



LES EVOLUTIONS CLIMATIQUES EN COURS SUR LES HAUTES TERRES : ANALYSE DES DONNEES A L'AUNE DES DIRES D'ACTEURS

Bertrand MULLER (CIRAD/FOFIFA)¹, Tsiry Ny Aina ANDRIAMBOLOLONA (ESPA), Haingo Tiana RASOARIMALALA (ESPA), Sariaka MANANTSOA (ESPA), Koloina RAHAJAHARILAZA (Cirad/Fofifa/UA), Nirivololona RAHOLIJAO (DG DGM)

¹ CIRAD (UMR AGAP), FOFIFA, dP SPAD – bertrand.muller@cirad.fr

Journées interface « recherche-développement »

organisées par le GSDM, les 16 & 17 décembre 2020 à Antsirabe



Projet CASEF Hautes Terres

Introduction : pourquoi cette étude?

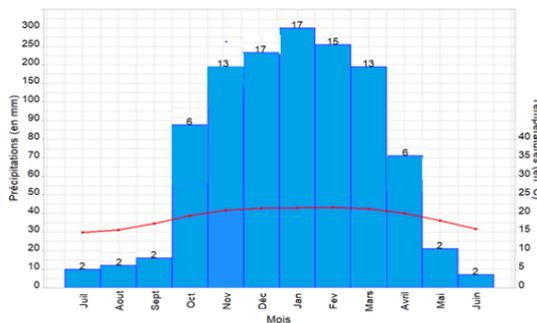
- Le CC est un phénomène mondial, une préoccupation générale dont tout le monde parle, y compris à Madagascar, mais pour Madagascar
 - pas d'analyse météo spécialement axée sur les réalités/situations agricoles
 - peu d'étude approfondie sur les ressentis des acteurs
 - aucune étude à notre connaissance essayant de mettre en relation l'analyse de données météo et des dires d'acteurs
- Notre objectif est de comprendre précisément les réalités des évolutions climatiques en cours (sur les HT) et leurs impacts sur les activités agricoles, en passant pour cela par la « mise en relation / confrontation » d'analyses de données météo et de dires d'acteurs
 - les « ressentis/perception » du climat (de ses évolutions) et aussi « les impacts » (attribués à tort/raison au climat) pour étayer les ressentis (plus dans le concret)
 - les « dires d'acteurs » permettent d'orienter, cibler certaines analyses (au-delà des « analyses météo classiques »)
 - faire la part des choses (et pouvoir l'expliquer) entre ce qui est lié au climat et ce qui ne l'est pas (ou pas que .)

Introduction : on ne part pas de rien

- Différentes études existent sur ces sujets, mais ne font pas de lien étroit entre analyse météo et analyse des réalités vécues par les acteurs
 - possibilités limitées par le faible nombre de stations
- Côté « météo »: le grand public a accès à des documents de synthèse qui (logiquement) fournissent peu de détails et restent généraux sur les impacts
 - Climate change in Madagascar; recent past and future, 2008. Tadross et al.
 - Le changement climatique à Madagascar, 2008. Zoaharimalala Rabefitia et al.
 - Les tendances climatiques et les futurs changements climatiques à Madagascar, 2019. RIMES et DGM. (« Madagascar glossy »)
 - **Autres ? ...**



Climatologie d'Antsirabe de 1961 à 2018



Analyse de tendance durant la période 1961 à 2017

Station	Zone Climatique	Précipitations			Température		Extrêmes		
		Annuel	Été	Hiver	Max Moy.	Min Moy.	Précip. max 1 jour	Max du temp. Max.	Min du temp. Min.
Ambohitsiloazana	HTC								
Antananarivo	HTC								
Antsirabe	HTC								
Antsiranana	NO								
Farafangana	CE								
Fianarantsoa	HTC								
Ivato	HTC								
Mahajanga	NO								
Maintirano	NO								
Morondava	SO								
Nosy-be	NO								
Ranohira	HTC								
Taolagnaro	CE								
Toamasina	CE								
Toliary	SO								

■ Tendance à la baisse
■ Tendance à la hausse

TENDANCES CLIMATIQUES OBSERVEES A MADAGASCAR



Précipitations

- Les précipitations annuelles sont en baisse sur la plupart des stations à Madagascar, particulièrement dans les parties Est et Sud-Est de l'île. Cette tendance à la baisse est faible comparée à la très forte variation annuelle des précipitations. En termes de saison, les précipitations en Eté montrent un déclin par rapport aux précipitations en hiver.
- Le nombre de jours où il y a des pluies extrêmes en une journée diminue en général.



Température

- Les températures maximales et minimales augmentent jusqu'à 0,04°C/an et 0,05°C/an, respectivement, à Madagascar. Les maximums des températures maximales et les minimums des températures minimales augmentent. Cela entraînera probablement des journées chaudes et des nuits chaudes.
- Les températures maximales montrent une tendance à la hausse de +0,23 °C/décennie sur une base annuelle, la saison chaude et humide indique une augmentation de +0,20°C/décennie. En hiver, la tendance de la température maximale est de +0,25 °C/décennie.



Température de la surface de la mer

- La température de la mer dans l'océan Indien occidental [sur le Kenya, le Mozambique, la Tanzanie, Madagascar, la Réunion, Mayotte et trois archipels (Comores, Maurice et les Seychelles)] a augmenté de 0,60°C entre 1950 et 2009.



Cyclones tropicaux

- Aucune tendance observée concernant la fréquence ou l'intensité des cyclones tropicaux dans la région du sud de l'océan Indien, intéressant Madagascar, d'après les études existantes.



Niveau de la mer

- Le changement du niveau de la mer à Madagascar a indiqué un taux de changement de 1,57 mm/an entre 1993 et 2017, ce qui est inférieur au taux mondial de 2,87mm /an.

Impacts Climatiques à Madagascar

Précipitations

- Les fortes pluies entraînent des inondations et des glissements de terrain.
- Des pluies insuffisantes et des variations dans la répartition conduisent à la sécheresse.
- Les inondations endommagent les cultures et réduisent le rendement. Les inondations causées par le cyclone Eline et la tempête tropicale Gloria en 2000 ont tué 205 personnes, des milliers d'hectares de paddy ont été détruits, ainsi que des plantations de café et de bananes. Les pertes associées au cyclone Eline seul ont coûtés 9 million US\$⁴.
- Les inondations entraînent des ruptures de digues affectant l'habitat, les infrastructures et plusieurs autres secteurs. Les inondations associées aux cyclones Favio, Clovis et Bondo en 2007 ont touché 25 000 personnes et détruit 200 000 tonnes de riz dans le Sud-Est, Nord-Ouest et les régions à l'Ouest de Madagascar⁵.
- Les variations de précipitations affectent le débit et le niveau de l'eau, et de ce fait affectent la production d'énergie et augmentent les coûts de production d'énergie hydroélectrique.
- La sécheresse affecte la production agricole, en particulier les rizières pluviales.
- Les sécheresses provoquent des insécurité alimentaire et des insécurité nutritionnelles entraînant des urgences humanitaires. Par exemple, la sécheresse de 2017-2018 dans les régions du Sud a réduit de 60% la production agricole et a menacé 1,3 million de personnes de problèmes de sécurité alimentaire.⁶

Température

- Les arbres fleurissent plus tôt en raison du changement dans la variation des températures.
- Les hivers doux peuvent même créer des désordres physiologiques (chute des bourgeons, fruits avortés) chez le pommier.

Cyclone

- Perte de vies.
- Destruction des cultures (culture de rentes et cultures de plantation) dans les zones côtières.
- Dégâts sur les infrastructures.

Niveau et température de la mer

- Les récifs coralliens et les écosystèmes marins sont affectés.
- La distribution des poissons est également affectée.

Introduction : on ne part pas de rien

- Côté « réalités ressenties »:
 - Harvey CA, Rakotobe ZL, Rao NS, Dave R, Razafimahatratra H, Rabarijohn RH, Rajaofara H, MacKinnon JL. 2014 Extreme vulnerability of smallholder farmers to agricultural risks and climate change in Madagascar. Phil. Trans. R. Soc. B 369: 20130089.
<http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2013.0089>
 - Informations plutôt sur les impacts généraux sur les systèmes d'exploitation
 - Delille H., 2011. Perceptions et stratégies d'adaptation paysannes face aux changements climatiques à Madagascar. Cas des régions Sud-ouest, Sud-est et des zones périurbaines des grandes agglomérations. AVSF
 - Idem
 - Projet MIARY 2017 AVSF, AFD: Valorisation des informations météorologiques pour une meilleure résilience face au changement climatique – cas des régions Analamanga et Itasy
 - Insiste (sans données météo) sur les difficultés de contre-saison et de début campagne
 - Thèse Aina Fehizoro RABODOMANANTSOA, 2019: Prévoir et évaluer la production (qualitative et quantitative) dans un système complexe à l'échelle régionale. Application à la mise au point d'une méthodologie pour la prévision de la récolte des litchis sur la côte Est de Madagascar.
 - Très spécialisée
 - **Autres ? ...**

Méthodologie

Etude en cours (non aboutie), développée via différentes petites actions, avec « **acquisition progressive** » des données météo nécessaires

- Cadre projet CASEF Hautes Terres: étude visant à mieux comprendre les réalités agroclimatiques sur les HT et leurs impacts et à identifier des mesures d'adaptation (si possible agroécologiques) pour y faire face:
 - Interviews d'acteurs du développement agricole et monde paysan concernant (i) leurs impressions, leur vécu, au sujet d'éventuelles modification du climat et plus généralement de modifications de leur environnement, (ii) les conséquences que cela pouvait avoir sur leurs productions et activités, et (iii) les pratiques agroécologiques qu'ils mettent en œuvre pour y faire face, et « bilan »
 - Analyse de données de pluie et températures journalières du Vakinankaratra périodes 1961-1975 et 1995-2010 (DGM) (23 années OK) et données 2003-2020 dP SPAD
 - Renforcée par résultats (quelques questions sur évolutions climatiques ressenties) enquête menée par CIRAD et le FOFIFA sur les HT du Vakinankaratra fin 2018 (SPAD/ECOAFRICA ; non publiée).
- Puis plus récemment (durant période Covid) par analyses de données menées par 3 stagiaires M2 de l'ESPA:
 - Jeux de données plus complets (mais pas encore parfait) ..
 - Ivato : T et P 1961-2018
 - Antananarivo (Ampadrianomby, DGM) : T et P 1961-2018
 - Antsirabe : T et P 1961-2018
 - Fianarantsoa : T 1961-2018 ; P 1981-2018
 - **Aucune donnée pour l'Itasy**

Principaux ressentis des acteurs

Concernant les pluies :

- **Difficultés et retard en début de saison des pluies**
 - **Saison des pluies démarre plus tard** (« 15 jours à 1 mois ») ; surtout ces dernières années
 - La date de début de la saison des pluies varie plus qu'avant ; sécheresse après les 1ères pluies ces dernières années
 - **Retards de mise en place des cultures pluviales** (maïs, pomme de terre, haricot vert, oignon, autres cultures maraichères, riz de bas fond, riz pluvial), voire même de **mauvais développements** (pomme de terre, haricot vert, oignon, autres cultures maraichères) et parfois des **échecs de semis**
 - Des agriculteurs qui autrefois pouvaient faire 2 cycles de riz en rizière mais qui ne peuvent plus en faire qu'un seul
 - Irrégularités ont aussi des conséquences négatives sur la floraison des pommiers
- **Moins de pluies en hivers et diminution des ressources**
 - **Il y a moins de pluies (et de brouillards) durant la saison d'hiver** ; surtout ces dernières années
 - Il y a **moins d'eau dans les rivières les puits et les sources** à la fin de la saison froide d'hiver
 - **Difficultés pour l'irrigation des productions maraichères de contre-saison** (demande plus de travail et peut affecter les productions) et peut même compromettre la double culture riz irrigué – culture maraichère
 - Diminution des ressources affecte aussi la préparation des rizières, causant des retards de plusieurs semaines, avec dans certaines zones l'impossibilité désormais de faire 2 cycles de riz irrigué comme auparavant
- **Plus de grosses pluies et plus de pauses pluviométriques**
 - Il y a plus souvent qu'avant **de grosses ou très grosses pluies** ; surtout ces dernières années
 - Les **inondations sont plus fréquentes dans certains endroits**
 - **Il y a plus d'eau dans les rivières durant la saison des pluies** ; surtout ces dernières années
 - Les périodes sans pluie de plus d'une semaine sont plus fréquentes ces dernières années

Principaux ressentis des acteurs

Concernant les températures :

- Hausse des températures, surtout en hivers
 - Les températures durant la saison des pluies sont plus chaudes qu'avant, que ce soit le jour ou la nuit ; surtout ces dernières années
 - Le froid vient plus tard en fin de saison des pluies ; surtout ces dernières années (c'est l'arrêt des pluies qui gêne le plus les cultures en fin de saison)
 - Les températures varient plus d'un jour à l'autre qu'auparavant
 - **Il fait moins froid en hiver ces dernières années**
 - **En hiver, les températures du jour et de la nuit ont augmenté**
 - Du fait de la diminution des pluies d'hivers et des brouillards, et de l'augmentation des températures, **les cultures deviennent plus fragiles face aux bioagresseurs (mildiou, ralstonia ..)**
- Moins de gels en hivers
 - Il y a moins souvent du gel durant la saison froide ; cela depuis 15 ans environ
 - **L'absence de froid (de gel, de givre) affecte la dormance des pommiers, entraînant des retards de floraison** (floraisons qui par la suite sont aussi perturbées par le manque de pluie en début de saison des pluies)
- Plus de grêle
 - Il y a plus souvent de la grêle durant la saison des pluies ; cela depuis 15 ans environ
 - Difficile de dire si c'est aussi le cas ou pas en saison froide

Principaux ressentis des acteurs

Augmentation (« explosion ») des problèmes biotiques

- Sans doute lié à augmentation des températures (mais pas que ..)
 - chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda*) sur maïs
 - mildiou (*Phytophthora infestans*) et plus encore flétrissement bactérien (*Ralstonia solanearum*) sur la pomme de terre et les tomates
 - « fangalabola » (*Deborea malagassa*) sur les pommiers
 - chenille *Tuta absoluta* sur les tomates et pomme de terre

Attention : si cohérence globale forte dans les réponses (interview, enquêtes), il y a parfois des « discordances »

- « augmentation des quantités de pluie » 72% des enquêtés !
- « une fin de saison des pluies plus précoce » 64%
- « il fait plus froid en hiver » 69%
- 23% mentionnent une avancée du démarrage de la saison ...
- 72% pensent qu'il pleut plus ...

Principaux ressentis des acteurs

En plus des évolutions générales des températures et pluviométries on s'est donc intéressé plus particulièrement à :

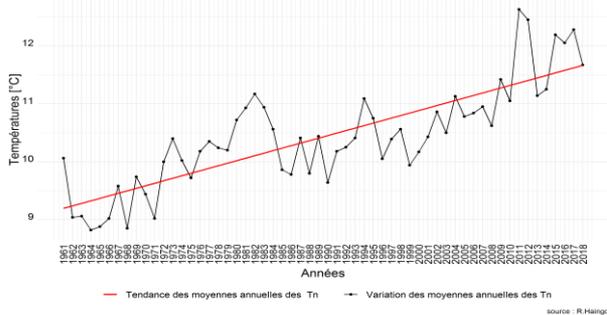
- Distribution des pluies : via différents indicateurs
 - Nombre de jours humides (pluies ≥ 1 mm)
 - La lame d'eau moyenne précipitée par jour humide (Simple Day intensité index, SDII)
 - Jours très humides (R95p), extrêmement humides (R99p) ..
 - Nombre de périodes de 3 / 5 / 7 jours ou plus consécutifs de pluie
 - Nombre de périodes de 7 / 10 / 14 jours secs ou plus consécutifs
 - Moyenne des cumuls de pluie sur 3 / 7 / 15 jours consécutifs
- Conditions pluviométriques en début de saison : via différents indicateurs
 - **Démarrage selon critère DMN (Omotosho, 1992): « l'obtention d'au moins 20 mm de pluies dans deux jours avec pas plus de 10 jours secs successifs »**
 - Variantes de ce critère ..
 - Cumul de pluie à partir du 1er octobre de 20 mm, de 40 mm, de 100 mm ...
 - Mini-bilan hydrique de surface ...

Evolution des températures

- Augmentation des Temp sur la période 1961-2018 :
 - +0,6°C à Ivato, +1,4°C à Antananarivo, et +1,5°C à Antsirabe entre les décennies 60 et 2010
 - +1,1°C, +1,5°C et +2,5°C pour les minimales (nocturnes)
 - Tendances très significatives pour Tmoy, Tmin et Tmax ; au niveau mensuel aussi
 - Ci-dessous figures pour Antsirabe

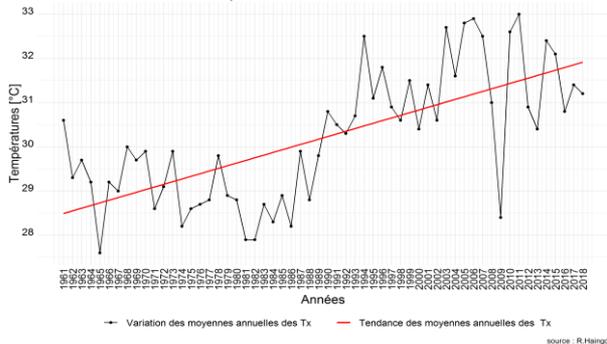
Variation des moyennes annuelles des Tn

p.value = 2.264e-12 tau = 0.6342

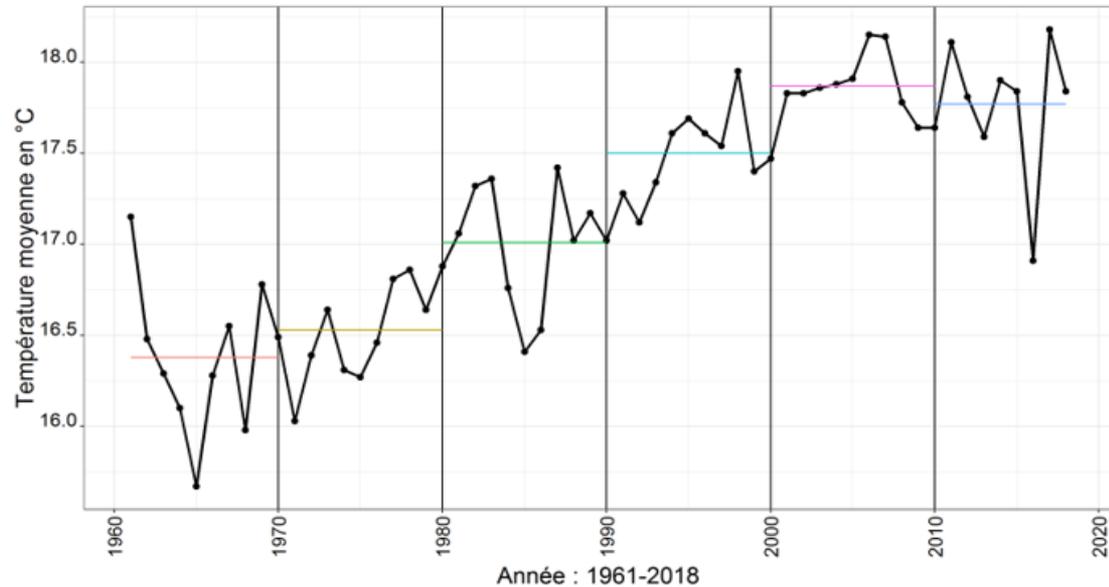


Variation des moyennes annuelles des Tx

p.value = 3.382e-07 tau = 0.4635



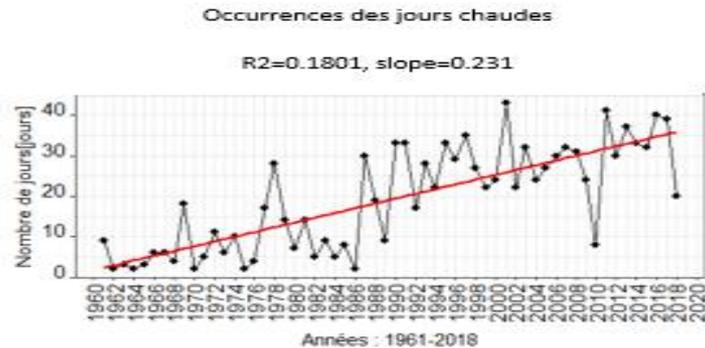
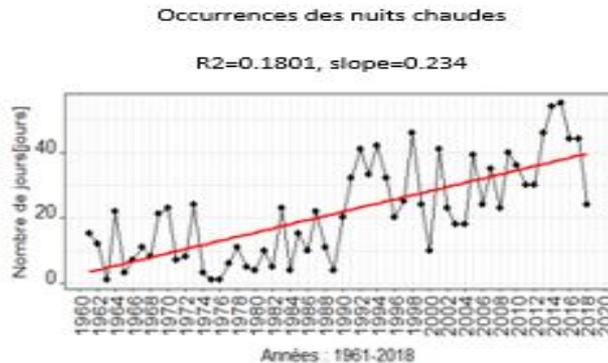
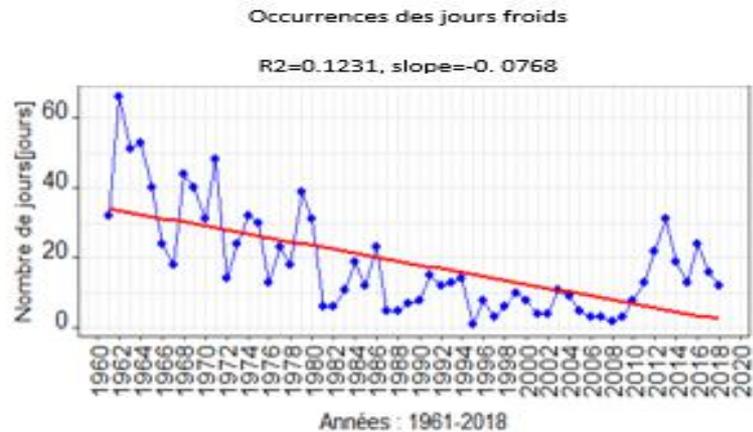
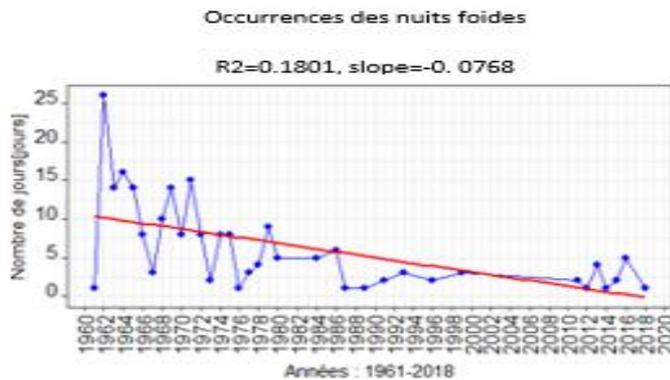
TEMPERATURE MOYENNE ANT SIRABE PAR DECENNIE:



moy1= 16.38 °C moy2= 17.01 °C moy2= 17.77 °C
 moy2= 16.53 °C moy2= 17.5 °C moy2= 17.87 °C

Evolution des températures

- Diminution des nuits froides et gels sur la période 1961-2018 :
 - Importante diminution des nuits froides



Evolution des températures

- Diminution des nuits froides et gels sur la période 1961-2018 :
 - Importante diminution des nuits froides
 - Quasi-disparition des températures négatives
 - Risques de stérilité du riz ($T_{moy} < 18^{\circ}\text{C}$) ont fortement diminué

Days with mean temperatures < 18°C - Antsirabe

Tmean<18	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Year	Rain. S.	Dry S.
1961-1975	3	3	9	17	31	29	30	26	27	20	10	4	209	67	143
1995-2010	0	1	1	8	25	27	30	28	22	9	3	2	156	24	132
Variation	-3	-2	-8	-8	-5	-2	0	2	-5	-11	-8	-3	-53	-42	-11

Days with max temperatures > 28°C - Antsirabe

Tmax>28	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Year	Rain. S.	Dry S.
1961-1975	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	2	1	9	8	0
1995-2010	3	1	2	1	0	0	0	1	3	10	9	4	34	30	4
Variation	2	1	2	1	0	0	0	1	2	6	7	3	25	22	3

Days with min temperatures < 5°C - Antsirabe

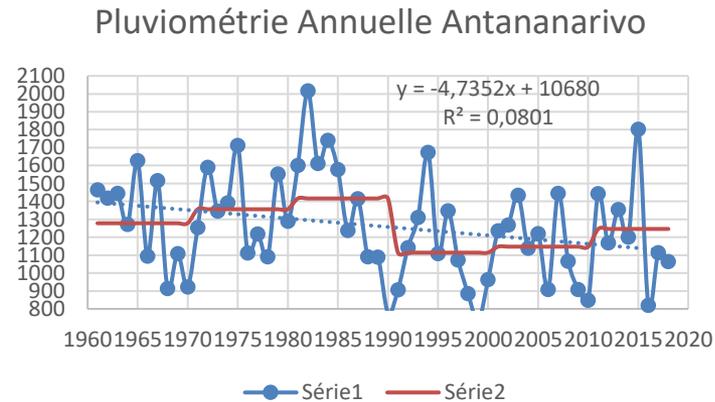
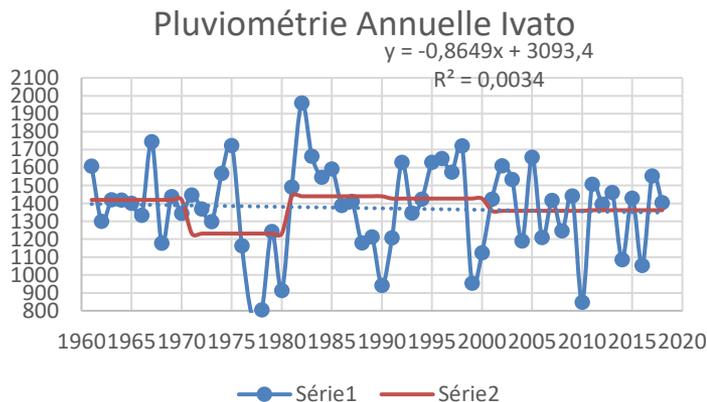
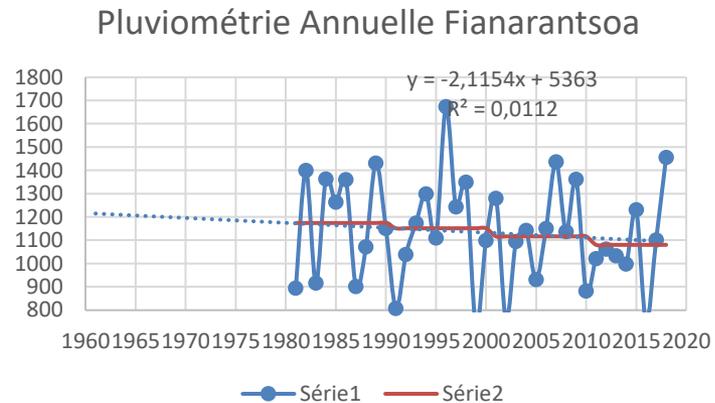
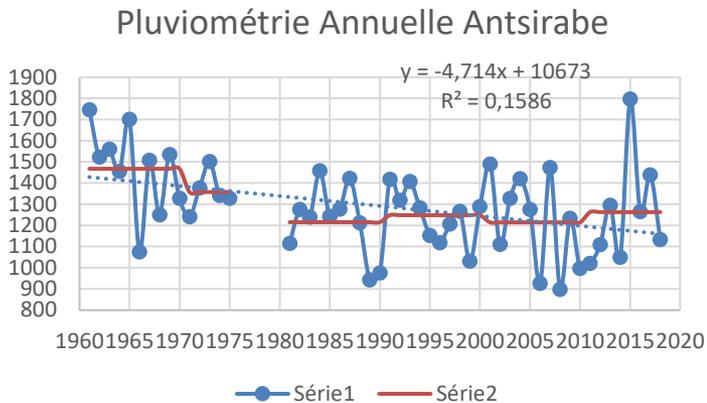
Tmin<5	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Year	Rain. S.	Dry S.
1961-1975	0	0	0	0	6	14	13	13	11	3	0	0	60	3	57
1995-2010	0	0	0	0	2	9	12	9	6	3	1	1	41	4	37
Variation	0	0	0	0	-4	-5	-2	-4	-5	0	1	1	-19	1	-20

Days with min temperatures < 0°C - Antsirabe

Tmin<0	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Year	Rain. S.	Dry S.
1961-1975	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0	5	0	5
1995-2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Variation	0	0	0	0	0	-2	-1	-1	-1	0	0	0	-4	0	-4

Evolutions des pluviométries

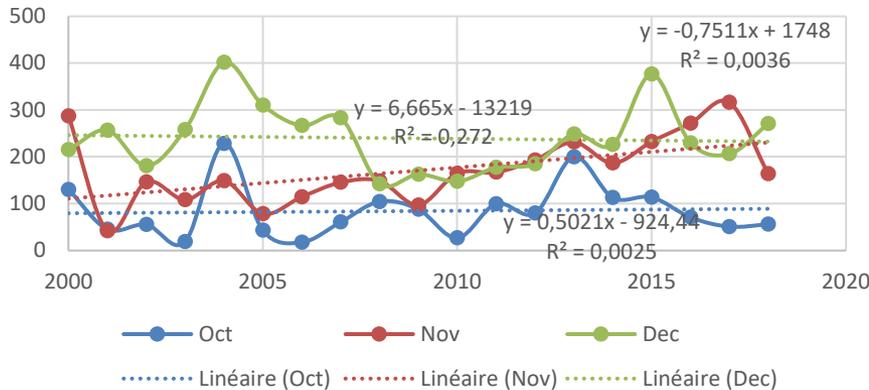
- Diminution globale sur la période 1961-2018 : mais ...
 - Ivato : -58 mm entre 60-70 (1419 mm) et 2010-18 (1361 mm) ; -50 mm en tendance (-0,865mm/an)
 - Antananarivo : -32 mm entre 60-70 (1278 mm) et 2010-18 (1246 mm) ; -274 mm en tendance (-4,735mm/an)
 - Antsirabe : -204 mm entre 60-70 (1467 mm) et 2010-18 (1263 mm) ; -273 mm en tendance (-4,714mm/an)
 - Pertes = 5 à 13% des volumes des années 60s et 70s et sont <= différences inter-annuelles
 - Tendances non significatives ; les pluviométries diminuent peu sur les 30 et 20 dernières années



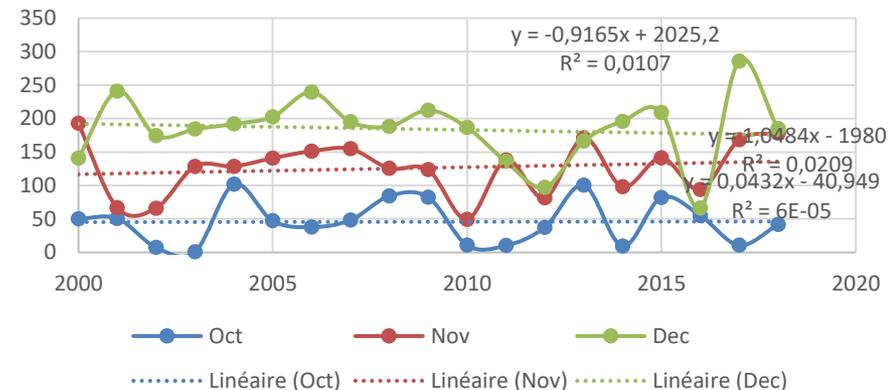
Evolutions des pluviométries

- Diminution globale sur la période 1961-2018 : mais ...
 - Tendances non significatives non plus la plupart du temps au niveau mensuel
 - Tendances très variables (et non significatives) pour les débuts de saison (octobre, novembre, décembre)

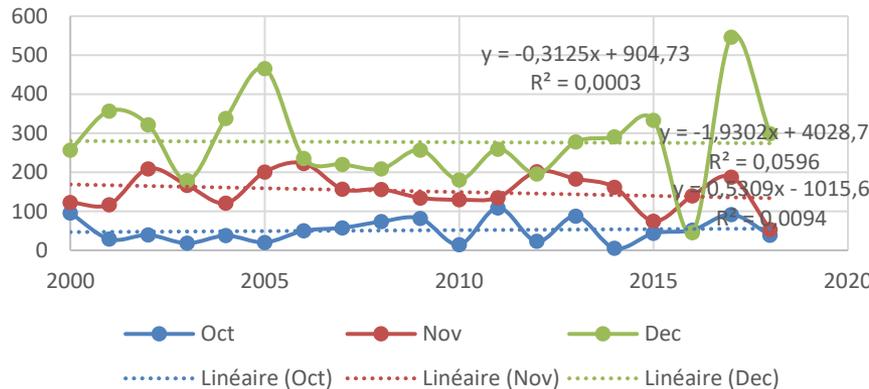
Pluviométries début saison Antsirabe



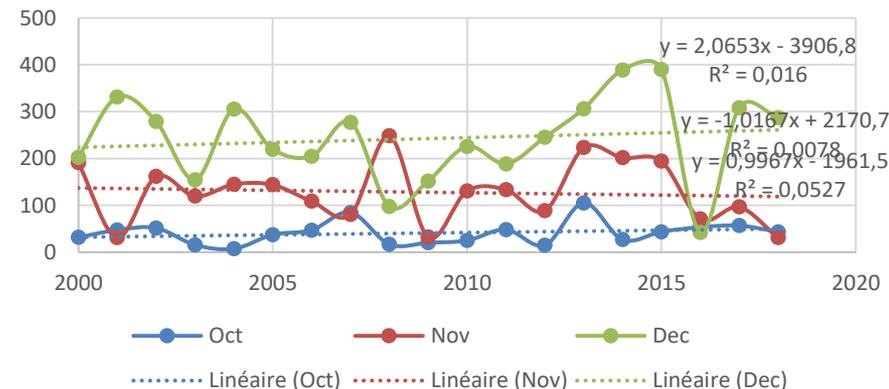
Pluviométries début saison Fianarantsoa



Pluviométries début saison Ivato



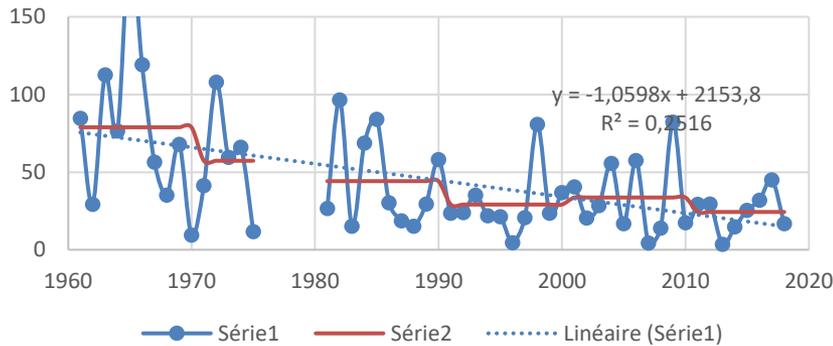
Pluviométries début saison Antananarivo



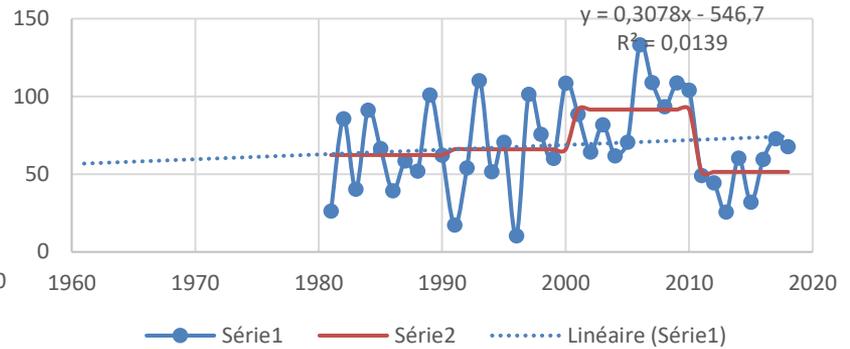
Evolutions des pluviométries

- Diminution en hivers
 - En particulier depuis 20 ans
 - Plus perceptible a priori car volumes sont moins importants

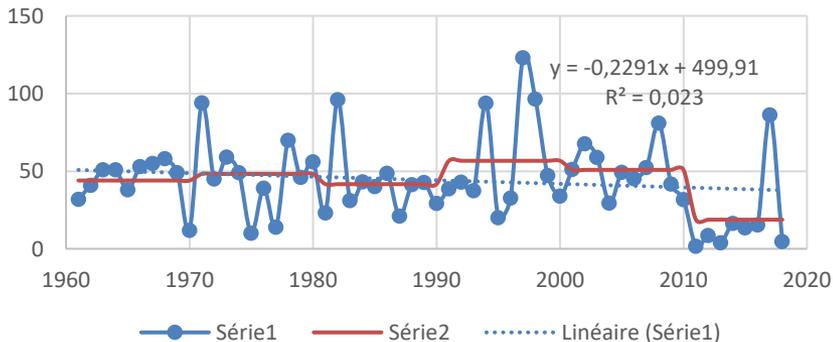
Pluviométrie Juin-Sept Antsirabe



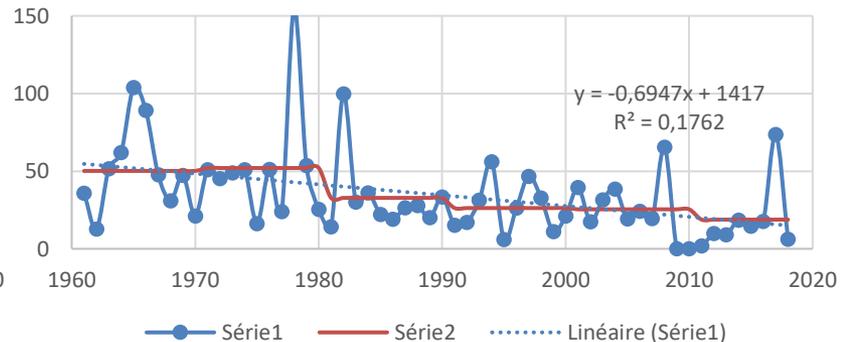
Pluviométrie Juin-Sept Fianarantsoa



Pluviométrie Juin-Sept Ivato



Pluviométrie Juin-Sept Antananarivo

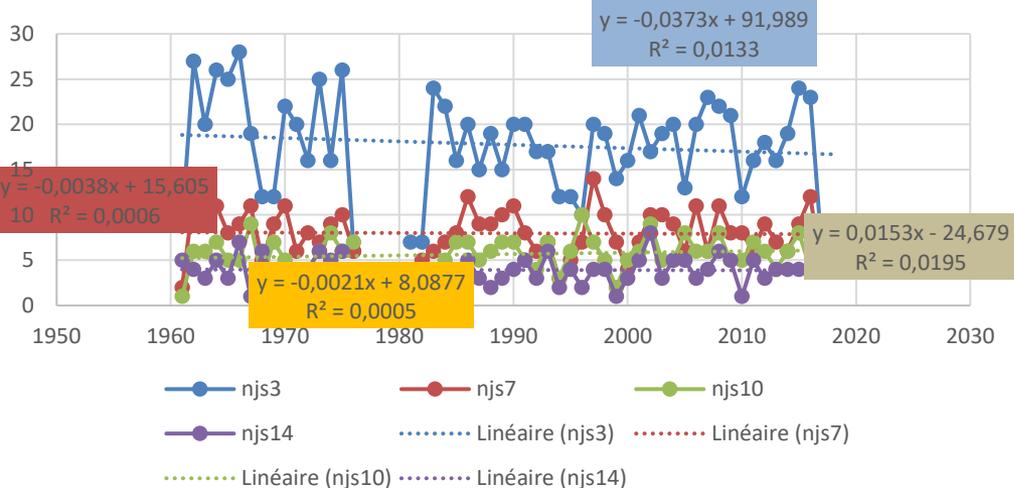


Evolution des pluviométries

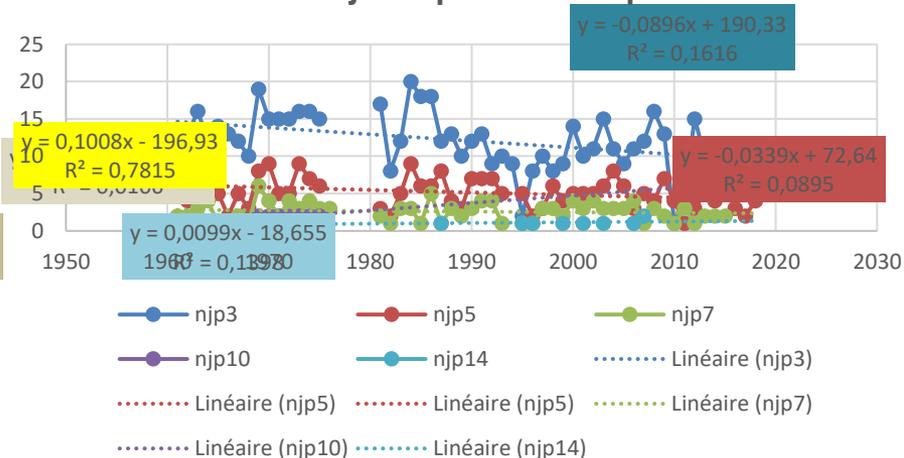
- Pas d'évolution dans la distribution des pluies

- Nombres de jours de pluie diminuent très faiblement en tendance : environ -0,5 j/an
- (A Antsirabe: de 110-115 jours/an durant 1960-1970 à 90-95 jours désormais)
- **Pas de changement dans la distribution des événements pluvieux en relation à leur valeur**
- NB : les petites pluies sont largement majoritaires puisque les pluies de moins de 10 mm et celles de moins de 20 mm représentent respectivement 60% et 80% des événements pluvieux
- **Pas plus de pauses pluviométriques**
- **Pas plus de périodes pluvieuses**

VARIATION ET TENDANCES DES OCCURENCES DE JOURS SECS CONSECUTIFS OU PLUS

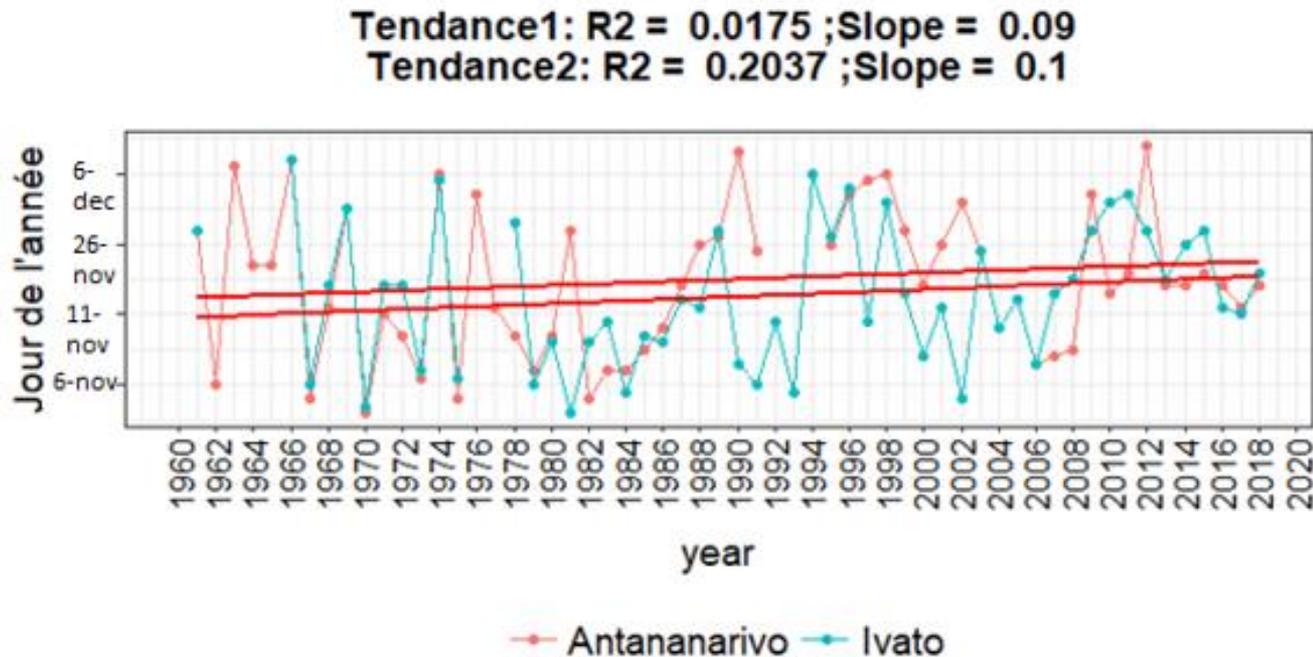


variations et tendances des occurences de jours pluvieux ou plus



Evolution des pluviométries

- Pas d'évolution « majeure » des conditions en début de saison
 - **Date de début de saison « recule en tendance » de 0,1 à 0,3 jours/an .. soit de 1 à 3 jours tous les 10 ans ...** certes cela fait de 6 à 20 jours depuis 1961 ..
 - Détérioration des conditions hydriques de surface en novembre qui apparait moins favorable à de bonnes levées



Source: ANDRIAMBOLOLONA Tsiry

Conclusions et perspectives

- On retrouve bien les évolutions signalées pour Madagascar
- Les données analysées et les ressentis sont en accord concernant les températures
 - Températures en hausses
 - Disparition du froid, des gels
- Mais ce n'est pas aussi pas cohérent pour les pluviométries (paramètre bien plus variable ; peu de sites de mesures)
 - Ce qui est clair c'est qu'il n'y a **pas d'évolution de la distribution des pluies** (à part la légère diminution global du nombre de pluies) : **pas plus de grosses pluies** en particulier, ni de concentration des précipitations, **ni plus de pauses pluviométriques**
 - Par contre **difficulté à bien capter les difficultés au démarrage de la saison, le retard des semis**
- Une question : la diminution relativement faible de la pluviométrie (-5 à -15% depuis 1960) explique-t-elle à elle seule la diminution forte de la ressource hydrique en saison sèche dont tout le monde se plaint ?
 - Pourraient être dues tout autant, sinon plus, à la diminution générale des couvertures végétales : diminution des infiltrations au profit des ruissellements
 - A l'appui de cela : l'augmentation des niveaux des cours d'eau et plus d'inondations en période estivale, alors que les volumes des pluies ont diminué...
 - Mieux comprendre « la diminution des ressources » selon les bas fonds ...

Conclusions et perspectives

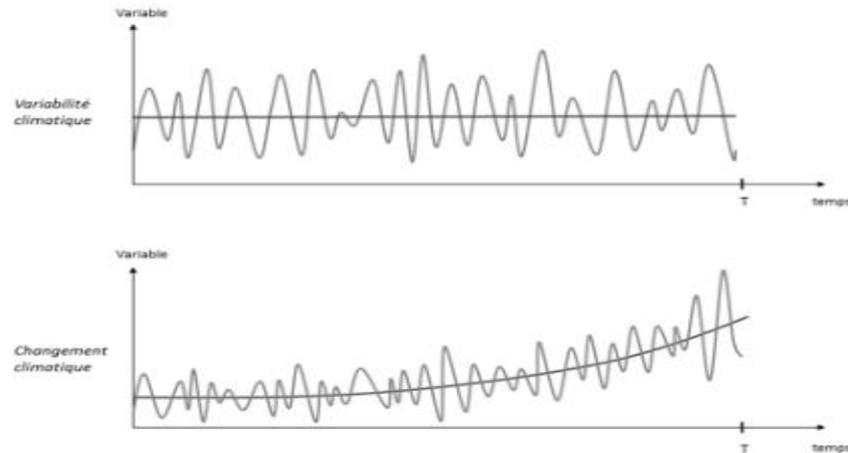
- Accès réel aux données météo très récent :
 - compléter jeu de données (pluies Fianarantsoa, autres?)
 - contrôle qualité à améliorer (prise en main réelle des données toute récente)
 - toutes les analyses à faire systématiquement (annuelles, mensuelles ..)
- Maintenant que l'on entrevoit mieux les réalités il faudrait pouvoir questionner de façon plus organisée et systématique les acteurs et paysans via enquêtes
- Et discuter/échanger autour des données avec des acteurs
 - leur faire mieux préciser leur ressentis et impacts, les temporalités
 - mieux se (les) comprendre ... sur début de campagne (sept – déc) en particulier .. et en tenant compte des particularités des bas fonds
 - faire des analyses ciblées sur certains points
 - pour début de campagne via outils de simulation du développement des cultures

Conclusions et perspectives

- Poursuite dans le cadre du projet DINAAMICC (EU, 2021-2025)
 - Démarches INTégrées et Accompagnement pour une Agriculture familiale à Madagascar Innovante et résiliente aux Changements Climatiques
- Toutes propositions vraiment bienvenues pour améliorer ce travail, qu'il soit plus utile et réponde à des demandes (bertrand.muller@cirad.fr)

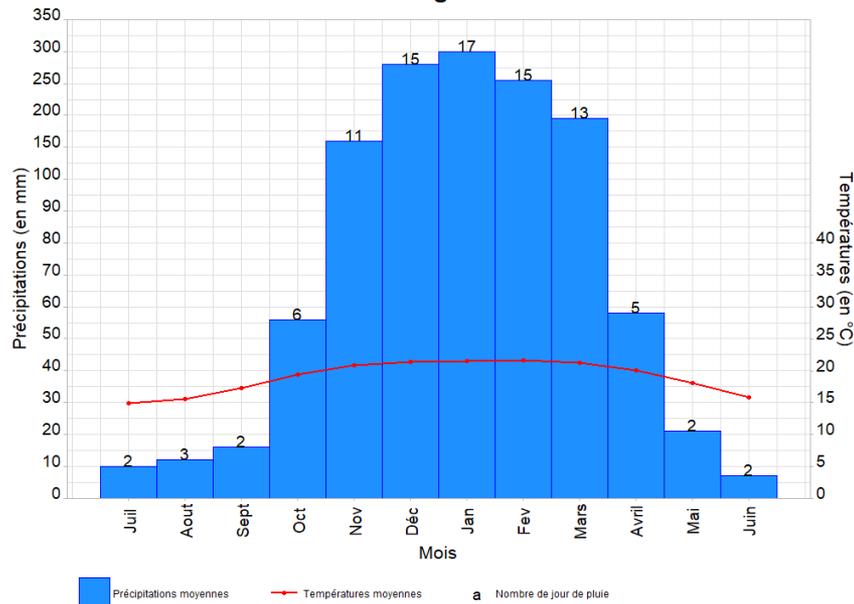
Méthodologie (suite)

- Les limites potentielles :
 - les gens ont des ressentis « locaux » et « plus influencés » par des événements récents, en particulier si négatifs et importants : difficile d'appréhender « la temporalité » des choses
 - difficile de faire la part des choses entre « la variabilité » et « une réelle évolution »

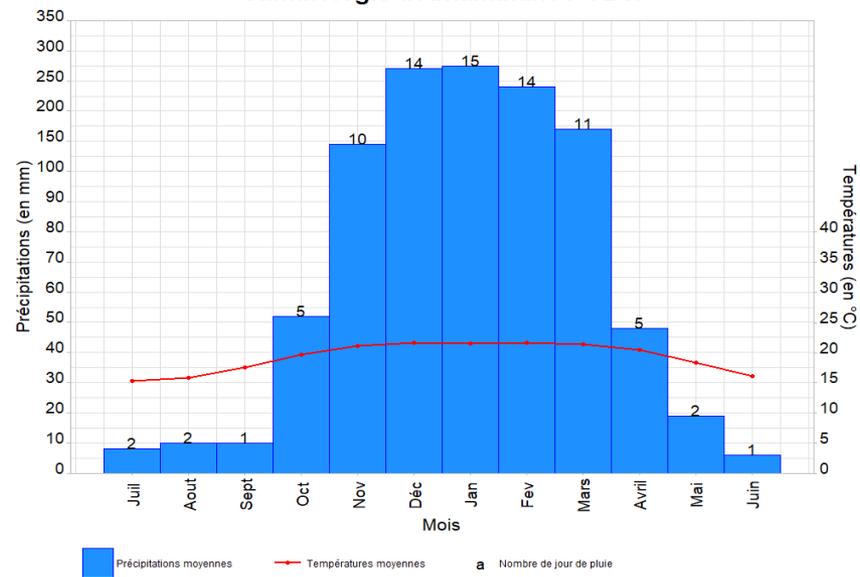


- il y a très peu de sites de mesures de données « sol » précises : or les données d'une station peuvent ne pas refléter un évènement qui a pu impacter les gens
- pas accès à d'autres données (pour le moment)
- parfois des soucis (doutes!) avec les données
- des phénomènes comme les grêles sont très ponctuels et non repérés à Mada

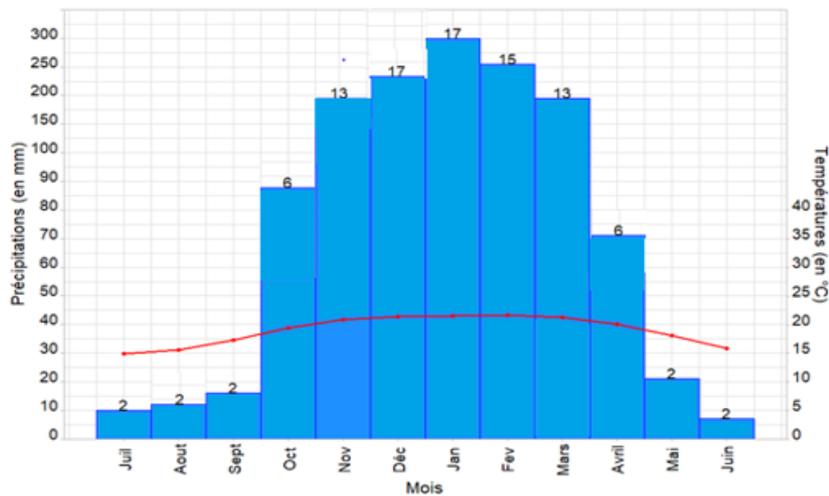
Climatologie d'Ivato



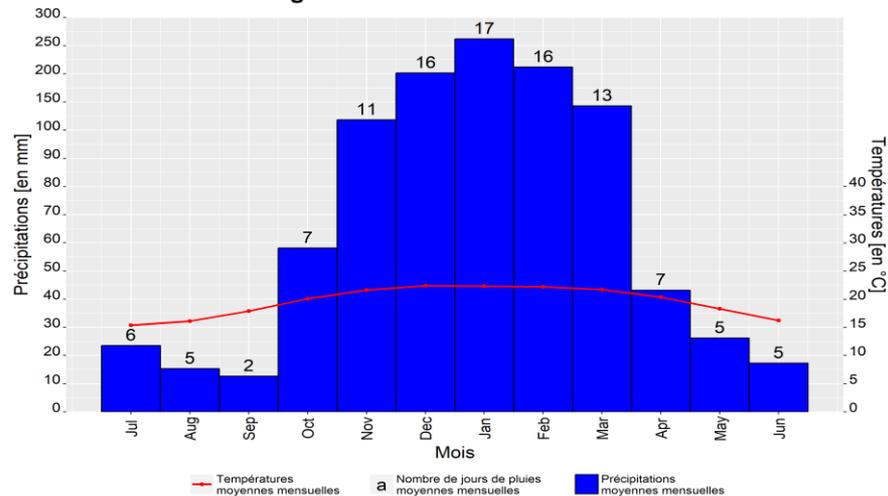
Climatologie d'Antananarivo OBS.



Climatologie d'Antsirabe de 1961 à 2018



Climatologie de Haute-Matsiatra de 1981 à 2018



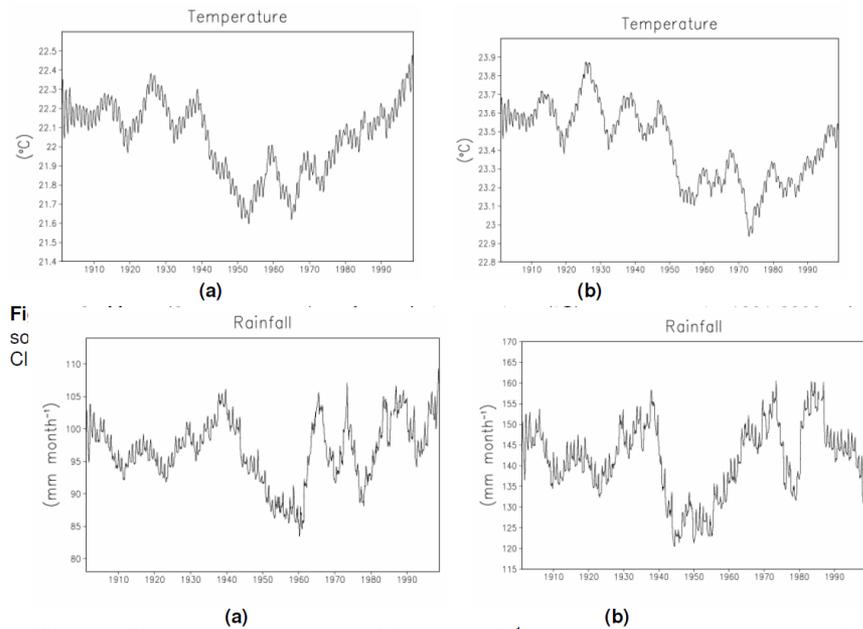


Figure 4: Mean (6-year average) rainfall (mm month⁻¹) measurements 1901-2000: a) southern Madagascar (43-51°E, 27-20°S); b) northern Madagascar (43-51°E, 20-11°S). Source Climate Research Unit (Mitchell *et al.*, 2004).

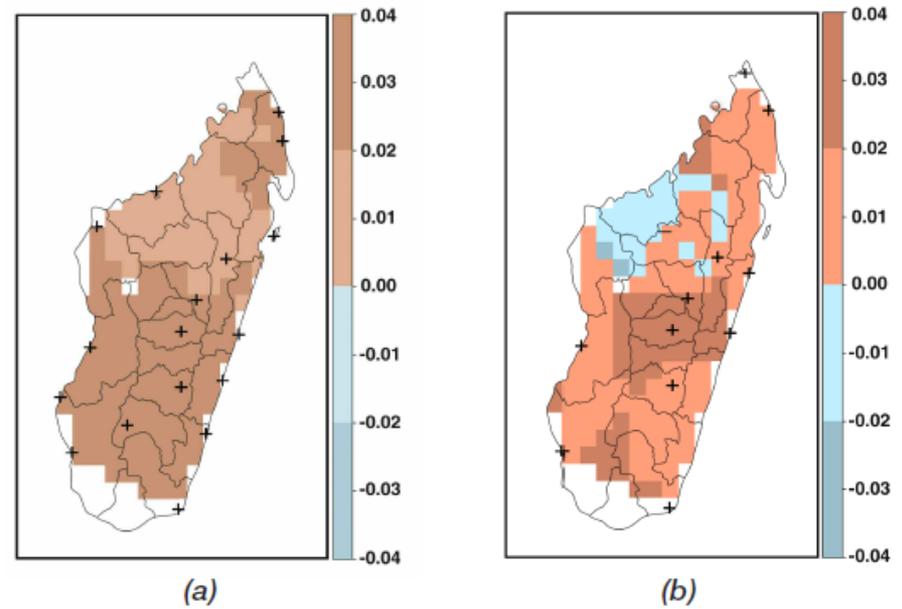
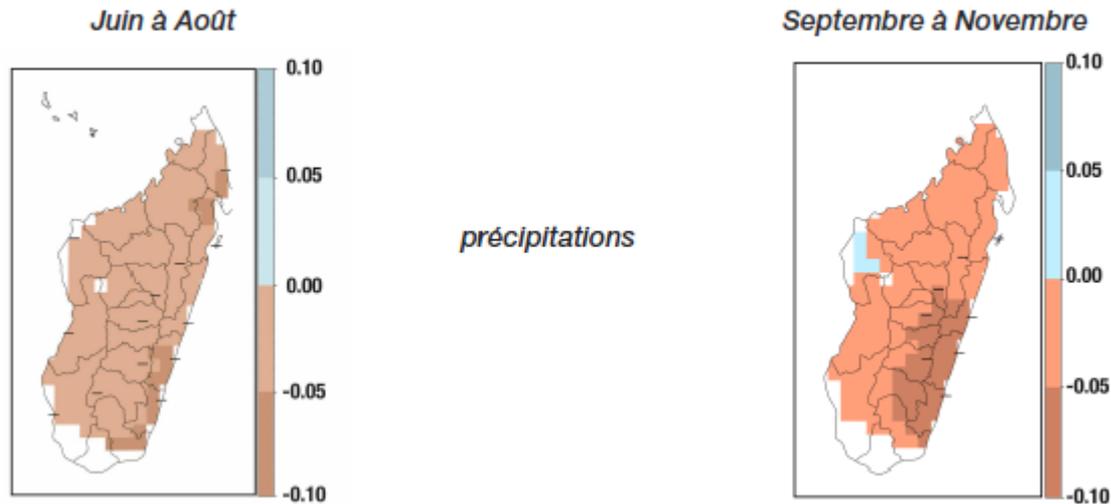


Figure 6. Tendence moyenne annuelle des températures minimales journalières (a) et maximales journalières (b) de 1961-2005. "+" / "-" représente une tendance positive/négative (devenant plus chaud/froid) statistiquement significative au niveau de confiance 95% ou plus.



**RÉSUMÉ DES SCÉNARIOS SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES AU NIVEAU RÉGIONAL
RÉSUMÉ PAR GRANDES ZONES CLIMATIQUES**

Zones climatiques	Côte Est	Hautes terres centrales	Nord-Ouest	Sud-Ouest
 Précipitations	En baisse pendant les trois horizons 2030s, 2050s et 2080s	En baisse pendant les trois horizons 2030s, 2050s et 2080s	En baisse pendant les trois horizons 2030s, 2050s et 2080s	Pas de changement
 Température	Les températures maximales et minimales vont probablement augmenter pendant les trois horizons 2030, 2050 et 2080	Les températures maximales et minimales vont probablement augmenter pendant les trois horizons 2030, 2050 et 2080	Les températures maximales et minimales vont probablement augmenter pendant les trois horizons 2030, 2050 et 2080	Les températures maximales et minimales vont probablement augmenter pendant les trois horizons 2030, 2050 et 2080