

# PROJET ACCLIMATE ETUDE SIM-CLIM THEME 1

Changements climatiques observés dans la région  
du Sud Ouest de l'océan Indien

*Projet COI – ACCLIMATE - Etude « faisabilité simulation climatique et base de données régionale »  
Thème 1 : Synthèse des analyses des tendances climatiques régionales*

## Table des matières

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
<b>2. METHODOLOGIE UTILISEE.....</b>	<b>4</b>
2.1 <i>Travail bibliographique, en amont du séminaire.....</i>	<i>4</i>
2.2 <i>Séminaire.....</i>	<i>4</i>
2.3 <i>Bilan et recommandations.....</i>	<i>4</i>
<b>3. AVANCEMENT DE LA CONNAISSANCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LA REGION COI .....</b>	<b>5</b>
3.1 <i>Recensement des connaissances.....</i>	<i>5</i>
3.2 <i>Tendances disponibles.....</i>	<i>5</i>
3.3 <i>Bilan .....</i>	<i>6</i>
3.3.1 <i>Les points forts .....</i>	<i>6</i>
3.3.2 <i>Les points faibles .....</i>	<i>7</i>
<b>4. PISTES D'APPROFONDISSEMENTS ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>7</b>
4.1 <i>Poursuivre l'analyse des séries de données de base .....</i>	<i>8</i>
4.2 <i>Définition d'indicateurs climatiques pertinents .....</i>	<i>8</i>
4.3 <i>Utilisation des données en point de grille des centres mondiaux.....</i>	<i>9</i>
<b>5. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>10</b>

## 1. Introduction

Cette partie de l'étude dresse un bilan sur l'évolution observée du climat dans la région COI et propose des pistes pour approfondir la connaissance de cette évolution.

Pour caractériser l'évolution climatique on évoque fréquemment le terme de « *tendance climatique* ». Il s'agit de l'approximation linéaire, sur une période assez grande, de l'évolution d'un paramètre donné. En effet, on ne s'intéresse pas directement aux paramètres mesurés car la nature même du climat est très fluctuante avec des variabilités importantes aux échelles hebdomadaires, saisonnières, annuelles, décennales, voire même multi-décennales. Il est donc nécessaire de « lisser » ces fluctuations pour en dégager une tendance d'évolution sur une période de plusieurs dizaines d'années. Ce travail est cependant complexe car aux fins des décennies l'environnement des paramètres évolue également, tant sur les aspects de mesures (évolution du type de matériel, ...) que sur les aspects géographiques (modification de la végétation avoisinante, évolution du bâti à proximité, ...) et perturbe la mesure du paramètre.

Il est ainsi nécessaire d'appliquer des méthodologies spécifiques, relativement complexes, pour traiter les données mesurées, afin d'en dégager une tendance robuste (c'est-à-dire avec un bon degré de confiance).

Les tendances climatiques constituent l'élément de bases de la connaissance du changement climatique. Elles permettent en effet d'évaluer l'impact du changement climatique pour le proche avenir et d'affirmer/infirmer les projections climatiques réalisées à partir de simulations numériques sur des plus longues échéances.

La nature des paramètres étudiés a aussi son importance. En effet, si la température est le paramètre le plus étudié et dont les observations peuvent facilement être confrontées avec les projections des modèles numériques, sa seule connaissance ne suffit pas pour bien appréhender l'impact du changement climatique. Il est nécessaire d'étudier les tendances climatiques de paramètres plus complexes ayant un lien direct avec les différents secteurs d'activités économiques et sociales comme par exemple les dates de récoltes, etc ....

Pour la présente étude, nous avons réalisé le bilan des travaux menés dans la région COI, des conclusions du 4<sup>ème</sup> rapport du GIEC, des publications scientifiques de référence issues de travaux de recherche et des échanges entre experts lors de l'atelier ACCLIMATE de septembre 2011.

Les données techniques sont présentées en ANNEXES.

Nous proposons des pistes d'approfondissement, agrémentées de recommandations, pour continuer à progresser sur l'évaluation des tendances climatiques observées dans la région, en favorisant le travail collaboratif entre les pays de la COI.

## 2. METHODOLOGIE UTILISEE

Pour parvenir aux objectifs visés, le travail s'est articulé autour de 3 phases :

### 2.1 *Travail bibliographique, en amont du séminaire*

Cette première phase, située en amont du séminaire régional d'information/formation, s'est déroulée sur 2 mois en lien avec les partenaires de l'étude:

- une étude bibliographique des études qui concernent l'analyse des tendances climatiques de la région COI,
- une enquête sur les travaux réalisés au sein des pays et sur les données disponibles dans les pays pour l'analyse des tendances climatiques régionales,
- une analyse du potentiel représenté par les données disponibles en dehors de la COI et notamment dans les centres climatiques globaux pour approfondir l'analyse des tendances climatiques,
- et enfin, une ébauche de synthèse et de propositions en préparation du séminaire.

### 2.2 *Séminaire*

Un séminaire régional de formation/information a été organisé du 27 au 30 septembre 2011 à Saint-Denis de La Réunion, dans les locaux de Météo-France. Une journée entière de ce séminaire a été consacré au thème des tendances climatiques de la région COI. Celle-ci a permis :

- Une contribution des pays membres de la COI par une présentation des différents travaux menés au sein de leur service météorologique en lien avec le changement climatique
- Une restitution des travaux menés dans la phase 1 sous forme de présentations avec notamment une ébauche de synthèse régionale sur les tendances régionales observées et prévues en lien avec le changement climatique global.
- Un échange sur les questions d'incertitude selon les paramètres ou phénomènes considérés et sur la manière de communiquer sur les tendances climatiques à l'échelle régionale.

### 2.3 *Bilan et recommandations*

Enfin, la dernière phase consiste à finaliser l'étude par la rédaction de rapports tenant compte notamment des recommandations ou remarques qui ont pu émerger des discussions du séminaire.

### 3. Avancement de la connaissance du changement climatique dans la région COI

#### 3.1 Recensement des connaissances

Pour recenser les informations sur les travaux réalisés dans la région COI sur le changement climatique, nous avons diffusé un questionnaire à l'attention des services météorologiques des pays membres de la COI. Celui-ci avait pour objectif de faire un état des lieux de l'avancement sur le thème du changement climatique, en couvrant le périmètre de l'étude. Les questions ont porté sur :

- Les données climatologiques nationales susceptibles d'être partagées : nombre de longues séries, quels paramètres, présence ou non de métadonnées associées, temps, mode de stockage ...
- Etudes ou travaux réalisés dans les pays de la COI sur les tendances observées du changement climatique ou sur les tendances futures ; mise en œuvre ou non de techniques de descente d'échelle.
- Ressources R&D travaillant sur le climat (bureaux d'étude, collaborations avec des laboratoires de recherche...) et besoins en renforcement des capacités

L'ensemble des services météorologiques nationaux a répondu à l'enquête avec cependant un niveau de détail inégal. Les réponses ont permis de référencer de manière complète les études, réalisées au sein des pays de la COI, portant sur l'analyse des tendances climatiques.

Il ressort que tous les services météorologiques travaillent sur ces questions avec, bien sur, les contraintes qui sont les leurs en termes de moyens. L'atelier de formation réalisé, à l'initiative du projet ACCLIMATE, par l'Expert Team (ET) on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI), groupe d'experts mis en place par le programme de recherche sur le climat de l'Organisation Météorologique Mondiale, a permis une bonne appropriation des méthodes de caractérisation du changement climatique.

#### 3.2 Tendances disponibles

Les premiers travaux menés pendant cet atelier de formation ont été concrétisés par une publication dans *Journal of Geophysical Research* (Vincent et al, 2011) et constituent une base commune à l'ensemble des pays sur laquelle s'appuie bien souvent le diagnostique d'échelle nationale sur les tendances climatiques observées.

Cette analyse concerne une soixantaine de séries de précipitations et températures quotidiennes réparties de manière plus ou moins homogènes sur la région, ainsi que sur le calcul d'indices climatiques ayant pour objet la mise en évidence de tendances sur les phénomènes extrêmes.

Si certaines tendances observées, telles que celles portant sur les températures, sont robustes (tendance significative et spatialement homogène), d'autres restent plus incertaines pour différentes raisons :

- qualité parfois douteuse des séries (manque de métadonnées et d'homogénéité dans la mesure), couverture spatiale insuffisante sur la région, manque de cohérence spatiale des résultats,
- manque de significativité au sens statistique ou même absence de traitement de certains paramètres ou phénomènes.

Il est également à noter que les tendances climatiques disponibles portent sur un nombre limité d'indices climatiques (il s'agit en général de paramètres météorologiques) et ne permettent pas de caractériser précisément l'impact du changement climatique dans la région COI.

De manière générale, hormis celles qui concernent les températures, les tendances sur les phénomènes ou valeurs extrêmes sont peu robustes et présentent un degré de confiance statistiquement trop faible pour en tirer des conclusions fiables.

L'ANNEXE 1 de ce rapport propose une synthèse des tendances climatiques passées et futures qui représente l'état de l'art de la connaissance sur les évolutions constatées et prévues du climat de la région COI. Elle s'appuie à la fois sur le travail réalisé lors de l'atelier ETCCDI de Maurice, sur les travaux réalisés par les pays, sur le 4<sup>ème</sup> rapport du GIEC mais aussi sur quelques publications scientifiques de référence. Dans cette note de synthèse, on passe en revue les paramètres et phénomènes suivants qui constituent un enjeu important pour la région :

- Températures moyennes et extrêmes
- Précipitations moyennes et extrêmes
- Sécheresses
- Activité cyclonique
- Paramètres océanographiques : température de surface de la mer, niveau de la mer et houles australes
- 

### 3.3 *Bilan*

#### 3.3.1 Les points forts

- L'ensemble des services météorologiques des pays de la zone a travaillé sur l'analyse des tendances climatiques, soit par la réalisation d'études nationales sur le sujet, soit au travers du travail réalisé lors de l'atelier ETCCDI.
- L'organisation par le projet ACCLIMATE de l'atelier ETCCDI à Maurice en octobre 2009 constitue incontestablement une première étape importante d'une approche régionale pour l'analyse des séries de données de base et des tendances climatiques associées. D'un point de vue pédagogique, il a permis de sensibiliser les participants aux problèmes qui portent sur la qualité des données et les solutions pour les résoudre et d'aller vers une harmonisation des méthodes de travail. Un premier travail d'homogénéisation des séries de données de température et précipitations quotidiennes a été mené permettant le calcul de quelques indices climatiques à l'échelle régionale et des tendances associées.

### 3.3.2 Les points faibles

- En ce qui concerne les séries de données de base de précipitation et température :
  - Les métadonnées sont souvent absentes ou incomplètes,
  - L'homogénéisation des données n'est que partielle ce qui génère de l'incertitude sur les tendances diagnostiquées.
  - La densité du réseau de mesure parfois insuffisante et couverture spatiale de la région très inégale
- Inadéquation des indices climatiques utilisés lors de l'atelier ETCCDI pour caractériser les épisodes de pluies extrêmes.
- Les nuances saisonnières en termes de précipitations ou de températures ne sont pas traitées à l'échelle de la région.
- Certains aléas climatiques à enjeux pour la région ne sont pas ou peu traités en tant que tel comme les sécheresses ou les vagues de chaleur, les épisodes de houles australes...
- Les indices et indicateurs climatiques, permettant une communication efficace de l'information vis-à-vis d'une problématique précise, sont très peu utilisés par les différents services climatiques de la région.
- Très peu de mesures in situ permettant le suivi de l'évolution du niveau de la mer et les quelques séries de mesures disponibles sont trop courtes pour être exploitables en termes de tendances climatiques.
- Communication très inégale sur l'incertitude qui accompagne l'information sur les tendances : suivant un certain nombre de critères pouvant être soit objectifs ou plus subjectifs, le degré de confiance que l'on peut accorder à une information sur une tendance climatique est variable. Ce degré de confiance devrait systématiquement être abordé. L'analyse des différents travaux réalisés dans la région montre que ceci n'est pas nécessairement fait.

## 4. PISTES D'APPROFONDISSEMENTS ET RECOMMANDATIONS

L'analyse des tendances régionales disponibles sur la zone COI laisse un bon nombre de questions sans réponse.

Les tendances mises en évidence sont souvent très générales et imprécises. Malgré les efforts réalisés, un décalage persiste entre les besoins de la sphère décisionnelle pour la définition de politiques d'adaptation et le niveau de précision des informations disponibles en termes de tendances climatiques.

Le travail bibliographique et de réflexion menés lors de la phase 1 de l'étude a permis de dégager un certain nombre de pistes d'approfondissement permettant de poursuivre le travail entamé lors

de l'atelier ETCCDI de Maurice. Cette réflexion et ces propositions sont détaillées dans l'ANNEXE 2 du présent rapport.

#### 4.1 Poursuivre l'analyse des séries de données de base

Nous recommandons de continuer le travail sur les longues séries de données historiques de base (température, précipitations mais aussi d'autres paramètres comme le vent qui n'ont pour le moment pas fait l'objet de traitement particulier). L'homogénéisation des données entamée lors de l'atelier ETCCDI doit être poursuivie. Ce travail passe d'abord par la récupération ou la mise au propre de métadonnées, essentielles pour l'explication des ruptures d'homogénéité.

##### **RECOMMANDATION 1 : Approfondir les travaux d'homogénéisation des séries**

- ➔ **Poursuivre le travail de récolte des métadonnées et de données anciennes afin d'allonger et de documenter au mieux les séries exploitées.**
- ➔ **constituer des séries de référence à partir de données mesurées indépendamment, comme par exemple des données de température de surface de la mer.**

##### **RECOMMANDATION 2 : Partager un certain nombre de longues séries de données dans une base de données régionale.**

- ➔ **Détection des ruptures sur les données mensuelles ou annuelles en tirant le bénéfice des postes des pays voisins (BD régionale) lorsque leur environnement climatique est proche.**
- ➔ **Réfléchir à la possibilité de constituer des séries de référence à partir de cette base de données**

#### 4.2 Définition d'indicateurs climatiques pertinents

A ce jour, seuls des paramètres météorologiques ont été utilisés comme indices climatiques dans la région COI. Ceux-ci ne permettent pas bien d'identifier les impacts du changement climatique dans les différents secteurs d'activités économiques et sociales.

Il est donc nécessaire de mener une réflexion sur les indices et indicateurs climatiques pertinents, en lien avec les acteurs des différents secteurs d'activité impactés par le changement climatique. Cette étape est nécessaire pour répondre de manière plus précise et surtout plus efficace aux préoccupations de la sphère décisionnelle, faciliter le monitoring de l'évolution du climat régional et clarifier autant que possible la communication sur les effets régionaux du changement climatique.

##### **RECOMMANDATION 3 : Définir des indicateurs en lien avec les secteurs identifiés comme impactés par le changement climatique en s'appuyant sur l'étude ACCLIMATE. Ceux-ci doivent, dans la mesure du possible, être définis en association avec les acteurs des secteurs concernés.**

- ➔ **Risques naturels, phénomènes extrêmes**
- ➔ **Ressource en eau**
- ➔ **Préservation de l'environnement et des milieux**
- ➔ **Souveraineté territoriale**



- Santé publique
- Agriculture

**RECOMMANDATION 4 : Favoriser la mise en place d'études pour améliorer la connaissance de la variabilité du climat régional ou local, afin de préparer la définition de méthodes de descente d'échelle adaptées à la région (cf. rapport thème 3)**

- **Un travail pour définir des indices climatiques « amonts » de grande échelle est à réaliser. Ce travail devra prendre en considération la capacité de ces indices climatiques à expliquer la variabilité du climat régional ou local. A ce titre, l'utilisation de la prévision saisonnière comme « laboratoire de tests » est tout à fait adaptée et recommandée.**

### 4.3 Utilisation des données en point de grille des centres mondiaux

Exploiter autant que possible l'ensemble des données disponibles dans les centres climatiques mondiaux, généralement générées soit par des simulations numériques atmosphériques et océaniques (ré-analyses) soit par des observations non conventionnelles (satellites, radars...). Ces données, souvent disponibles en point de grille, sont sous-utilisées dans la région. Elles constituent pourtant un complément important aux données d'observations de base qui, à elles seules, ne permettent pas de répondre à l'ensemble des préoccupations. En particulier, ces données globales permettent la spatialisation de l'information climatique et donc une couverture complète et homogène de notre région insulaire.

**RECOMMANDATION 5 : Accroître l'exploitation des données élaborées en point de grille, en complément des observations classiques.**

- **La question de l'homogénéité des séries de données reste valable pour les données en point de grille. En particulier, l'avènement et la progression très rapides des techniques d'observation par satellite peuvent être source de ruptures d'homogénéité. L'exploitation de ce type de données pour l'analyse des tendances doit faire l'objet d'un questionnement sur l'homogénéité des données. L'incertitude liée à ces questions doit être documentée.**
- **Les données du Global Precipitation Climate Project (GPCP) ouvrent de nombreuses possibilités en complément des données de précipitation issues du réseau de mesure terrestre. Le champ d'application de ces données porte à la fois sur l'analyse de l'aléa sécheresse mais aussi éventuellement sur les épisodes de forte pluie. Elles sont également exploitables pour la validation des modèles climatiques. L'évaluation de ces données par comparaison aux données de pluviométrie traditionnelles est un pré-requis.**
- **Engager des travaux sur la caractérisation des régimes de circulations ou régimes de temps à partir des données de ré-analyses issues de la modélisation..**
- **Exploiter les données de « ré-analyse » pour approfondir la connaissance sur l'évolution de l'activité cyclonique sur notre bassin et sur l'évolution de la fréquence d'apparition des épisodes de houle australe et de leur intensité.**

## 5. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

### Travaux et études réalisées dans les pays de la COI :

Vincent, L. A., et al. (2011), *Observed trends in indices of daily and extreme temperature and precipitation for the countries of the western Indian Ocean, 1961–2008*, *J. Geophys. Res.*, 116, D10108, doi:10.1029/2010JD015303

*Madagascar Climate Report (2008) : CSAG (université de Cape Town) et Direction Générale de la Météorologie Madagascar*

Roy et al, 2009, *Etude pour l'identification des évolutions et changements climatiques à La Réunion*, Météo-France, DIRRE/BECLIM

Chang-Seng (2007) : *Seychelles climate change , Scenarios for vulnerability and adaptation assessment*

Booneedy, P. 2010. *Observed Trends in Indices of daily temperature and rainfall over the Republic of Mauritius, 1950–2008. Technical Note, Mauritius Meteorological Services*

*Mauritius Meteorological Services 2009. Climate Change Impacts in Mauritius. 20 pp.*

### 4ème Rapport du GIEC

*Changements Climatiques 2007 : Rapport de synthèse*

*Chapitre 11 : Regional Climate Projection*

### Activité cyclonique :

Thomas R. Knutson et al. (2010), *Tropical cyclones and climate change*, *Nature Geoscience* 3, 157 - 163 ; Published online: 21 February 2010 | DOI:10.1038/NGEO779

Denis S. Chang-Seng & Mark R. Jury (2010), *Tropical cyclones in the SW Indian Ocean. Part 1: inter-annual variability and statistical prediction* *Meteorol Atmos Phys* (2010) 106:149–162 / DOI 10.1007/s00703-009-0055-2

Y. Kuleshov & al (2008), *On tropical cyclone activity in the Southern Hemisphere: Trends and the ENSO connection*, *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 35, L14S08, doi:10.1029/2007GL032983, 2008

### Homogénéisation

Aguilar, E., I. Auer, M. Brunet, T. C. Peterson, and J. Wieringa (2003), *Guidelines on climate metadata and homogenization*, WMO-TD No. 1186, 55 pp., World Meteorol. Org., Geneva, Switzerland.

Mestre O., 2000 : *Méthodes statistiques pour l'homogénéisation de longues séries climatiques. Thèse de doctorat de l'université Paul-Sabatier (Toulouse III).*

Wang, X. L., H. Chen, Y. Wu, Y. Feng, and Q. Pu (2010), *New techniques for detection and adjustment of shifts in daily precipitation data series*, *J. Appl. Meteorol. Climatol.*, 49, 2416 -2436, doi:10.1175/2010JAMC2376.1.