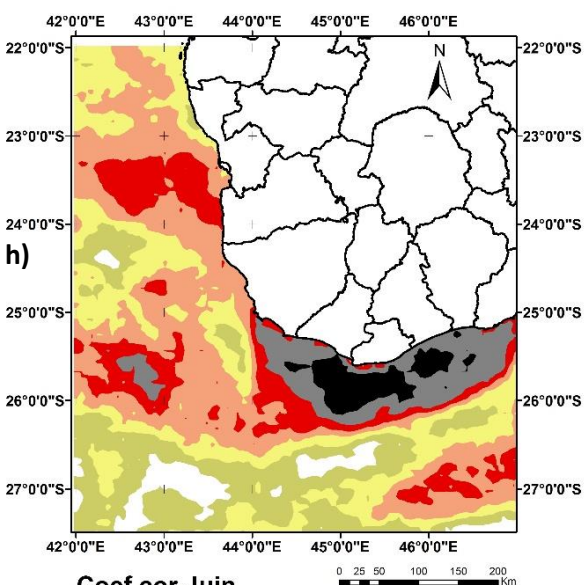
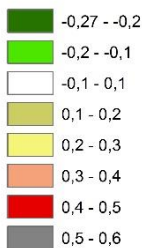
Coef.cor Mars



Coef.cor Avril



Coef.cor Mai



Coef.cor Juin

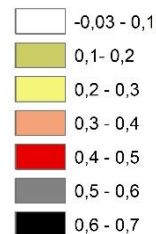


Figure 26: Cartes de coefficient de corrélation entre TSM et indice SIOD