

LES DEFICITS DE PLUIES DE JANVIER ET FEVRIER DE 2000-2008 ET LEURS REPERCUSSIONS SUR LES PRODUCTIONS AGRICOLES : LE CAS DES DISTRICTS D'ANTANANARIVO VILLE ET AVARADRANO

F. T. NDRIANDAHY RALINIRINA¹ ; Josette RANDRIANARISON² ; James RAVALISON³

1 : Doctorante au Département de Géographie, Université d'Antananarivo

2 : Professeur titulaire au Département de Géographie, Université d'Antananarivo

3 : Maître de Conférences au Département de Géographie, Université d'Antananarivo

Résumé :

Dans les districts d'Antananarivo ville et d'Avaradrano, il y a deux saisons de culture de riz. La culture de riz de 1^{ère} saison de juillet à décembre est soumise à des risques de déficits de pluies. D'où la pratique du riz de 2^e saison a été adoptée pour faire face à cette situation. La variabilité interannuelle des pluies de la 2^e moitié de la saison pluvieuse expose également la culture de riz de 2^e saison à des risques de déficits de pluies pour la décennie 2000. Les résultats ont montré que le déficit pluviométrique de janvier et février est dû à la position plus septentrionale de la ZCIT dans la basse et moyenne troposphère. En février, la haute pression de l'océan indien est bien individualisée dans la basse et moyenne troposphère, surmontée par un air cyclonique dans la haute troposphère. Par contre en janvier la structure de la troposphère est plus complexe dans la basse et moyenne troposphère car la haute troposphère est sous l'influence de mouvement anticyclonique entraînant l'absence des pluies.

Malgré la forte variabilité des pluies de janvier et février de 2000-2008, les hauteurs des pluies sont toujours supérieures à l'ETP. Ainsi l'eau existe sur les Hautes Terres mais la quantité disponible est très variable. Ce risque n'empêche pas les paysans de considérer le riz comme aliment de base et complété par d'autres principales cultures vivrières. Les cultures maraîchères cultivées en saison fraîche et irriguée servent de source de revenu pour l'achat de riz en cas de baisse de la production.

Mots clés : variabilité interannuelle des pluies mensuelles - cultures de riz de 2^e saison - champ d'anomalie composite

1-Introduction

Madagascar est un pays intertropical du sud-ouest de l'océan indien. Cette zone est délimitée entre 0°-40°S et 30°E-90°E. (Carte n°1). Antananarivo ville, la capitale, et ses zones d'extension sont représentées par les districts d'Antananarivo-ville, Antananarivo Atsimondrano et Avaradrano. En 2005 la population de ces trois districts est estimée à 1500000 d'habitants, soit 57% de la population régionale et répartis sur une superficie de 1031 km² soit 6% de l'étendue de la région. (Plan Régional de Développement, PRD en 2005). Notons que ces trois districts font partie des huit districts de la région Analamanga. Celle-ci abrite une population totale de 2 650 000 soit 14% de la population nationale. D'ailleurs la région constitue une zone d'immigration importante vue l'augmentation de ses habitants. De 1975 à 2004 le nombre est passé de 1 099 042 à 2 650 000, soit une croissance de 120% en 30 ans. Vue cette concentration de la population dans ces trois districts, la demande en ressources vivrières est

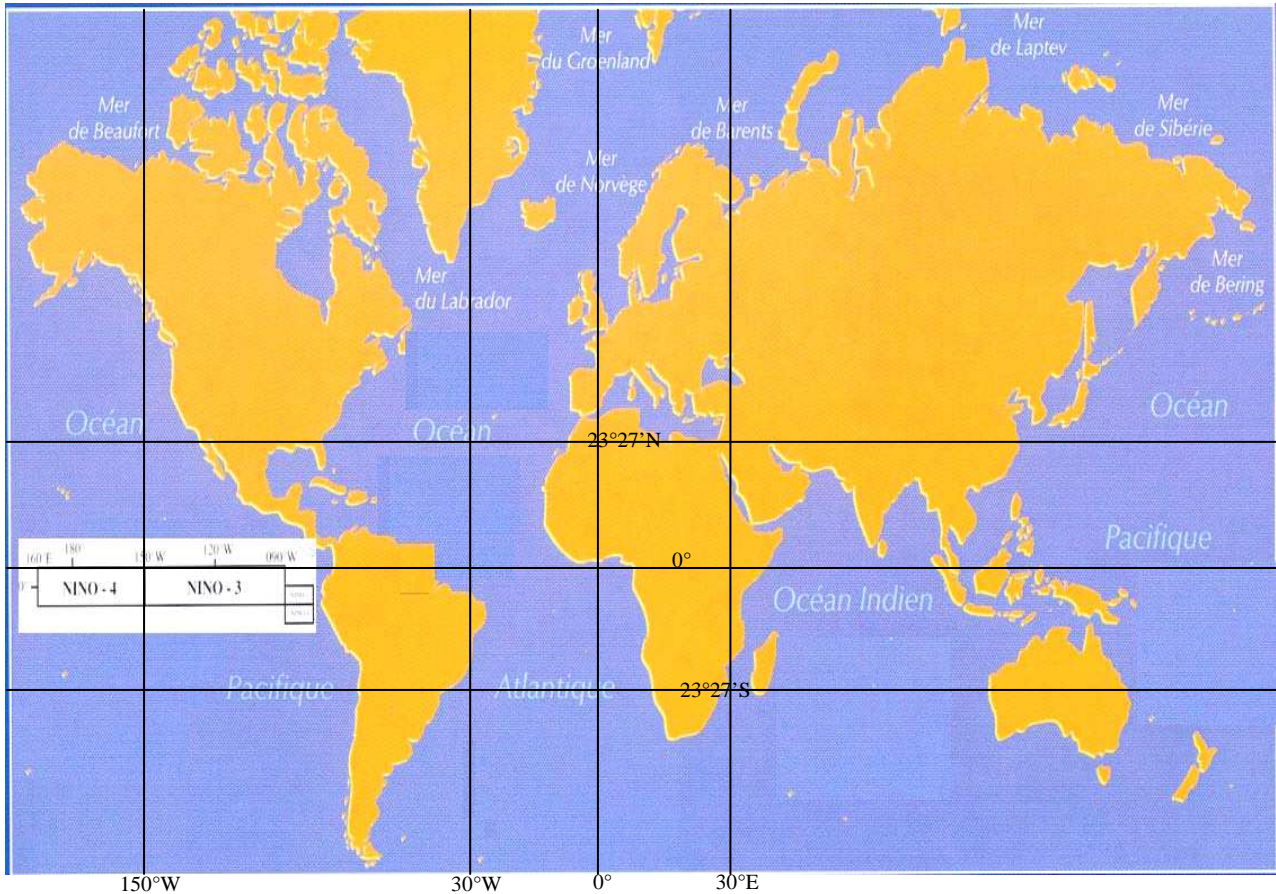
pressante sur sa région. Aussi est-il important de connaître la variabilité pluviométrique pour mieux gérer le potentiel hydrique. Mais dans cet article, les districts d'Antananarivo-ville et Avaradrano constituent la zone d'étude (Carte n°2).

Les grandes plaines d'Antananarivo, d'origine lithologique et structurale, sont entourées de bas plateaux en collines allongées. Les vallées y sont très denses et hiérarchisées sous forme de feuilles de chênes. En général les plaines sont utilisées pour la culture de riz de 1^{ère} saison quand l'eau est présente et que la dénivellation permet une bonne irrigation tandis que les vallées des bas plateaux sont réservées à la culture de riz de 2^e saison de novembre à avril. Dans les deux districts d'Antananarivo ville et Avaradrano la riziculture de 1^{ère} saison constitue les 25% de cette activité et celle de la 2^e saison les 72%. Si la récolte de la 1^{ère} saison a lieu à partir de la fin décembre, celle de la 2^e saison dépend des pluies de janvier et février pour que la récolte soit bonne.

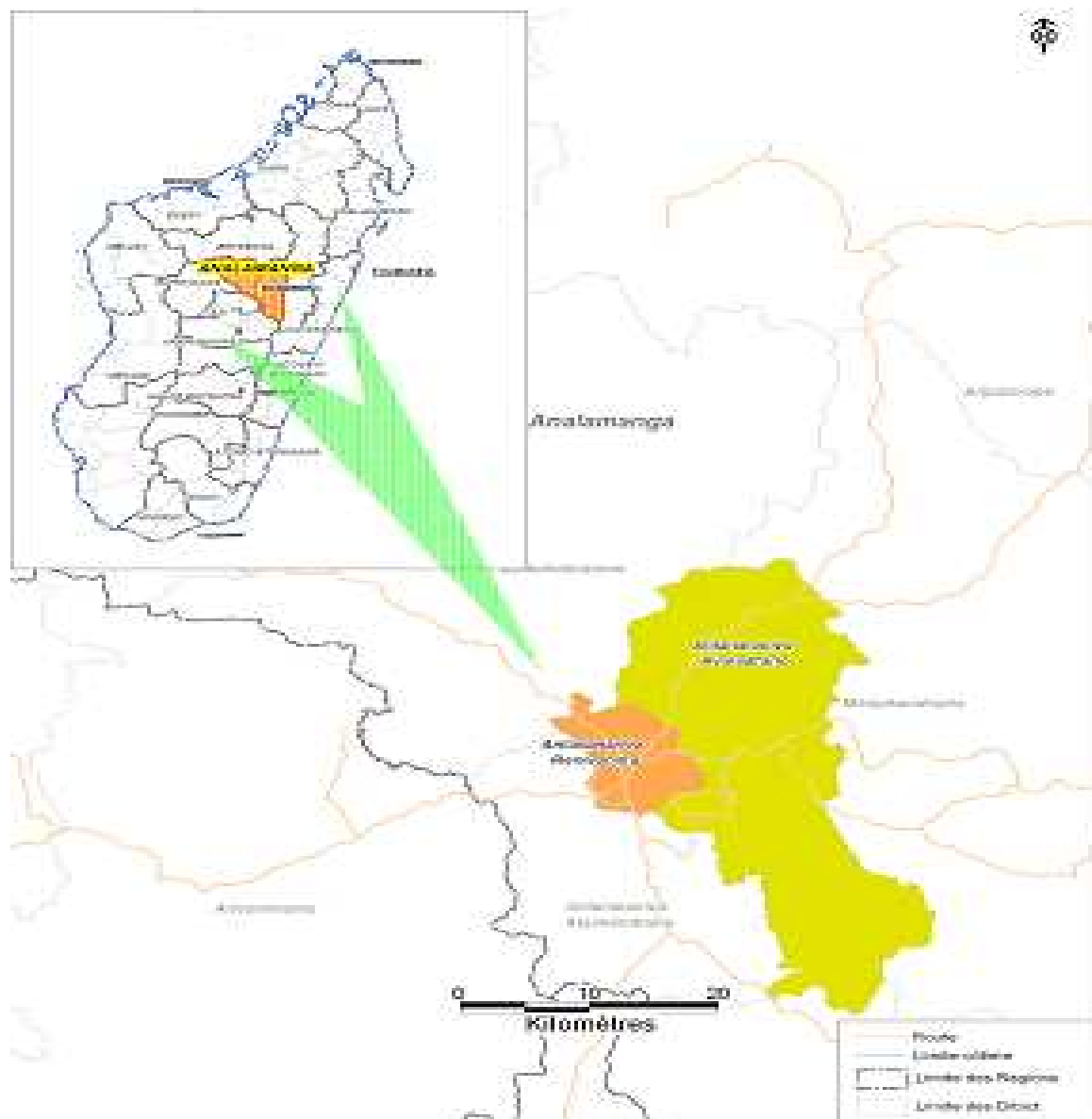
¹- NDRIANDAHY RALINIRINA F. T., RAVALISON J., F. PESNEAUD, 2009: Identification of a risk periods for rice cultures of 1st and 2nd seasons in plain of low Antananarivo (Ampangabe case) 7p (en cours de publication dans *Geographia Technica*)

Le riz de 2^e saison est tributaire du début des pluies pour le démarrage des travaux. Le repiquage se fait en décembre et les plants bénéficient des pluies des 2^e et 3^e décades du mois de janvier pour avoir le maximum de tallage et d'épiaison jusqu'à la fin du mois de février.

Après cette date le besoin en eau des plantes diminue. Normalement les mois de janvier et février sont les plus pluvieux, respectivement avec 304,4 mm et 286,4 mm (DGM) mais il arrive que ces mois enregistrent des pluies insuffisantes.



Carte n°1 : La localisation de Madagascar



Carte n°2 : Carte de localisation d'Antananarivo ville et Antananarivo Avaradrano

Des études ont été faites sur la recherche des causes de la variabilité interannuelle des pluies. Raholijao N. et Abdallah N., à l'échelle de Madagascar. Pour notre cas, à l'échelle des régions climatiques des Hautes Terres et du Sud de Madagascar pour la première moitié de la saison pluvieuse de 1955-1997². Les pluies de cette période sont d'une importance capitale pour le démarrage des activités agricoles.

L' article essaie de considérer la variabilité interannuelle des pluies de la deuxième moitié de

la saison pluvieuse en l'occurrence des mois de janvier et février.

Le problème est de connaître pourquoi les mois de janvier et février de certaines années de la décennie 2000-2008 ont des pluies déficitaires et quelles en sont les répercussions sur les productions agricoles? L'étude se propose de connaître la variabilité interannuelle des pluies des mois de janvier et février de cette période, de déterminer les causes de ces déficits pluviométriques et de considérer les impacts sur les activités agricoles.

2-Les données et méthodes

Dans cette étude la valeur de la variabilité des pluies mensuelles est mesurée par rapport à la normale des pluies mensuelles de 1968-1996. Ce choix est dicté par le fait que National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)/ Earth System Research Laboratory (ESRL) Physical Science Division a calculé les anomalies composite par rapport à la moyenne de cette période. Les pluies mensuelles de janvier et février des années 2000 à 2008 à la station d'Antananarivo ont été prises en compte.

La mesure de la variabilité est le pourcentage par rapport à la normale. Ainsi les trous de la saison pluvieuse correspondent aux mois où les pluies sont déficitaires ayant un pourcentage inférieur à 75% de la normale. Tandis que les pluies excédentaires sont supérieures à 125%. Nous avons utilisé cette méthode de la Météorologie nationale. Les conditions structurales de l'atmosphère ont été observées au moment du déficit pluviométrique de ces deux mois ou lag0, pour représenter la position de la ZCIT, de la circulation des vents et de l'humidité atmosphérique. Le composite peut être défini comme étant le fait du regroupement des états d'un paramètre climatique pris en compte correspondant à une situation donnée. Il s'agit ici de comparer les moyennes de deux échantillons d'un même paramètre. Pour le cas du paramètre pluie : l'un correspond au déficit pluviométrique et l'autre à l'excédent pluviométrique tout en tenant compte de la réaction d'un autre paramètre face à ces deux situations. La différence est significative en utilisant un test en t de Student. Plusieurs paramètres correspondant à ces situations pluviométriques ont été choisis.

3-Résultats

Il s'agit de considérer la manifestation de la variabilité des pluies des mois de janvier et février de la période 2000-2008 et les

3.1 Les conditions structurales des pluies déficitaires aux mois de janvier et février

- Les résultats du calcul du pourcentage par rapport à la normale ont montré des pluies déficitaires au mois de janvier des années 2002,

L'anomalie composite des paramètres vents, géopotentiels et humidité atmosphérique de janvier et février observés correspondent aux mois de janvier et février déficitaires.

L'observation des cartes synoptiques à 1000hPa de 12 heures locales, de 2005-2006 à 2007-2008, a pu en tirer qu'en dehors des cyclones, la ZCIT est le principal facteur des pluies de ces deux mois. Cependant il est important de le vérifier sur les champs d'anomalie composite de la circulation du vent en observant la composante méridionale v à 1000hPa, 850 hPa, 500hPa et 200 hPa ; l'anomalie des géopotentiels à 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa et 200 hPa et l'humidité relative à 600 hPa. Ces champs ont été composés par le National Center for Environmental Prediction (NCEP)/National Center for Atmospheric Research (NCAR) Reanalysis. Les données utilisées étant celles de la Direction Générale de la Météorologie de Madagascar (DGM), données observées à Antananarivo au Service Central de la Météorologie (SCM) dont les données mensuelles des pluies, les cartes synoptiques des mois d'octobre à mars de 2005-2006 à 2007-2008 et celles de NCEP/NCAR Reanalysis et de NOAA / ESRL Physical Science Division.

Les champs d'anomalies composites sur Madagascar et sur l'ensemble du sud-ouest de l'océan indien correspondent aux situations de déficits pluviométriques des mois de janvier et février observés à la station d'Antananarivo SCM. Les répercussions de ces déficits pluviométriques sur les productions agricoles et les solutions de rattrapage adoptées par les paysans sont obtenues par les données de la Direction Régionale du Développement Rural d'Analamanga, de l'Institut National de la Statistique (INSTAT) et des enquêtes socio-économiques.

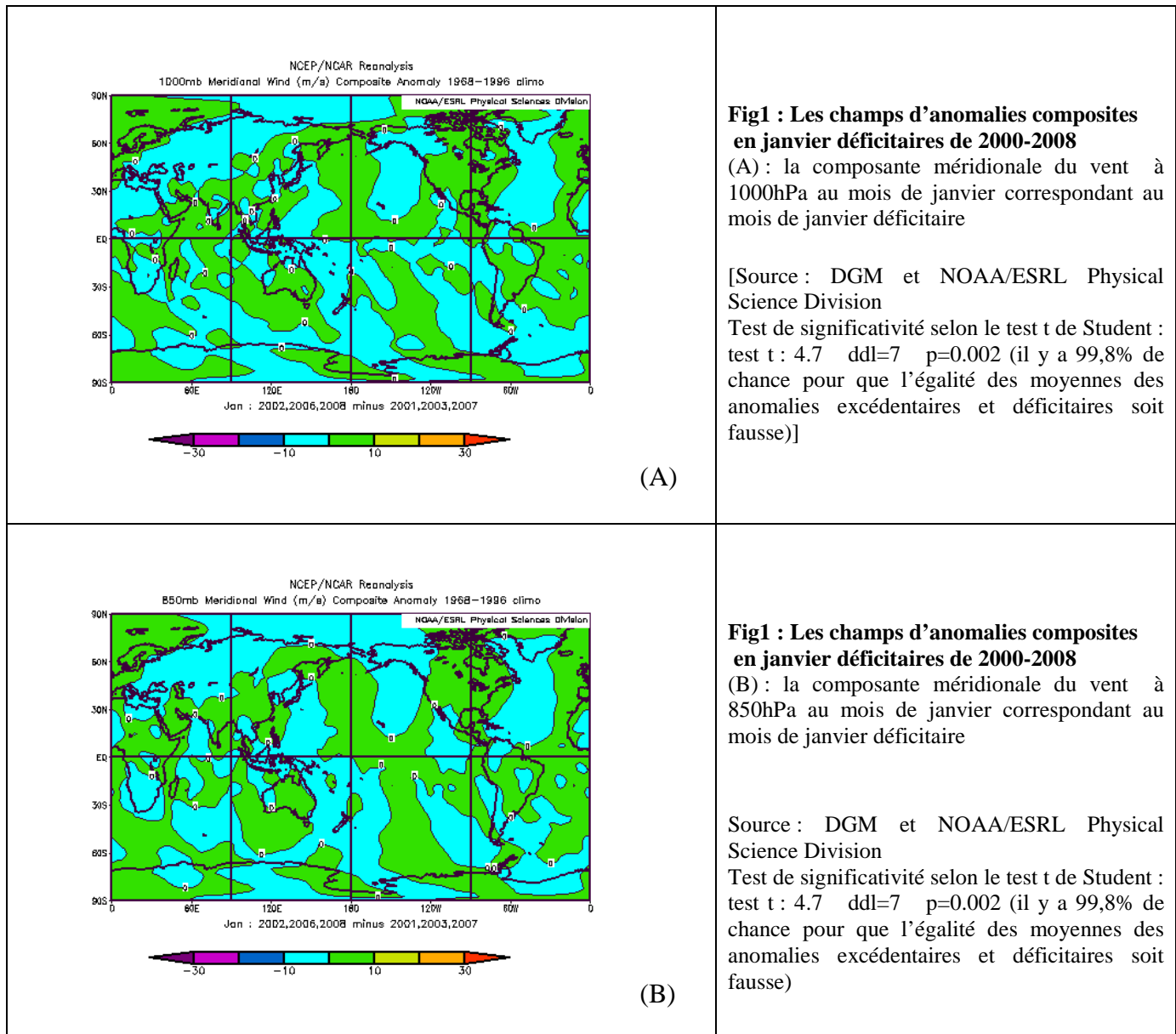
répercussions des trous de pluies sur les productions agricoles.

2006 et 2008 et au mois de février des années 2001, 2003 et 2006.

² RALINIRINA Fanja T,2005 : Variabilité interannuelle des pluies de la première moitié de la saison pluvieuse dans les régions climatiques des Hautes Terres et du Sud de Madagascar. D.E.A. Département de Géographie F.L.S.H. Antananarivo 187 p+annexes

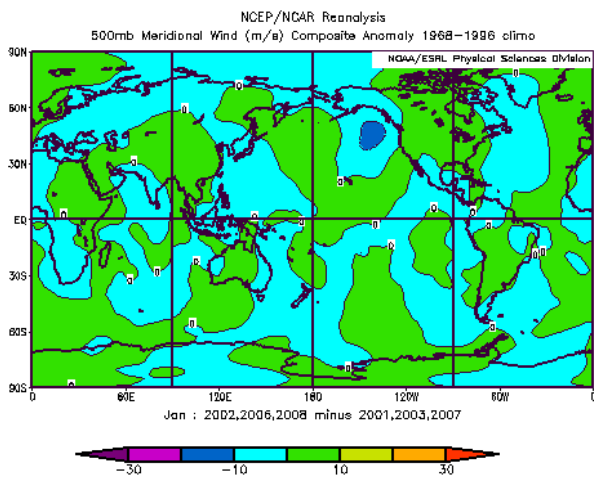
- Il est constaté que pendant les mois de janvier à pluies déficitaires, à l'échelle du sud-ouest de l'océan indien, Madagascar se situe entre une cellule cyclonique à l'est et une cellule

anticyclonique à l'ouest. Par conséquent elle est dans une zone de divergence de l'air de la basse troposphère à 1000hPa et 850 hPa [Fig.1 (A), (B)]



et moyenne troposphère à 500hPa [Fig.1 (C)]. Aussi la ZCIT est placée dans une position plus septentrionale. D'ailleurs les anomalies au niveau des géopotentiels dans les basses [Fig.1 (E), (F)]

et moyenne troposphère [Fig.1 (G)] marquent l'affaissement de l'air et son écoulement vers le nord. (Tab.1)



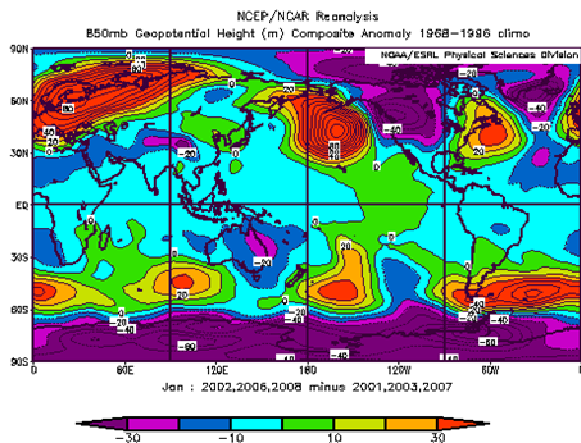
(C)

Fig1 : Les champs d'anomalies composites en janvier déficitaires de 2000-2008

(C) : la composante méridionale du vent à 500hPa au mois de janvier correspondant au mois de janvier déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]



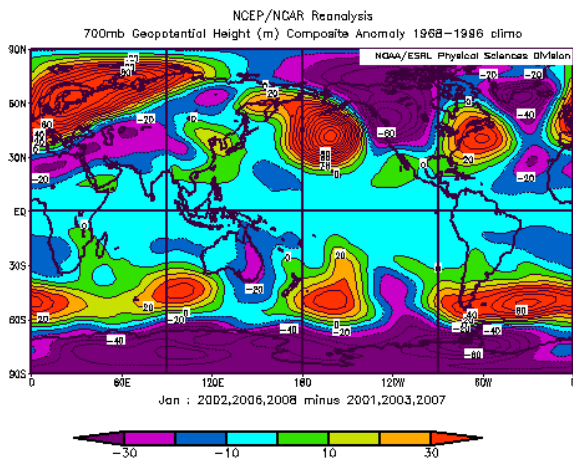
(E)

Fig1 : Les champs d'anomalies composites en janvier déficitaires de 2000-2008

(E) : anomalies du géopotiel 850hPa au mois de janvier correspondant au mois de janvier déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]



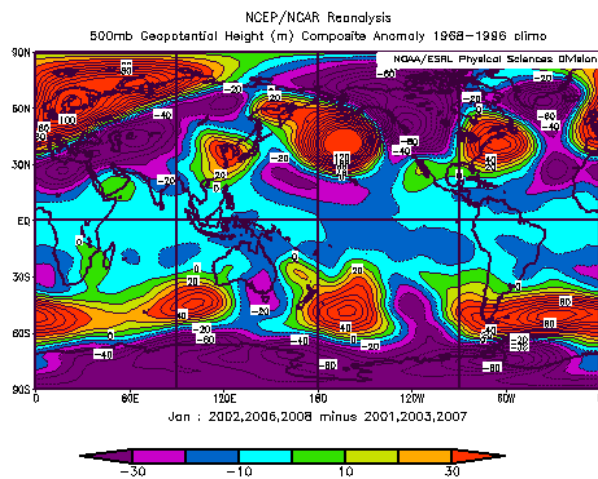
(F)

Fig1 : Les champs d'anomalies composites en janvier déficitaires de 2000-2008

(F) : anomalies du géopotiel 700hPa au mois de janvier correspondant au mois de janvier déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]



(G)

Fig1 : Les champs d'anomalies composites en janvier déficitaires de 2000-2008

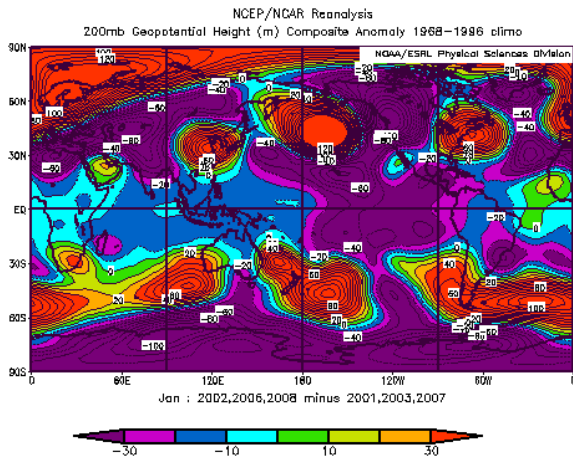
(G) : anomalies du géopotiel 500hPa au mois de janvier correspondant au mois de janvier déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]

Mais le contraire se produit dans la haute troposphère Cette zone de divergence se trouve inclinée vers le sud dans la haute troposphère

[Fig.1 (H)], le nord de l'île est par la suite dans une situation contraire, à vent du nord.



(H)

Fig1 : Les champs d'anomalies composites en janvier déficitaires de 2000-2008

(H) : anomalies du géopotiel 200hPa au mois de janvier correspondant au mois de janvier déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

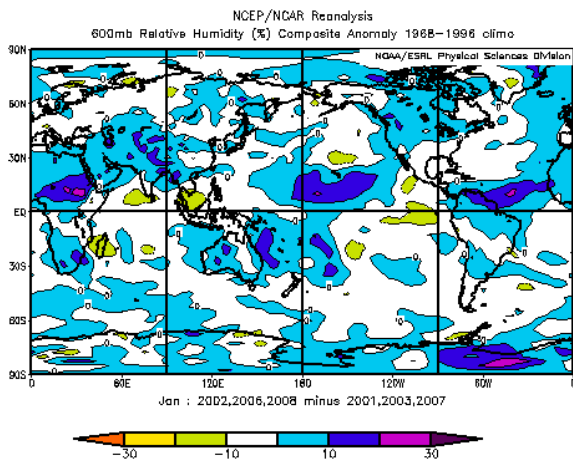
Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]

Cette structure de l'atmosphère pendant la période déficitaire du mois de janvier est suivie de l'assèchement de l'air dans l'ensemble du sud-

ouest de l'océan indien, notamment de -10 à -20% sur Madagascar. [Fig.1 (I)].

Paramètres	Janvier déficitaire : pourcentage par rapport à la normale de 49%, 71.6% et 62.8%	Février déficitaire: pourcentage par rapport à la normale de 55.7%, 45% et 26.2%
Composante méridionale du vent à 1000 hPa, 850 hPa et 500 hPa	Air divergent, canalisé vers le nord +10m/s	Air divergent, canalisé vers le nord +10m/s
Géopotentiels à 850 hPa, 700 hPa et 500hPa	Anomalies positives de +10m	Anomalies positives de +20m
Géopotentiels 200 hPa	-20à-30m	-10m
Humidité relative à 600 hPa	-10% à -20%	-20%

Tab.1 : Anomalies composites de quelques paramètres pendant janvier et février déficitaires de 2000-2008



(I)

Fig1 : Les champs d'anomalies composites en janvier déficitaires de 2000-2008

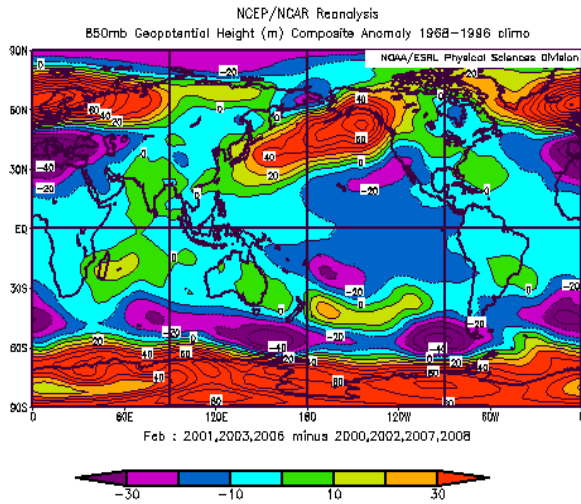
(I) : anomalies de l'humidité relative à 600hPa au mois de janvier correspondant au mois de janvier déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]

- Aux mois de février déficitaires, les anomalies positives des géopotentiels de la basse et l'air [Fig.2 (A), (B), (C)] tandis que dans la haute

troposphère, on observe de l'air convergent [Fig.2(D)].



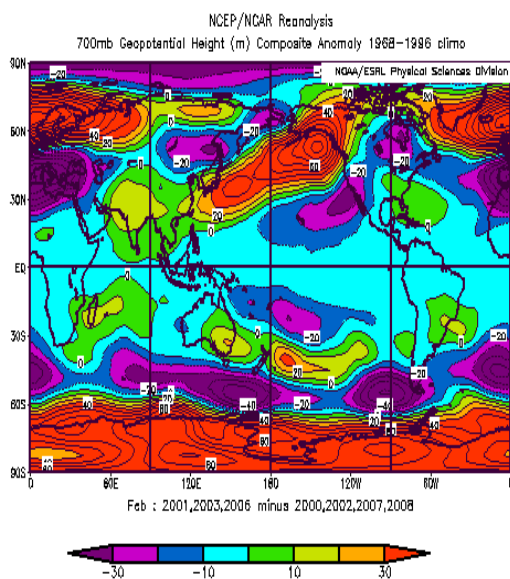
(A)

Fig2 : Les champs d'anomalies composites en février déficitaires de 2000-2008

(A) : anomalies du géopotential 850hPa au mois de février correspondant au mois de février déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]



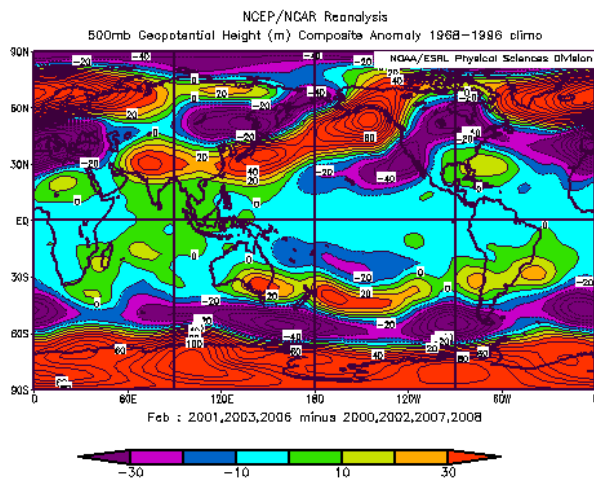
(B)

Fig2 : Les champs d'anomalies composites en février déficitaires de 2000-2008

(B) : anomalies du géopotential 700hPa au mois de février correspondant au mois de février déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]



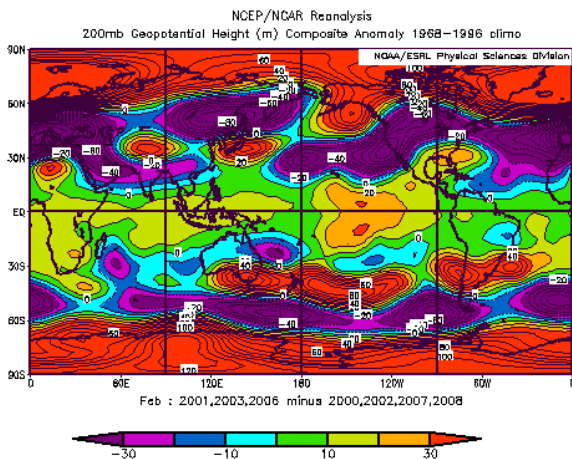
(C)

Fig2 : Les champs d'anomalies composites en février déficitaires de 2000-2008

(C) : anomalies du géopotiel 500hPa au mois de février correspondant au mois de février déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]



(D)

Fig2 : Les champs d'anomalies composites en février déficitaires de 2000-2008

(D) : anomalies du géopotiel 200 hPa au mois de février correspondant au mois de février déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]

Les valeurs les plus élevées des anomalies, +20m, se placent sur Madagascar, à 850 hPa et 700 hPa. Madagascar est située entre une cellule cyclonique à l'est et une cellule anticyclonique à l'ouest. Par conséquent elle est dans une zone de divergence

de l'air de la basse troposphère à 1000hPa et 850 hPa. [Fig.2 (E), (F)]. Tandis qu'à partir de la moyenne troposphère à 500hPa, la divergence est décalée vers l'équateur [Fig.2 (G), (H)].

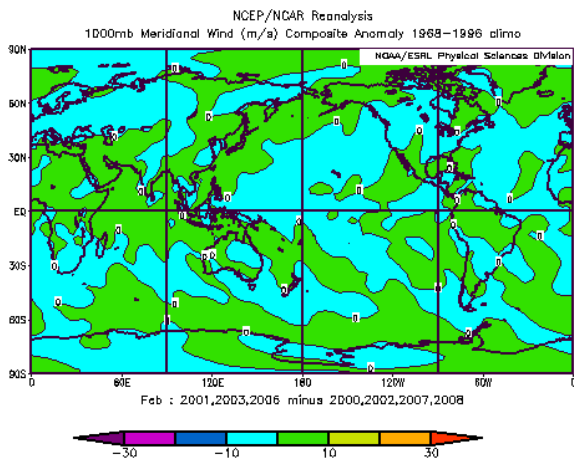


Fig2 : Les champs d'anomalies composites en février déficitaires de 2000-2008

(E) : anomalies de la composante méridionale à 1000 hPa au mois de février correspondant au mois de février déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]

(E)

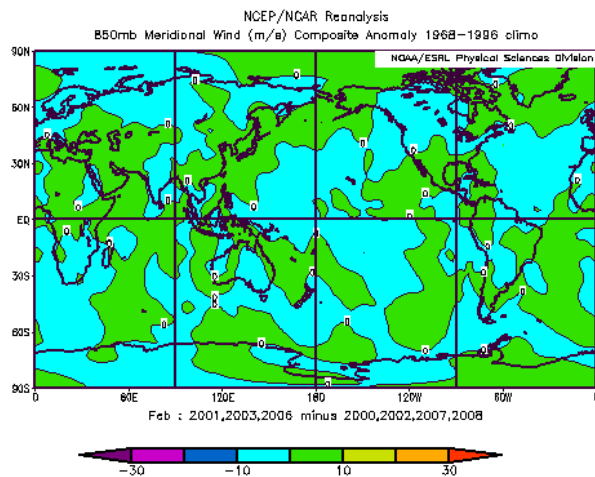


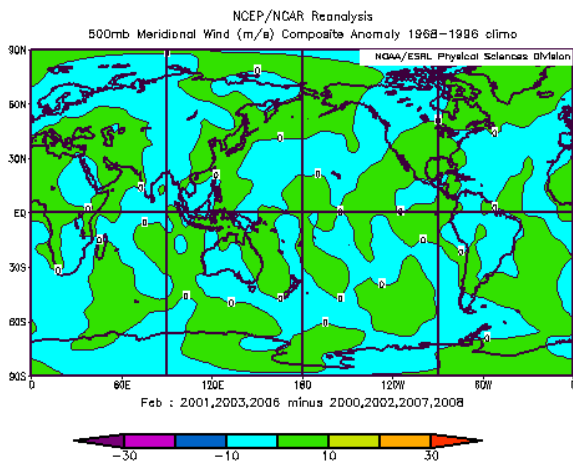
Fig2 : Les champs d'anomalies composites en février déficitaires de 2000-2008

(F) : anomalies de la composante méridionale à 850 hPa au mois de février correspondant au mois de février déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]

(F)



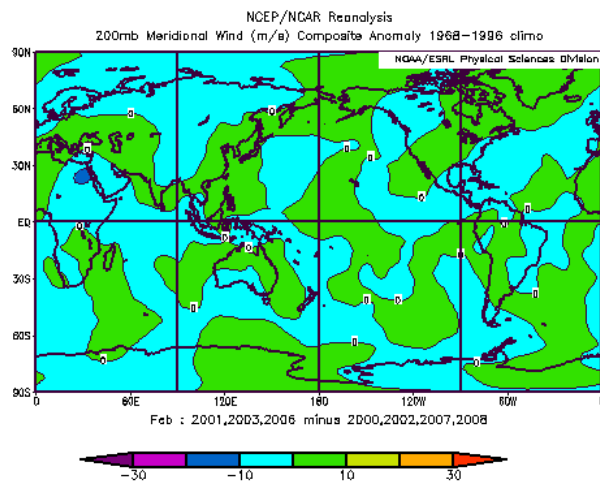
(G)

Fig2 : Les champs d'anomalies composites en février déficitaires de 2000-2008

(G) : anomalies de la composante méridionale à 500 hPa au mois de février correspondant au mois de février déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]



(H)

Fig2 : Les champs d'anomalies composites en février déficitaires de 2000-2008

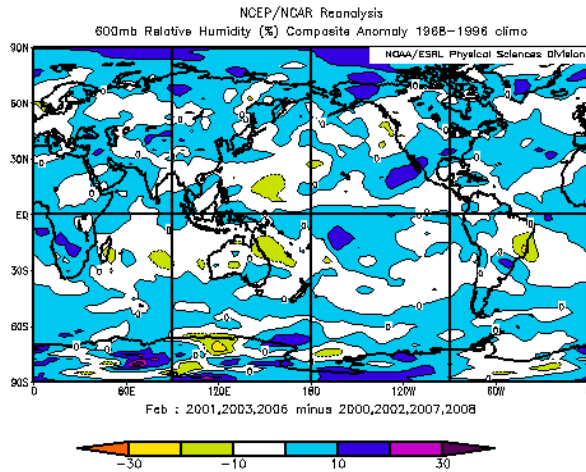
(H) : anomalies de la composante méridionale à 200 hPa au mois de février correspondant au mois de février déficitaire

[Source : DGM et NOAA/ESRL Physical Science Division

Test de significativité selon le test t de Student : test t : 4.7 ddl=7 p=0.002 (il y a 99,8% de chance pour que l'égalité des moyennes des anomalies excédentaires et déficitaires soit fausse)]

Ce qui entraîne un assèchement de l'air qui se généralise dans le sud-ouest de l'océan indien où les valeurs des anomalies atteignent -20% sur Madagascar. [Fig.2 (I)].

La permanence de l'activité anticyclonique pendant ces périodes déficitaires signifie que le vent du sud bloque la descente de la ZCIT vers le sud.



(I)

Fig2 : Les champs d'anomalies composites en février déficitaires de 2000-2008
 (I) : anomalies de l'humidité relative à 600hPa au mois de février correspondant au mois de février déficitaire

3.2 Les impacts des déficits pluviométriques en janvier et février sur les productions agricoles et les stratégies d'adaptation des paysans

Il s'agit maintenant de voir les impacts des trous de pluies de janvier et février sur le rendement en

3.2.1. Les effets des trous de pluies sur le rendement

De 2000 à 2008, le rendement du riz varie entre 1.8t/ha et 3.98t/ha.

Les baisses des rendements observés en 2000, 2002, 2003 et 2006 correspondent aux mois

riz et les réactions paysannes face à la variation de la production rizicole.

déficitaires en pluies des mois de janvier 2000, 2002, 2006 et aux mois déficitaires de février de 2003 et 2006. Mais en compensation les hausses du rendement de 2001 et 2008 sont dues au déficit des mois de février 2001 et de janvier 2008.

Année	Décembre	Janvier	Février	Mars	Rendement
2000	1999 : 312%	97%	204%	78%	En baisse
2001		188,3%	55.7%	55%	En hausse
2002	2001 : 135%	49%	126%	41.6%	En baisse
2003	2002 :	201.9%	45%	181%	En baisse
2006	2005 : 152%	71.6%	26.2%	92.2%	En baisse
2008	2007 : 63%	62.8%	123.6%	29%	En hausse

Tab.2 : La variabilité en pourcentage par rapport à la normale des pluies de décembre à mars et le rendement du riz dans les districts d'Antananarivo ville et d'Avaradrano (Source : Direction Générale de la Météorologie et INSTAT)

Les pluies de décembre et janvier ont été suffisantes pour un bon déroulement du cycle végétatif du riz de 2è saison culturale, le problème c'est de savoir qu'elle est la limite de ces phénomènes ?

- Le mois de janvier 2002 à pluies déficitaires (49%) a été précédé en décembre 2001 par des pluies excédentaires (135%) et suivi d'un mois de février excédentaire (126%).

Les hauteurs des pluies de décembre ont été proches de la normale, aussi le déficit de janvier a

limité le développement du tallage et l'excès de pluies de février a endommagé l'épiaison.

- Le mois de février 2003 déficitaire (45%) a été précédé d'un mois de janvier excédentaire (201.9%) et suivi d'un mois de mars excédentaire (181%). L'excès de pluies de janvier a endommagé les jeunes plants et le déficit pluviométrique de février n'a pas permis aux plants de se développer même s'ils ont résisté à l'excès d'eau.

- Les mois de janvier et février 2006 déficitaires, respectivement de 71.6% et 26.2% ont favorisé le développement des plants et les réserves en eau du mois de décembre 2005 excédentaire (152%) ont été utilisées pour l'irrigation grâce à la réhabilitation des infrastructures hydroagricoles et l'effort fourni par l'Etat pour l'encadrement des paysans ont permis de pallier au déficit pluviométrique.

- Ainsi deux mois de janvier, l'un à pluies excédentaires et l'autre à pluies déficitaires ne donnent pas le même résultat :

* le mois de février déficitaire en 2001 (55.7%) est précédé de janvier excédentaire (188.3%) et de

3.2.2. Réactions des paysans à la variabilité des pluies de janvier et février

- Le riz constitue la principale nourriture de base des malgaches, le risque encouru dû à la forte variabilité des pluies des mois de janvier et février ne diminue pas l'attachement des paysans à la riziculture qui occupe la 1^{ère} place de la superficie cultivée du district d'Antananarivo Avaradrano.

Si la superficie de la culture du riz de 2^e saison est de 4270 ha en 2001, elle ne cesse de s'élever et atteint 5508 ha à partir de 2005.

- Les autres cultures vivrières, comme le manioc, le maïs et la patate douce, sont cultivées en saison des pluies et en contre-saison, la saison fraîche et sèche de juin à août. Ce sont des aliments en

4-Conclusion

Les apports de cette étude montrent que :

1- en pleine saison estivale la hauteur des pluies connaît de forte variabilité pour 2000-2008 : 6 années sur 9 présentent une situation de risque pour la riziculture et 1 année sur 9 (février 2006) est une situation difficile si les mois précédents de janvier et de février ne disposent pas de réserves en eau disponibles.

5-Discussions

mois de mars déficitaire (55%). Les réserves en eau de janvier ont permis aux plants de se développer d'autant plus que seules les pluies des deux premières décades de février sont utiles. Le mois de mars à pluies déficitaires est bon pour le riz qui mûrit.

* le mois de janvier déficitaire de 2008 (62.8%), précédé de décembre déficitaire (63%) et suivi d'un mois de février normal. Les hauteurs des pluies pour ces mois déficitaires ont permis le développement des plants, et les pluies de février ont été suffisantes pour le cycle végétatif des plants de riz.

Au total le pourcentage par rapport à la normale joue un rôle important ainsi que la quantité de pluies du mois précédant et celle du mois suivant. Les pluies du mois de mars sont également déterminantes, elles sont moins utiles pour les plants du riz : en quantité élevée, elles nuisent aux épis de riz (2003).

complément du riz et leurs cultures se maintiennent. La superficie cultivée en maïs augmente de 90 ha à 197 ha de 2000 à 2007. Le manioc a un cycle de deux ans, sa culture occupe la 2^e place en superficie cultivée dans les 12 communes du district d'Antananarivo Avaradrano en 2003.

- Dans l'ensemble du district, ces deux types de cultures vivrières sont pratiqués, d'une part pour l'alimentation des ménages, et d'autre part pour la vente au marché. La pratique des cultures maraîchères est en fonction de la demande du marché et de l'offre des paysans. Certaines communes comme Talata Volonondry se spécialisent dans la culture d'oignon et Anjeva celle de brèdes.

2- la variabilité pluviométrique dans la région climatique des Hautes Terres Centrales où se situe Antananarivo assure la culture du riz, complétée par des cultures vivrières : des maniocs, maïs et patate douce.

La proximité de la capitale est un atout pour les paysans du district d'Antananarivo Avaradrano car ils sont assurés d'avoir un débouché pour leur production agricole grâce à l'importance des futurs consommateurs.

Dans la région Analamanga, le déficit pluviométrique des mois de janvier et février ne signifie pas sécheresse ni aridité si on calcule l'indice d'aridité de H. Gaussen ($P < 2T$) parce que les hauteurs de pluies de ces mois déficitaires sont toujours supérieures au double de la température.

(voir Tab.3). Il en est de même pour la différence entre pluviométrie et l'évapotranspiration potentielle (P-ETP) mensuelles, c'est seulement en février 2006 que la hauteur des pluies a été inférieure à l'ETP de ce mois, soit -16.3mm.

Période déficitaire	Hauteur de pluies (mm)	2T (°C)	P-ETP (mm)
Février 2001	152.3	44.82	64
Janvier 2002	149.5	45.06	49
Février 2003	122.7	44.20	35
Janvier 2006	219.5	43.8	119
Février 2006	71.7	44.4	-16.8

Tab.3 : disponibilité en eau à Antananarivo pendant les mois à pluies déficitaires de janvier et février de 2000-2008 Source : Direction Générale de la Météorologie

La situation ne montre qu'une pénurie d'eau. La définition de pénurie d'eau par J.P. Carbonn et al. en 1995, dans leur commentaire publié dans C.N.F.S.H., est l'« infériorité de l'offre d'eau, en quantité et/ou en qualité, par rapport à la demande, entraînant une insatisfaction de celle-ci, un manque d'eau ». De plus selon le Mémento de l'agronome, le besoin total en eau pour la culture d'un ha de riz est évalué de 12000 à 20000 m³d'eau, la consommation journalière est de

8mm/jour, soit 240 mm/jour. Pendant ces périodes de déficit pluviométrique, il y a déficit en eau des plants de riz dont le rapport varie entre 29% et 47% par rapport aux besoins théoriques. Sur les Hautes terres c'est pendant la période de décembre à avril que se manifestent le ruissellement et le drainage et que l'utilisation de la réserve en eau du sol du mois d'avril à juin. En conséquence le déficit en pleine saison pluvieuse est remédié par cette réserve en eau qui permet la pratique de culture de contre-saison.

6-Bibliographie

- CARBONN J.P. et al. en 1995 : Aridité - Pénurie d'eau in C.N.F.S.H.
- JURY (R.M.), PARKER (B. A.), RAHOLIJAO (Niri.), ABDALLAH (N.), 1995: Variability of summer rainfall over Madagascar: climatic determinants at interannual scale in International Journal of climatology, vol.15, pp1323-1332.
- LEROUX M., 1988 : Les conditions structurales de la variabilité pluviométrique de l'Afrique tropicale in Publications de l'Association Internationale de Climatologie vol .I pp179-190
- NDRIANDAHY RALINIRINA F. T., RAVALISON J., F. PESNEAUD, 2009: Identification of a risk periods for rice cultures of 1st and 2nd seasons in plain of low Antananarivo

- (Ampangabe case) 7p (en cours de publication dans *Geographia Technica*)
- RALINIRINA Fanja Tahina, 2005 : Variabilité interannuelle des pluies de la première moitié de la saison pluvieuse dans les régions climatiques des Hautes-Terres et du Sud de Madagascar.187p.+annexes
- RANDRIANARISON RATSIVALAKA J., 2006 : Incidence de la saison cyclonique sur la production agricole : le cas des districts d'Antananarivo Avaradrano et Antananarivo Atsimondrano de la région Analamanga. Communication à l'Académie Malgache Tsimbazaza Antananarivo 8p.
- RATSIVALAKA RANDRIAMANGA S., 1982 : Exemples de périodes sèches estivales dans la

décennie 1970 à Madagascar. Mémoire de maîtrise Département de Géographie 152p. + Atlas
- République française, 1984: Mémento de l'agronome. pp526-556, 1380-1429
- Plan régional de Développement d'Analamanga, 2005