

# Les Études menées à Météo France

Victoire LAURENT  
DIRPF/CER

# Plan

- **Météo France**
- Principaux axes d'études depuis 2000
- Quelques résultats et projets
- Développement du partenariat

# Météo France

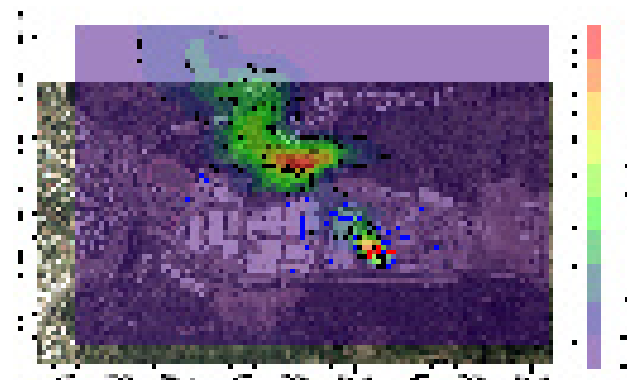
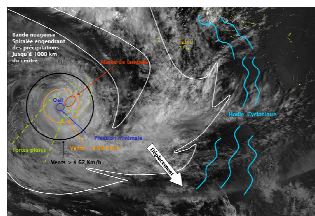
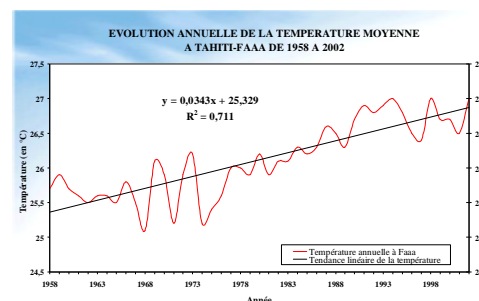
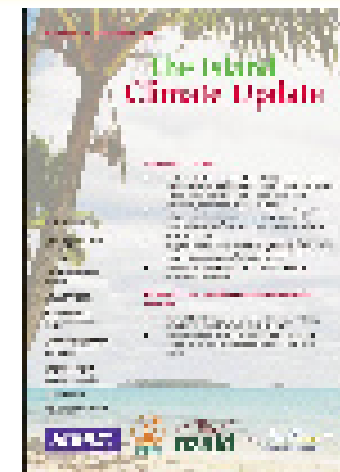
- Établissement Public à caractère Administrative (EPA)
- Missions : sauvegarde des personnes et des biens
- Métiers : Observation – Prévision – Climatologie
- Faa'a / Mr Gérard Therry (07/09) /  $\approx 100$  agents (26) / Réseau  $> 100$
- Bureau d'études depuis 2000 [3 agents]
- CNRM : Centre National de Recherche Météorologique (Toulouse)

# Plan

- Météo France
- **Principaux axes d'études depuis 2000**
- Quelques résultats
- Développement du partenariat

# Principaux axes d'études depuis 2000

- La climatologie
- La prévision saisonnière
- Le changement climatique
- Les cyclones
- Écoulement atmosphérique



# La climatologie

**Objectifs : Caractériser la climatologie des événements marquants, du climat et de son évolution à l'échelle de la Polynésie française.**

- Variabilités de basse fréquence des précipitations en Polynésie française [Poster assises 2004 + article en cours]
- Atlas climatologique de la Polynésie française [Ouvrage 2005]
- Hydrologie {appui à la gestion des risques d'inondation et de la ressource en eau} [en cours]
- Position du TSUP selon les phases d'ENSO [Poster PSI 2009]
- Atlas Océanique [en projet]

# La prévision saisonnière

## **Objectifs : Améliorer la prévision saisonnière et ses applications**

- Contrôle et validation des scores : ICU – Modèle SCOPIC [Présentation PSI2009]
- Suivi du phénomène ENSO – QBO – MJO [en cours]
- Prévision saisonnière de l'activité cyclonique [en cours]
- Adaptation de la prévision saisonnière : descente d'échelle [en projet]

# Le changement climatique

**Objectifs : Se mobiliser pour répondre aux demandes nouvelles sur le changement climatique, ses impacts et ses conséquences pour les territoires et les secteurs économiques**

- Enrichissement de nos bases de données : Data Rescue surface et altitude [en cours]
- Homogénéisation des données [en cours]
- Régionalisation des scénarii du changement climatique [en projet]
- Réanalyses des cyclones tropicaux [en projet]



**METEO FRANCE**  
Toujours un temps d'avance



# Les cyclones

**Objectifs : Faire évoluer les systèmes de vigilance en vigueur outre-mer  
Définir une vigilance littoral consacrée aux risques de submersion liés  
aux conditions météo-océaniques**

- Validation du modèle de surcote [Poster assises 2004]
- Conditions de formation des cyclones en Polynésie française [article en projet – présentation point étape 2006]
- Historique des cyclones [Ouvrage mai 2010]
- Cartographier les zones à risques des îles de la Société [en projet]


# L'écoulement atmosphérique

**Objectifs : Mettre les nouvelles technologies au service de l'aide à la décision**

- Dispersion des polluants – modèle AERMOD [Rapport]
- Potentiel éolien – veine hydraulique [Rapport]
- Fatu Hiva – modèle ALADIN [Rapport]
- Potentiel éolien – descente d'échelle [Commandée]

# Plan

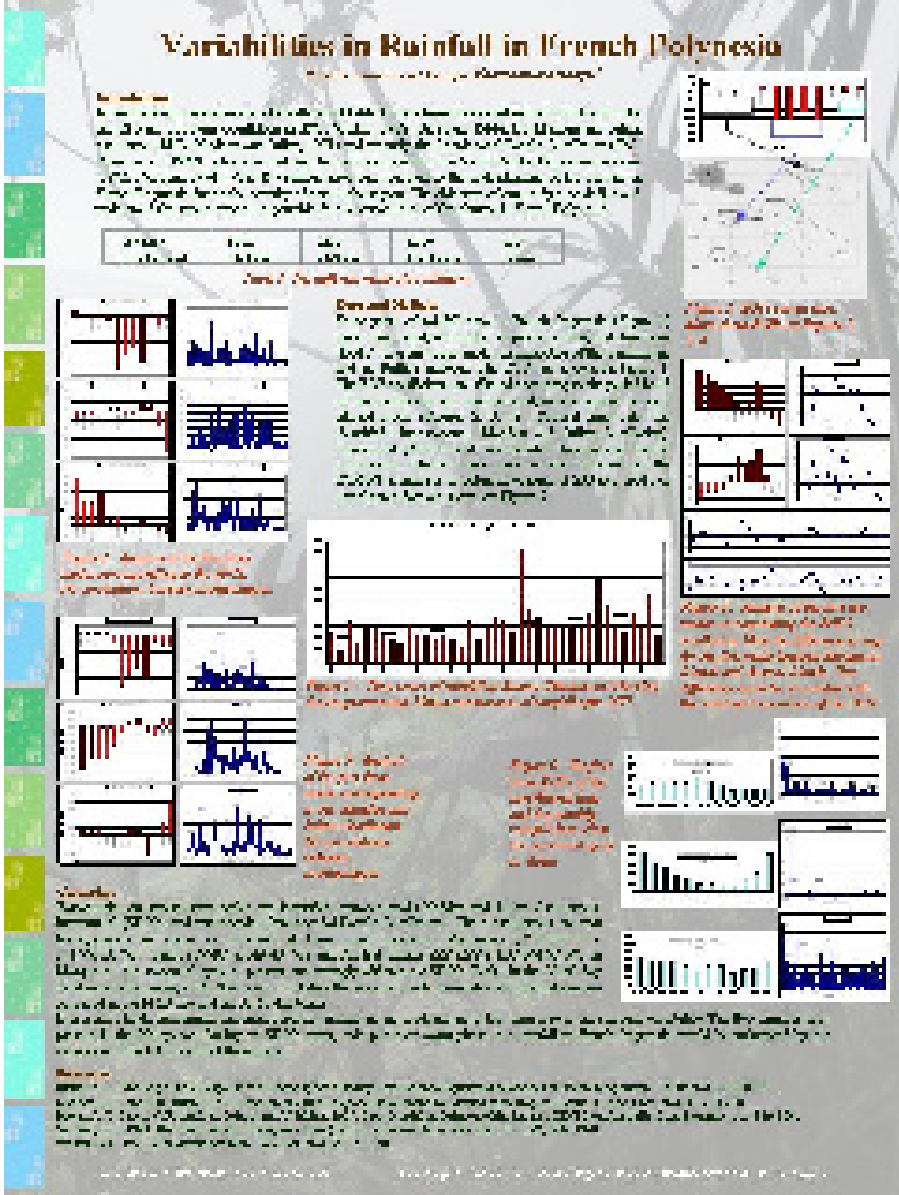
- Météo France
- Principaux axes d'études depuis 2000
- **Quelques résultats et projets**
- Développement du partenariat



Quelques résultats et projets

# LA CLIMATOLOGIE

## La climatologie : Variabilités de basse fréquence des précipitations en Polynésie française



# Les différentes oscillations

Z.C.P.S : Zone de convergence du Pacifique Sud

M.J.O : Madden Julian Oscillation (T.I.S.O)

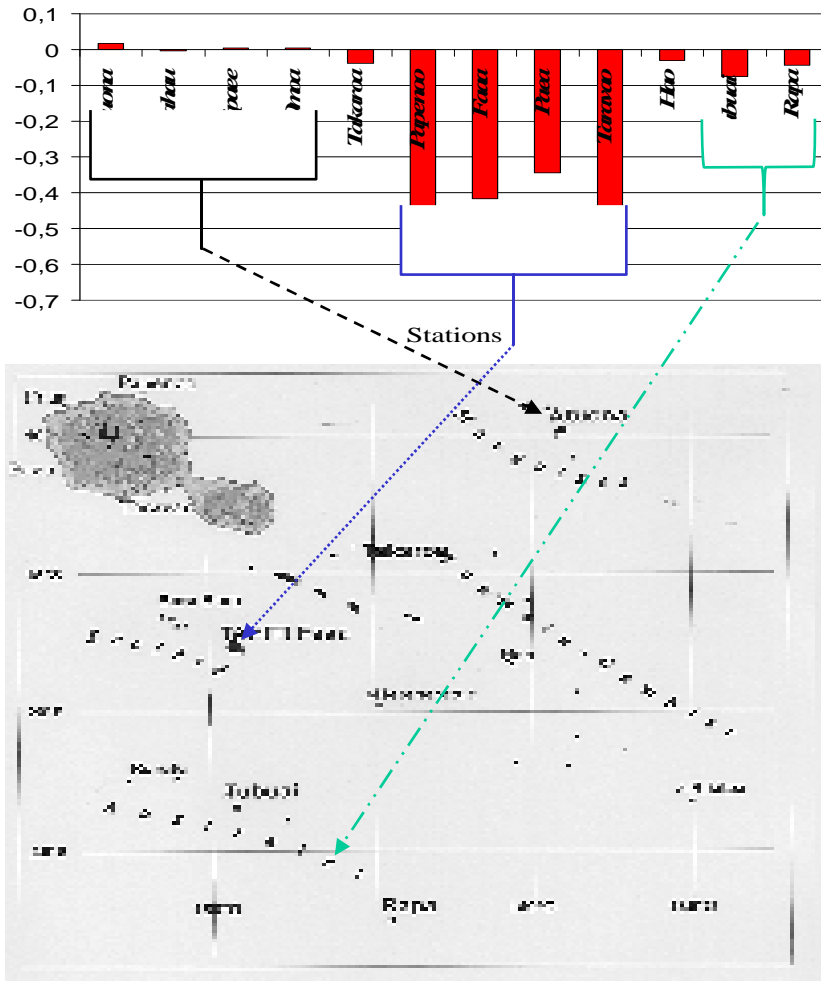
## E.N.S.O : El Niño Southern Oscillation

## T.B.O : Tropospheric Biennial Oscillation

## Q.B.O : Quasi Biennal Oscillation

## I.P.O : Interdecadal Pacific Oscillation

# La climatologie : Variabilités de basse fréquence des précipitations en Polynésie française



## Méthodologie

12 points de mesures : séries homogénéisées (Méthode MASH)

Pas de temps quotidiennes

(01/01/1979 – 31/12/1993)

Appliqué un filtre de Butterworth à l'ordre 4 (Rabiner 1975)

Analyse en composante principale (covariance)

Analyse spectrale (Hayashi, 1977)

Précipitations

Rayonnement radiatif au sommet

Potentiel de vitesse à 200hPa

Le vent zonal à 200 hPa

Période	ZCPS	TISO	TBO	ENSO		IPO
Visée	14-30 jours	30-60 jours	2ans	>4ans	<4ans	14 ans
Coupure 1	14 jours	25 jours	1.5 ans	1.3ans	2.3ans	8 ans
Coupure 2	30 jours	70 jours	2.5 ans	7 ans	7 ans	20 ans

Résultats de l'ACP appliquée aux quantités de précipitations observées sur la  
Polynésie Française (01/01/1979 - 31/12/1993)  
(Aucun filtre)

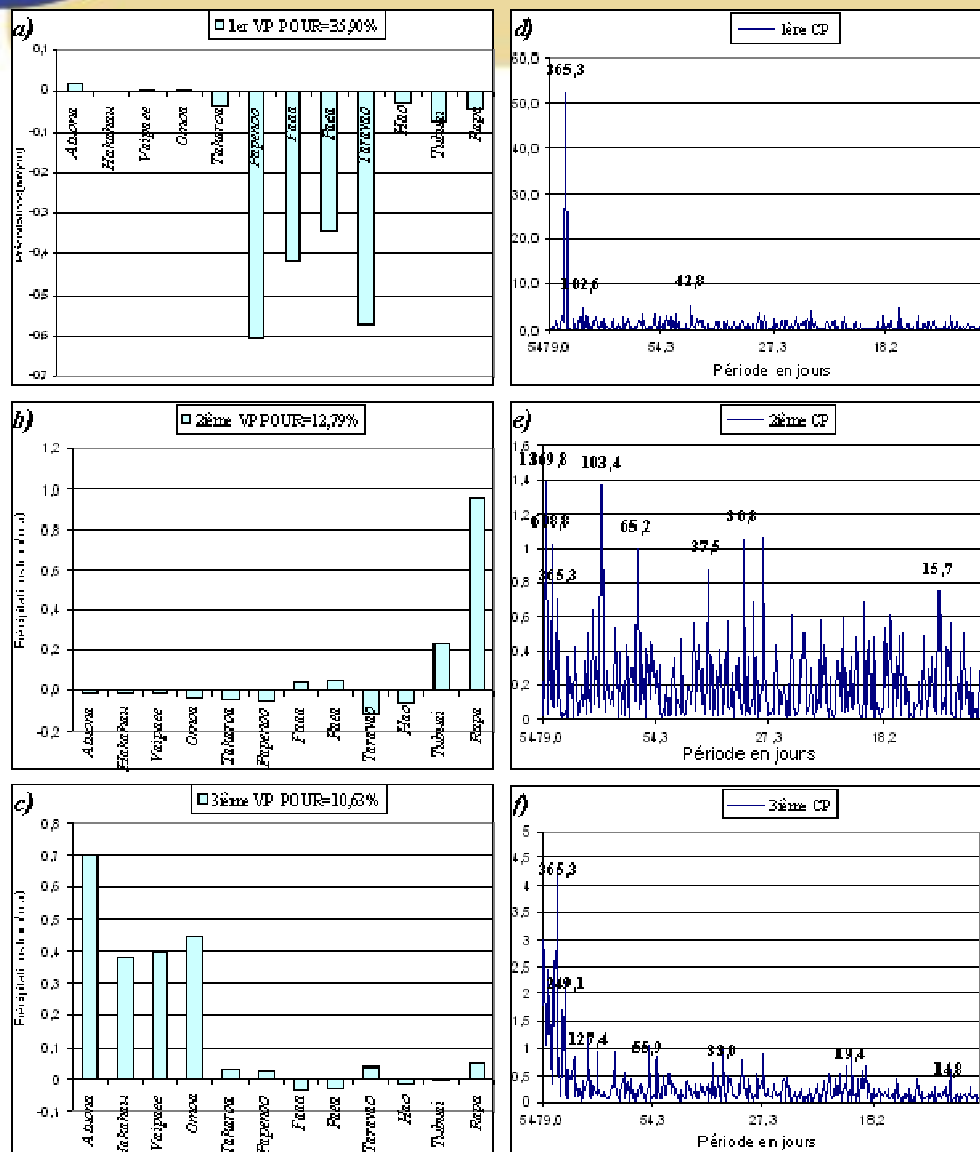


Fig. 4-3 : Les figures (a, b, c) et (d, e, f) représentent respectivement les 3 premiers vecteurs propres résultants de l'ACP appliquée aux 15 ans de données de quantités de précipitations observées en 12 points de la Polynésie Française (4 aux Marquises, 4 à Tahiti, 2 aux Tuamotu, 2 aux Australes) et les 3 spectres d'énergie associés. Les séries n'ont pas été filtrées.

## Conclusion

### Société cycle annuel


A Tahiti, les meilleures prévisions saisonnières ou annuelles des précipitations seraient d'annoncer le déroulement du cycle saisonnier. Relativement peu affectées par les modes de variabilité inter annuelle ou intra saisonnière, il semblerait cependant qu'un suivi de la ZCPS, de la MJO et de la TBO, permettrait d'affiner cette prévision

### Australes cycle intrasaisonnier

Aux Australes, les variations des précipitations sont dominées par les modes de variabilité intra saisonnière et inter annuelle qui revêtent la même importance relative.

### Marquises cycle annuel et interannuel

Aux Marquises, toute variabilité, dont le maximum d'amplitude est en saison chaude, semble affecter les précipitations. Toutefois les variations inter annuelles (TBO/ENSO) dominent les fluctuations. En outre le développement d'ENSO en phase chaude permet aux variations intra saisonnières d'apporter leurs contributions.



Quelques résultats et projets

# LA PREVISION SAISONNIERE



# La prévision saisonnière : Adaptation et descente d'échelle

## En projet

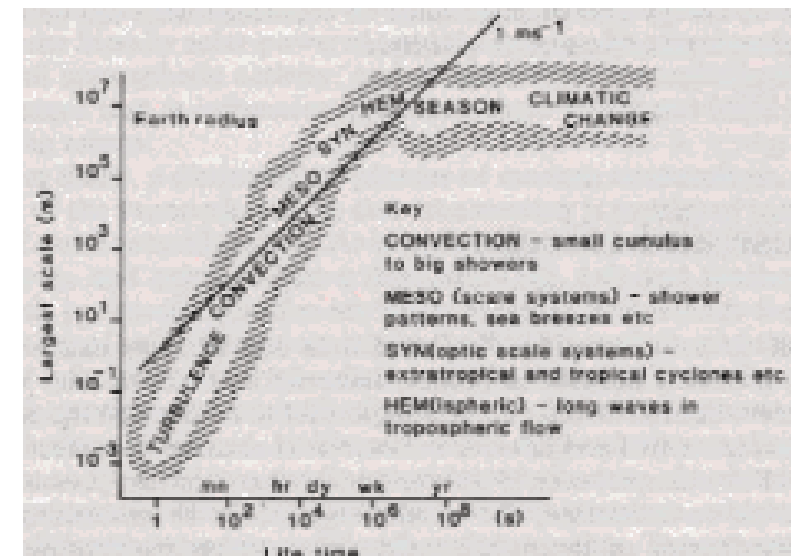
- Adaptation de la prévision saisonnière à la Polynésie française
- Régionalisation à l'échelle d'un archipel voire d'une île
- Basé sur les travaux de Anne Leroy

# La prévision saisonnière : Adaptation et descente d'échelle

## Problématique de la descente d'échelle

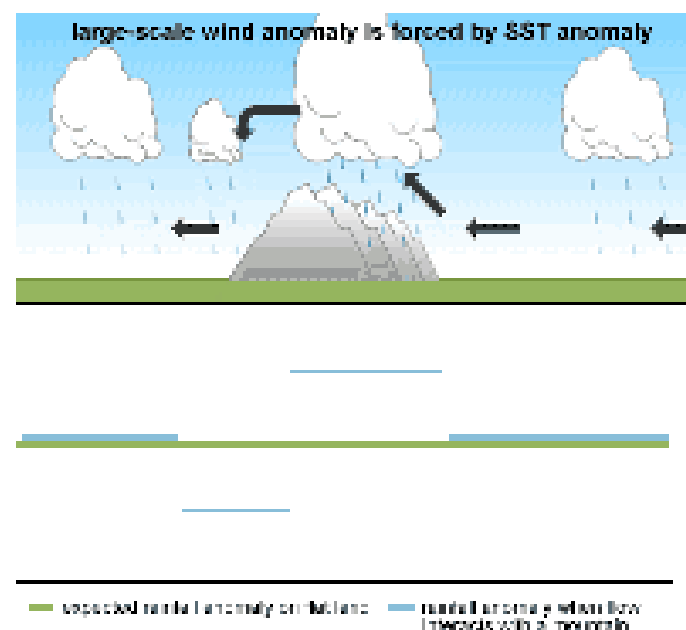
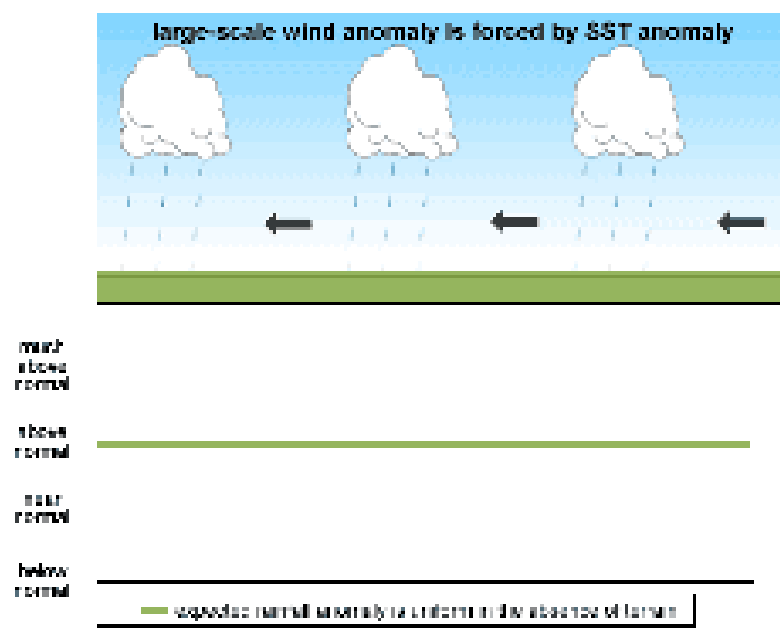
- Les échelles :
  - Maille des modèles de climat  $\sim 200$  km - trimestre
  - Échelle utile / échelle des impacts  $\sim 20$  km - quotidien, décade
- Principe de la descente d'échelle :

On peut utiliser l'information de grande échelle pour reconstituer la petite échelle Si la petite échelle est forcée par la grande échelle
- Objectifs principaux :
  - éliminer les biais systématiques (Ex : réponse du GCM en RR à un El Nino trop forte )
  - Prendre en compte les effets locaux (relief, végétation, etc.)



# La prévision saisonnière : Adaptation et descente d'échelle

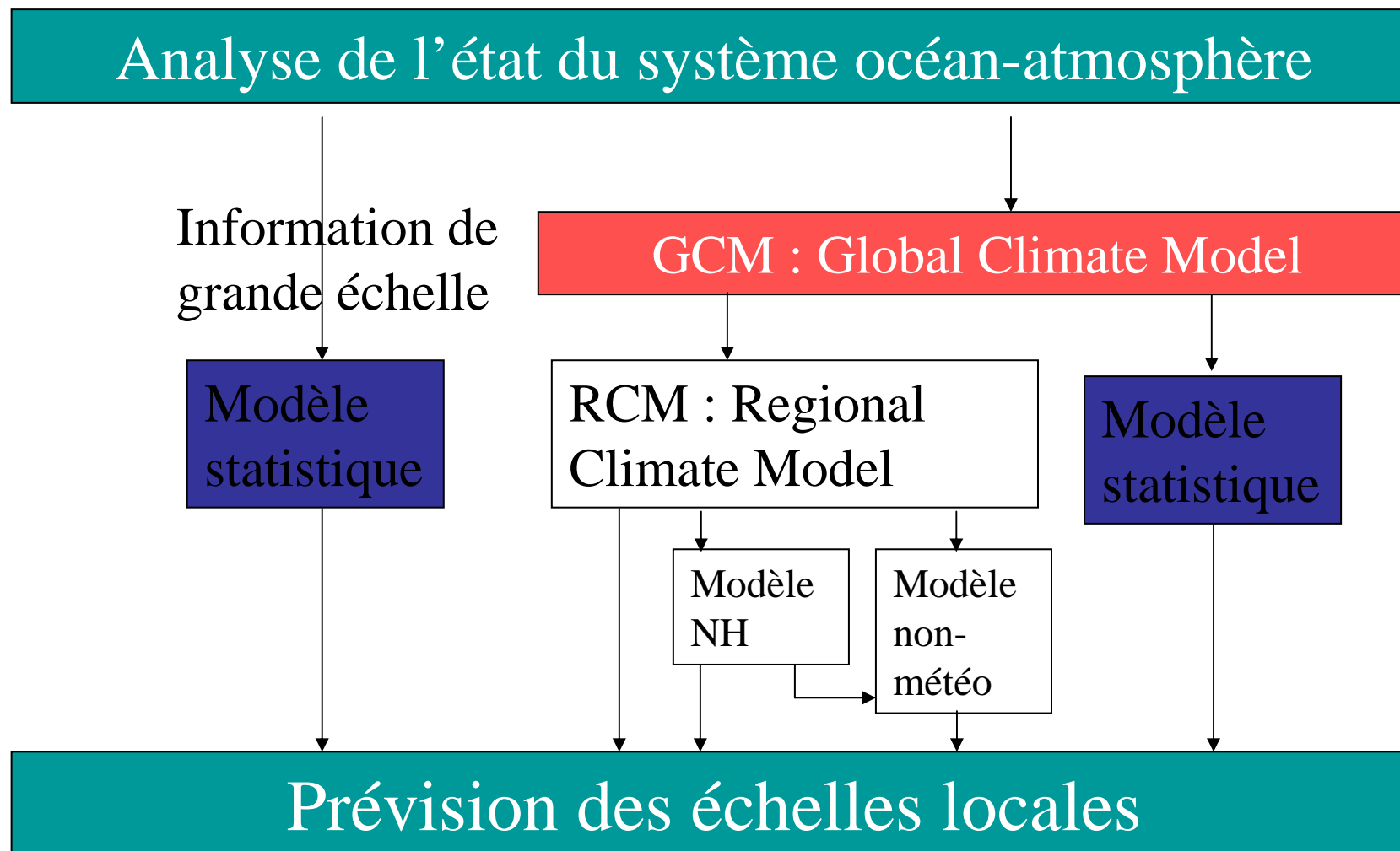
## Principe de la prise en compte des effets locaux



## La prévision saisonnière : Adaptation et descente d'échelle

1. Identification des structures de grande échelle qui forcent les échelles locales en Polynésie Française. Quantification de leurs impacts.
2. Mise en œuvre de méthodes statistiques de descente d'échelle

# Revue des méthodes de descente d'échelle



# La prévision saisonnière : Adaptation et descente d'échelle

## Forçage par la grande échelle

- Les sources de variabilité de grande échelle :
  - Source de variabilité climatique
    - Impact des sources connues : ENSO, TBO
    - Identification d'autres sources influentes
  - Sources de variabilité à l'échelle intra-saisonnière : MJO
  - Approche des types de temps.



# La prévision saisonnière : Adaptation et descente d'échelle

## Descente d'échelle


- Établir la fonctions de transfert entre :
  - Prédicteurs : 5 indices de Pmer, 1 indice ENSO (BEST i.e. nino3.4-soi), RR et T2m sur les 4 points voisins du territoire. Utilisation des prévisions d'ensembles de DEMETER (1958-2002, 44 ans) des modèles de Météo-France, du CEP et du Met Office
  - Prédicands : données postes des RR, TN et TX : valeur trimestrielle et probabilité que la valeur appartienne à un catégorie (terciles et quintiles).
- Impacts des adaptations
- Comparaison des méthodes de descente d'échelle :
  - Linéaire
  - Réseaux de neurones
  - Analogues et anti-analogues

# La prévision saisonnière : Adaptation et descente d'échelle

## Adaptations – Présentation de la méthode descente d'échelle

- Méthodes d'adaptation :
  - Méthode de type Perfect Prog (PP): apprentissage du modèle statistique sur une climatologie d'observation/analyse. Suppose que le modèle est parfait.
  - Méthode de type Model Output Statistic (MOS) : apprentissage du modèle statistique sur une climatologie du modèle. Permet de corriger les biais du modèle.
- Modèle linéaire simple/rapide :
  - régression multiple pour prévoir les valeurs du paramètres,
  - Sélection hiérarchique ascendante des prédicteurs avec une méthode robuste.
- Évaluation en mode validation croisée





Quelques résultats et projets

# LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

# Réanalyses des cyclones tropicaux

## Méthode de Dvorak (1975 , 1984)

*Dvorak, V.F., 1975: "Tropical cyclone intensity analysis and forecasting from satellite imagery" Mon. Wea. Rev., 103, pp.420-430*

*Dvorak, V.F., 1984: "Tropical cyclone intensity analysis using satellite data" NOAA Tech. Rep. NESDIS 11, 47pp*

Cas du cyclone ORAMA (16-28 février 1983)  
Comparaison avec la BEST TRACK

# Réanalyses des cyclones tropicaux

## La « Best Track »

- Meilleure trajectoire du cyclone, réalisée après la fin du phénomène.
- Données : position du centre, pression au centre, vents moyens et maximaux à 6 heures d'intervalle.
- La « best track » est réalisée par le centre cyclonique qui suit le phénomène, corrigée si nécessaire par le JTWC (USA).
- Point faible : Qualité des trajectoires inégales selon les bassins notamment avant 1985.

# Réanalyses des cyclones tropicaux

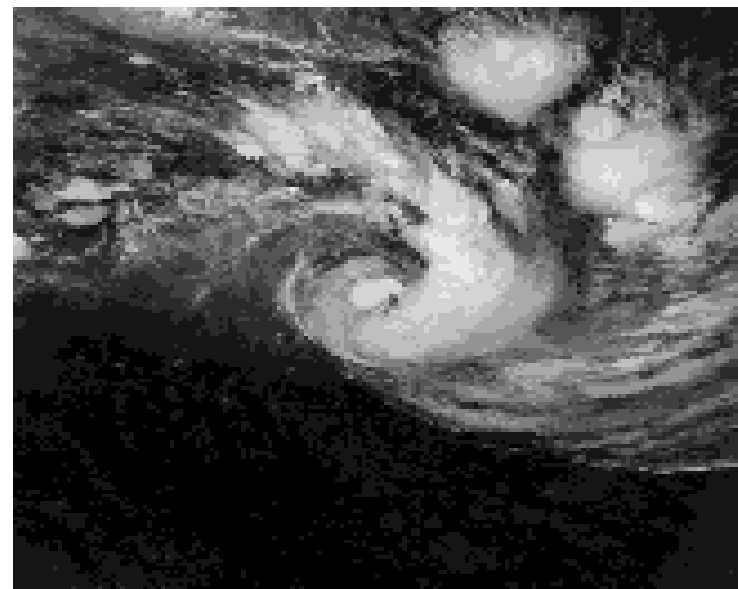
## La méthode de Dvorak

- Estimation de l'intensité d'un phénomène cyclonique à partir des images satellites sur différents canaux : Visible, IR, micro-ondes...
- Il en résulte un indice T.
- Il existe une relation entre T, la vitesse du vent maximale et la pression minimale

•PHENOMENES	VENT Moyen Kt- km/h	VENT Rafales Kt-km/h	PRESSION hPa	INDICE T
	20-37	30-56	1000	1.5
DEPRESSION TROPICALE FAIBLE	<u>25-50</u>	36-67	999	2
	25-55 <u>33-61</u>	45-80	997	2.5
DEPRESSION TROPICALE MODEREE	<u>34-62</u>	50-90	995	3
	40-70	55-100	990	
	45-80	60-110	987	
	<u>47-87</u>	65-120	986	
DEPRESSION TROPICALE FORTE	<u>48-89</u>	70-130	985	3.5 4.0
	55-100	75-140	980	
	60-110	80-150	975	
	<u>63-117</u>	85-160	975	
CYCLONE TROPICAL	<u>64-118</u>	90-170	970	4.5 5.0
	70-130	95-180	965	
	75-140	100-190	960	
	80-150	110-200	955	
	80-150	115-210	950	
	<u>95-175</u>	120-220	945	
CYCLONE TROPICAL INTENSE	<u>96-177</u>	125-230	940	5.5 6.0
	90-170	130-240	935	
	95-180	135-250	930	
	100-190	140-260	925	
	100-190	145-270	925	
	110-200	150-280	920	
CYCLONE TROPICAL TRES INTENSE	115-210	160-290	915	6.5 7.0
	115-210	160-300	915	
	120-220	165-310	910	
	125-230	170-320	900	

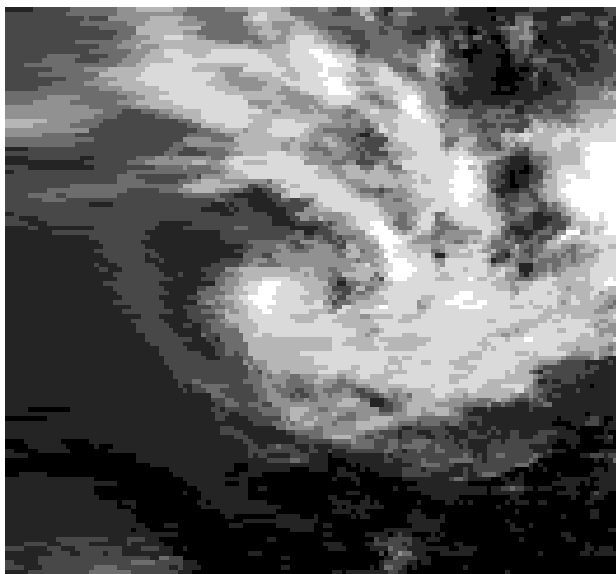
# Méthode de réanalyse

- Utilisation de la base de données HURSAT (HURricane SATellite data) pour la récupération des images satellites.
- Images satellites de « l'époque ». Pour Orama:GOES5, NOAA7
- Type d'images archivées: Visible, IR, Proche IR
- Résolution: 8 km
- Utilisation de la technique Dvorak sur les images satellites

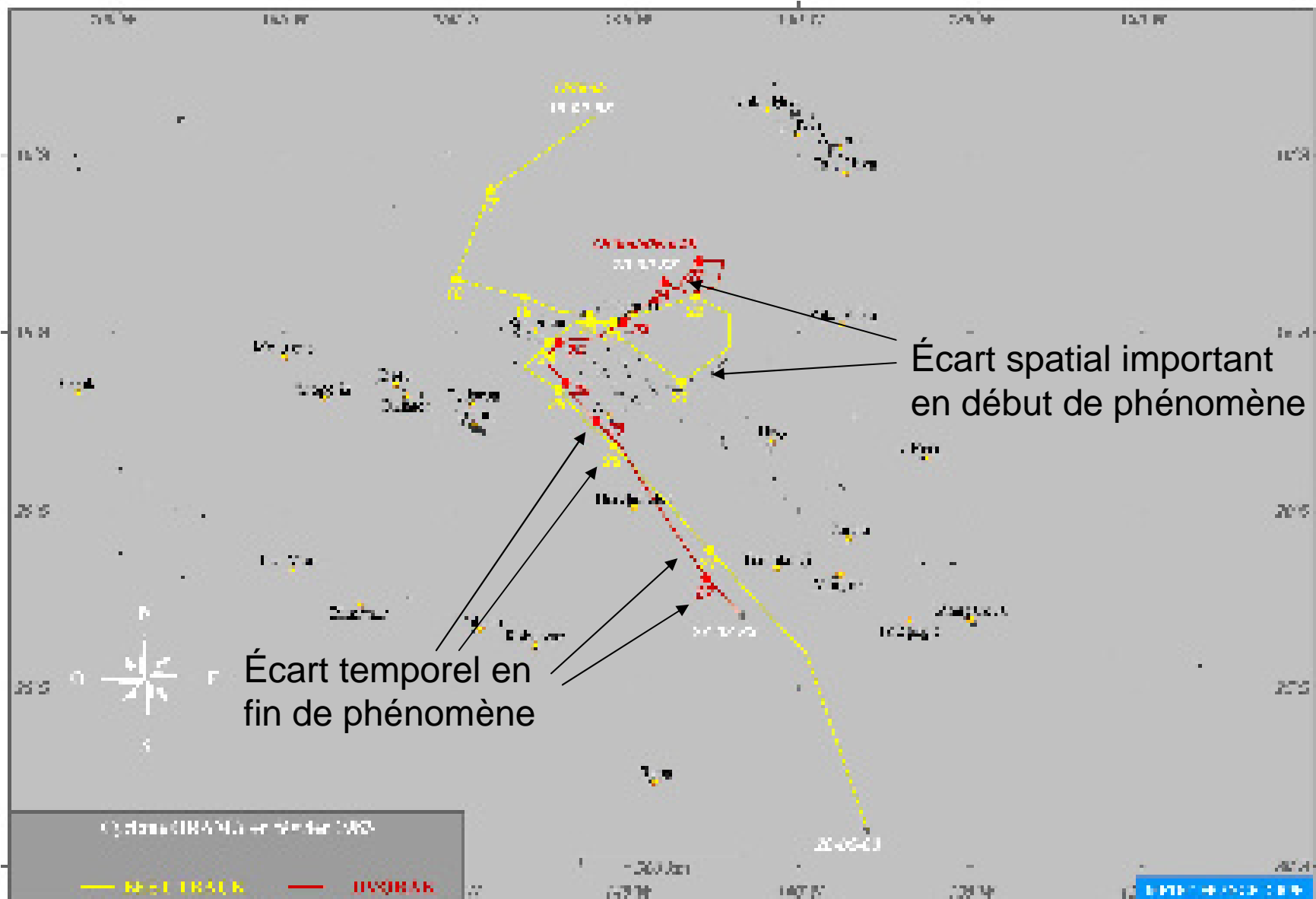


*NOAA 7, le 22/02/83 à 11h54*

*GOES 5, le 23/02/83 à 00h00*



# Comparaison des trajectoires



# Comparaison des intensités

Date	Heure (UTC)	BEST TRACK			DVORAK		
		Pression (hPa)	Vent moyen (kt)	Rafales (kt)	Pression (hPa)	Vent moyen (kt)	Rafales (kt)
16/02/1983	00:00	1004	38	42			
17/02/1983	00:00	1004	38	42			
18/02/1983	00:00	1003	40	44			
19/02/1983	00:00	1003	40	44			
19/02/1983	12:00	1002	41	45			
20/02/1983	00:00	1002	41	46			
21/02/1983	00:00	1000	45	50	994	35	50
21/02/1983	12:00	999	47	52	990	40	56
21/02/1983	18:00	998	48	53	985	50	70
22/02/1983	00:00	998	49	54	985	50	70
23/02/1983	00:00	975	77	86	954	75	107
23/02/1983	12:00	977	75	83	916	105	148
24/02/1983	00:00	980	72	80	879	131	184
24/02/1983	06:00	972	80	89	870	136	192
24/02/1983	12:00	965	87	97	882	129	181
25/02/1983	00:00	950	100	111	943	88	124
25/02/1983	12:00	950	100	111	947	85	120
26/02/1983	00:00	950	100	111	948	83	117
26/02/1983	12:00	957	94	104	956	74	105
26/02/1983	18:00	961	91	101	960	69	98
27/02/1983	00:00	965	87	97	967	64	90
27/02/1983	06:00	968	85	94	976	56	79
27/02/1983	12:00	972	80	89			
28/02/1983	00:00	980	72	80			

Intensité maximale :

Best Track: - 950hPa

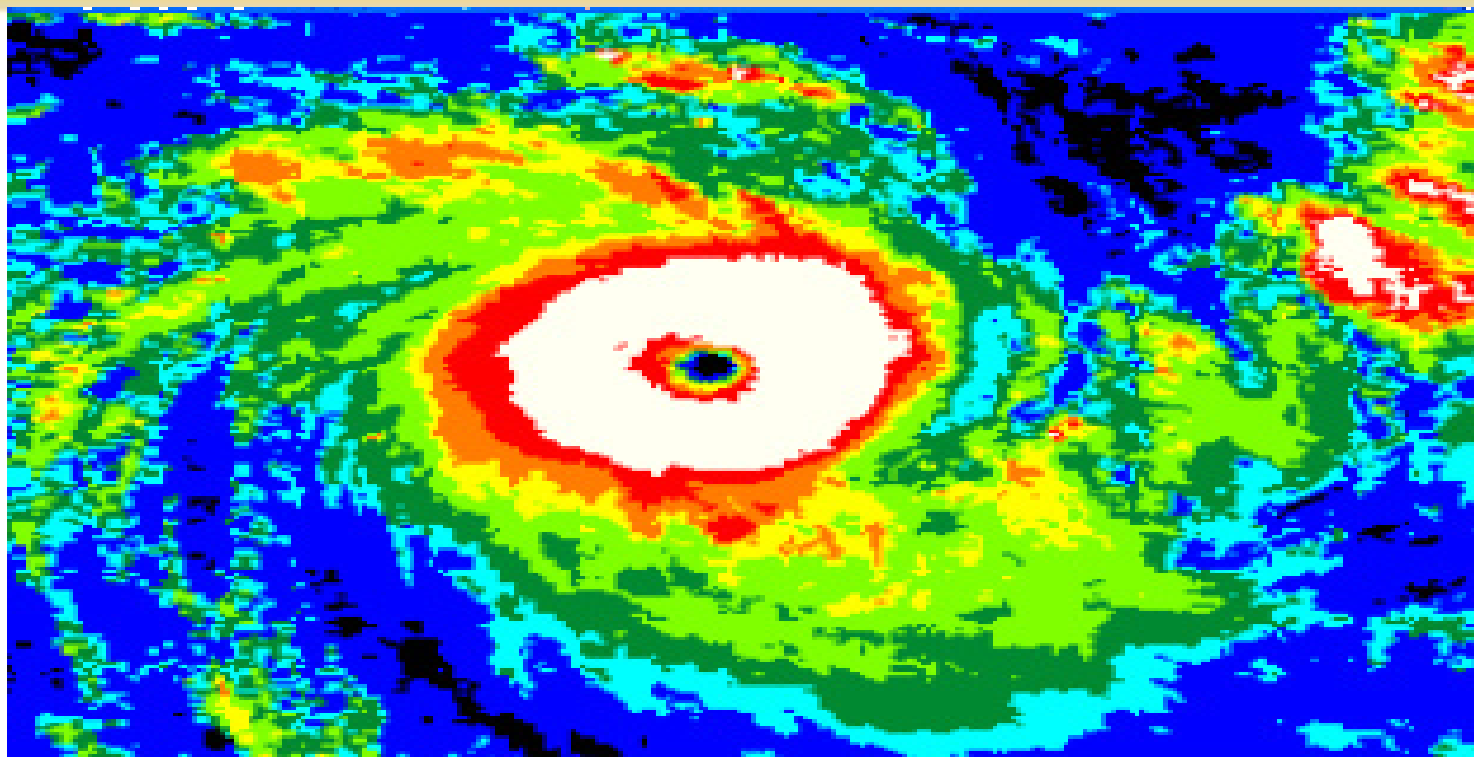
- 100Kt/111Kt

Dvorak: - 870hPa

- 136Kt/192Kt

Vitesse vent > 105Kt en 24h

# Analyse Dvorak



*Orama a son maximum le 23/02/83 à 23h22 (Canal IR renforcé)*

**E=6.5**

Largeur minimale	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 0,4	≥ 0,4	≥ 0,3	≥ 0,3
Couleur alentour	R	O	J	VC	VF	BC	BF
	E6.5	E6	E5.5	E5	E4.5	E4.5	E4

+

TEMPÉRATURE DE L'OEIL							
	11	10	9	8	7	6	5
11	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0

**Ajustement=+1.0**

**= T7.5**


**ITEO FRANCE**  
jours un temps d'avance



# Réanalyses des cyclones tropicaux

## Conclusion

- Écarts importants au niveau spatial, temporel et sur l'intensité d'Orama.
- En réanalyse Dvorak, Orama est un cyclone tropical très intense (T7.5) alors qu'en « Best Track » c'est un cyclone tropical intense (T6)
- Nécessité d'une réanalyse de chaque phénomène sur le bassin pour obtenir une base correcte.



Quelques résultats et projets

# LES CYCLONES

# Conditions de formation des cyclones en Polynésie française

## Objectifs

Renseigner la formation des cyclones en Polynésie française

Les conditions thermiques : température de l'océan de la surface jusqu'à 100m

Connaissance climatologique de la température de la mer du bassin polynésien

Les conditions thermodynamique : le tourbillon potentiel

Lien entre les conditions thermiques et la cyclogénèse

# Conditions de formation des cyclones en Polynésie française

## Méthodologie

- Inventaire et étude des cyclones
- Traitement de données: problème de données manquantes, calcul de moyennes, .....
- Établir une climatologie océanique
- Renseigner les conditions thermiques des foyers de cyclones
- Tenter d'extraire des valeurs seuils
- Appliquer sur la période de l'étude.

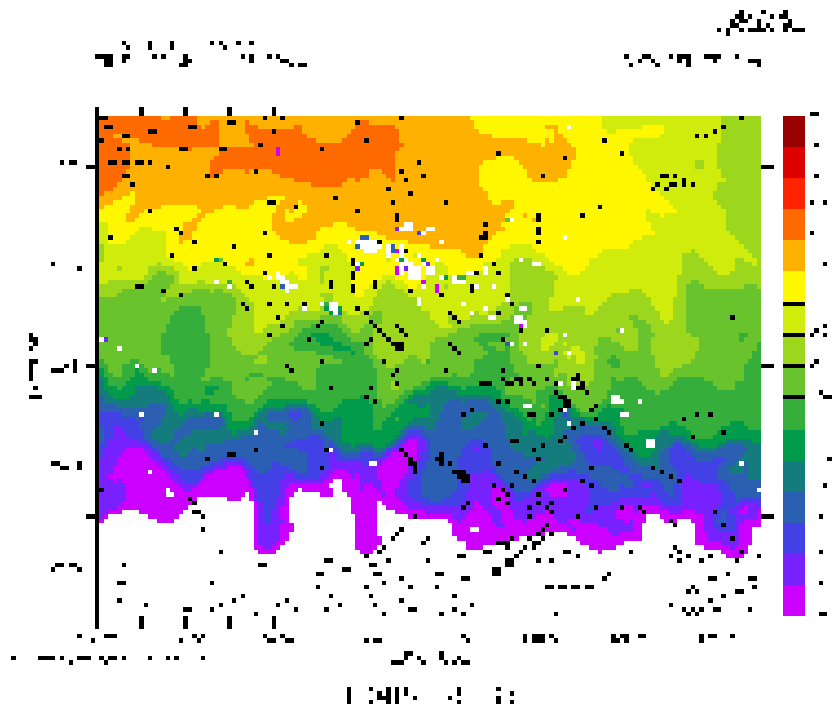
# Conditions de cyclogénèse

## Exploitation des données

Dépression	Date	Longitude OUEST	Latitude SUD	SST TMI	SST ROMS	T 0-60m ROMS	T 0-100m ROMS	PV 850hPa
OSEA	23/11/97	157,3W	10,1S	ND	27,89	27,83	27,32	-0,4
URSULA	30/01/98	150,5W	15,5S	29,40	28,27	27,8	26,86	-0,6
VELI	31/01/98	155,7W	11,9S	28,98	28,67	28,42	27,6	-0,6
ALAN	20/04/98	157,9W	13,8S	28,97	28,65	28,43	27,3	-0,6
BART	29/04/98	141,2W	17,5S	28,74	27,65	27,35	26,24	-0,8
KIM	23/02/00	132,8W	23,2S	28,13	27,19	26,11	24,99	-0,4
RITA	28/02/01	136,8W	19,3S	27,88	27,04	26,76	25,99	-0,4
JUDY	24/12/04	145,2W	19,5S	ND	27,77	27,37	26,51	ND

# Historique des système de temps

## Application : Historique des systèmes de temps



- Classification des systèmes de temps de l'océan tropical
- Cloud cluster (H 500 - 800km CdV 1à 3 jrs)
- Dépression tropicale faible (H 500-1000km vm (10mn) < 34kt)
- Seuil retenu CdV 5 jrs pour (CC – ZCPS – ZCIT)

Réf.: McBride J.L. 1981, *Observational Analysis of Tropical Cyclone Formation. Part I: Basic Description of Data Sets*, J. Atmos. Sci. 38, 1117 - 1131

## Application : 1994 - 2004

### Application : 1994 - 2004

- CO :  $T_{\text{moy}} 0-60$  seuil = 27,35°C et  $T_{\text{moy}} 0-100$  = 26,24°C

CA : PV = -0.6PVU


CdV=5j

Zone	7S (140 – 130W)	10S	15S	20S
Co à J-7 (572 s)	122 semaines	245 semaines	300 semaines	133 semaines
CO + Cdv	16 phén. > 5jrs	16 phén. > 5jrs	79 phén. > 5jrs	29 phén. > 5jrs
CO + CdV + PV	100 %	100%	94,5%	55%
Système	ZCIT ou CC (Alizés perturbés)	ZCPS ou DT	ZCPS ou DT	ZCPS ou DT

# Conclusion

- SST > 26,5°C sur 60m, conditions présentes toute l'année entre 7S et 11S
- SST<sub>min</sub> = 27,88 °C et SST<sub>max</sub> = 29,40 °C
- T<sub>moy</sub> 0-60 seuil = 27,35°C et T<sub>moy</sub> 0-100 = 26,24°C
- Temps de réponse entre 7 et 10jrs
- Pv seuil = -0,6pvu

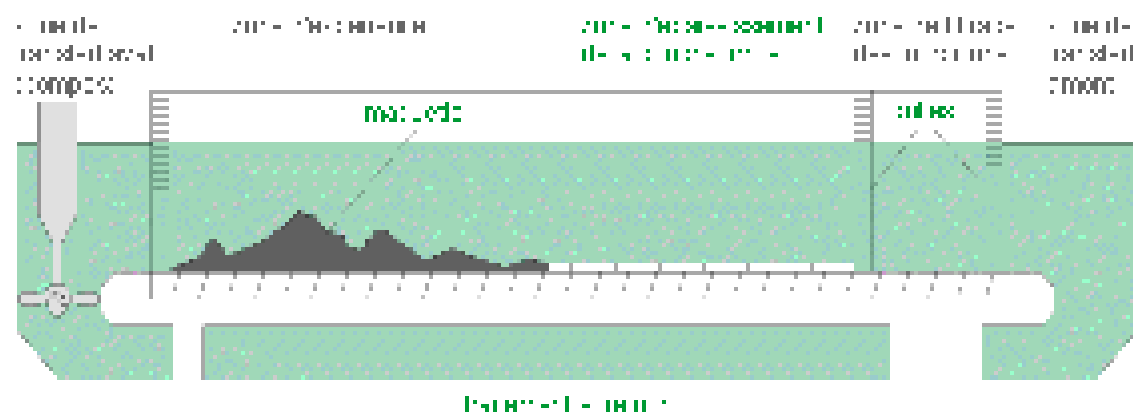
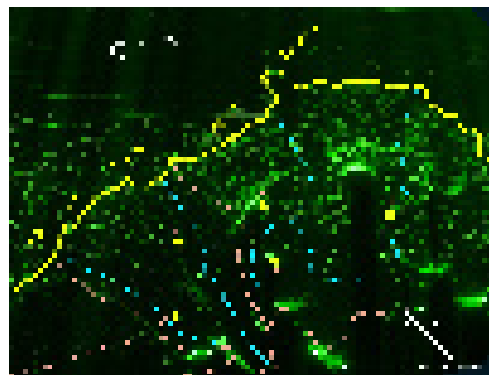




## Quelques résultats et projets

# L'écoulement atmosphérique

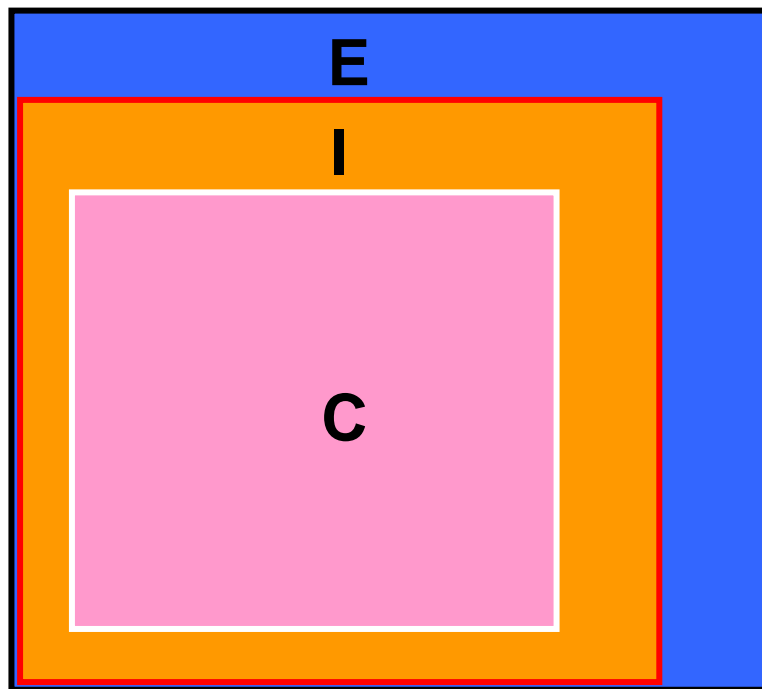
# Simulation en veine hydraulique



# Utilisation du modèle ALADIN

- ALADIN est une version d'ARPEGE sur un domaine limité,
- ALADIN acronyme pour **A**ire **L**imitée **A**daptation **D**ynamique développement **I**nter**N**ational est un modèle qui réalise de manière opérationnelles des adaptations dynamiques à des échelles relativement plus fines,
- L'adaptation dynamique consiste à interpoler des champs fournis à différents instants par un modèle dit de « grande échelle » et à intégrer un modèle plus fin avec les champs issus de cette interpolation de manière à les adapter à un relief et à des conditions de surface plus détaillées, ALADIN a été conçu sur la notion de compatibilité avec le modèle global ARPEGE, Son code est donc en grande partie issues d'ARPEGE ; la physique et la dynamique du modèle ALADIN est presque la même que celle d'ARPEGE,
- C'est aussi un modèle qui utilise la technique spectrale pour la représentation horizontale des champs ; ce qui implique l'utilisation d'une zone d'extension fictive pour la bi-périodicité des champs, La discrétisation verticale est hybride, elle va progressivement de la coordonnée sigma à la coordonnée pression, L'intégration temporelle utilise le schéma semi-implicite semi-Lagrangien qui permet d'utiliser des pas de temps relativement longs

# Comment créer un domaine ALADIN



ALADIN est divisé en 3 zones :

la zone C, zone centrale où les calculs sont purement ALADIN

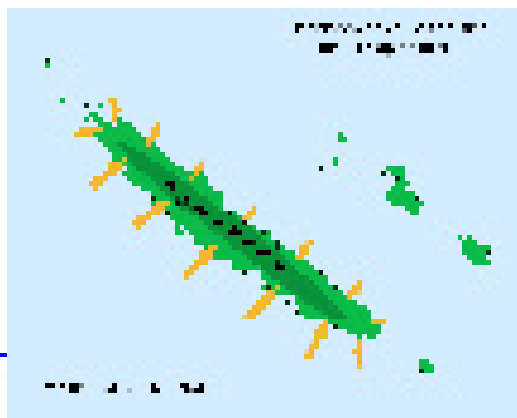
la zone I ; zone intermédiaire qui assure la continuité entre les valeurs du couplages et celles purement ALADIN

la zone E : zone d'extension purement mathématique afin de créer la bi-périodicité du modèle,



**METEO FRANCE**  
Toujours un temps d'avance

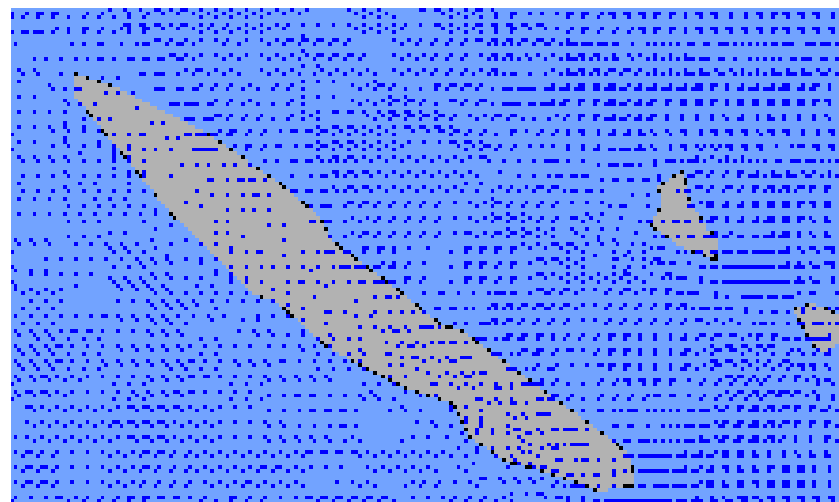
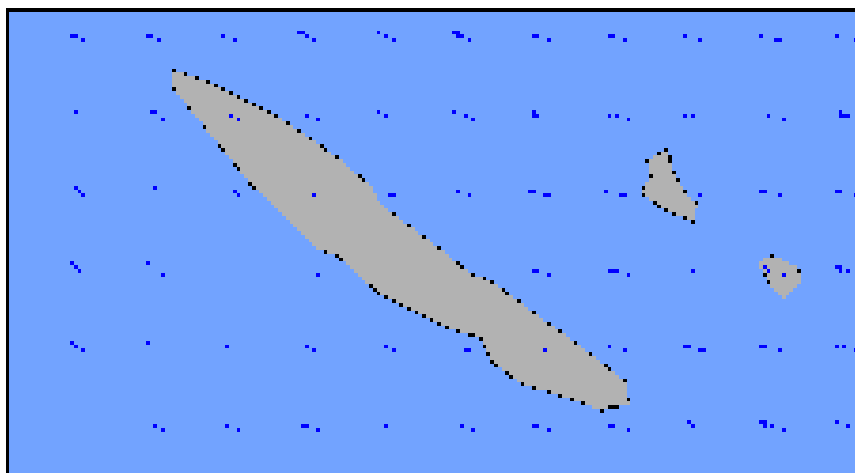
# Le point sur ALADIN PACIFIQUE Sud-Ouest



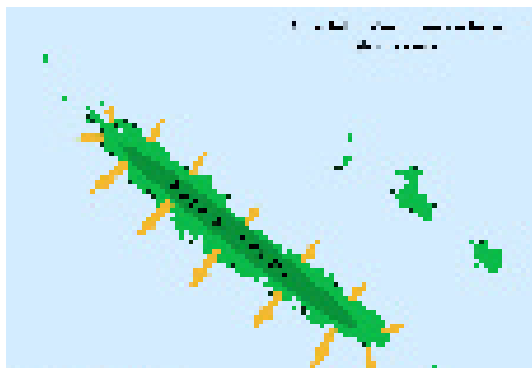
Bonne représentation des effets de brise

**1 octobre 2007**

Analyse du run de 00utc. (11h00 locale)



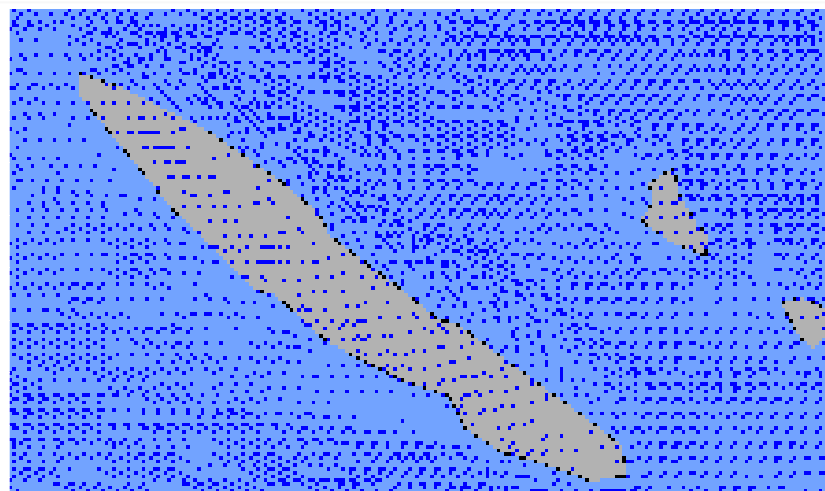
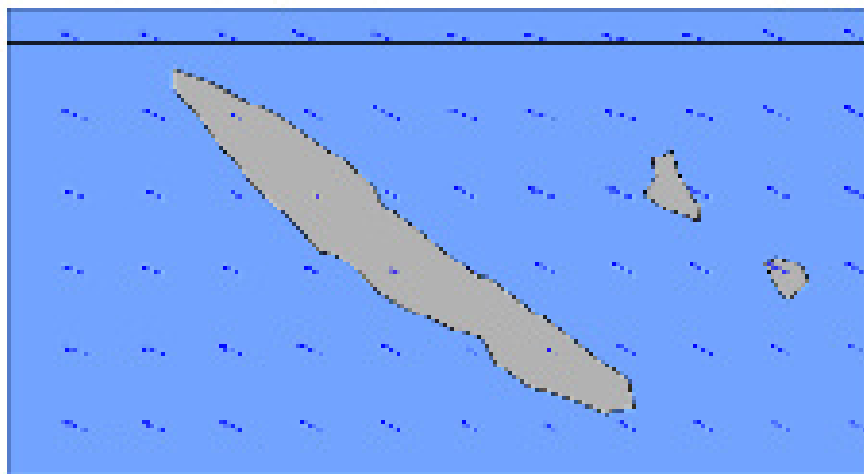
# Le point sur ALADIN PACIFIQUE Sud-Ouest



Bonne représentation des effets de brise

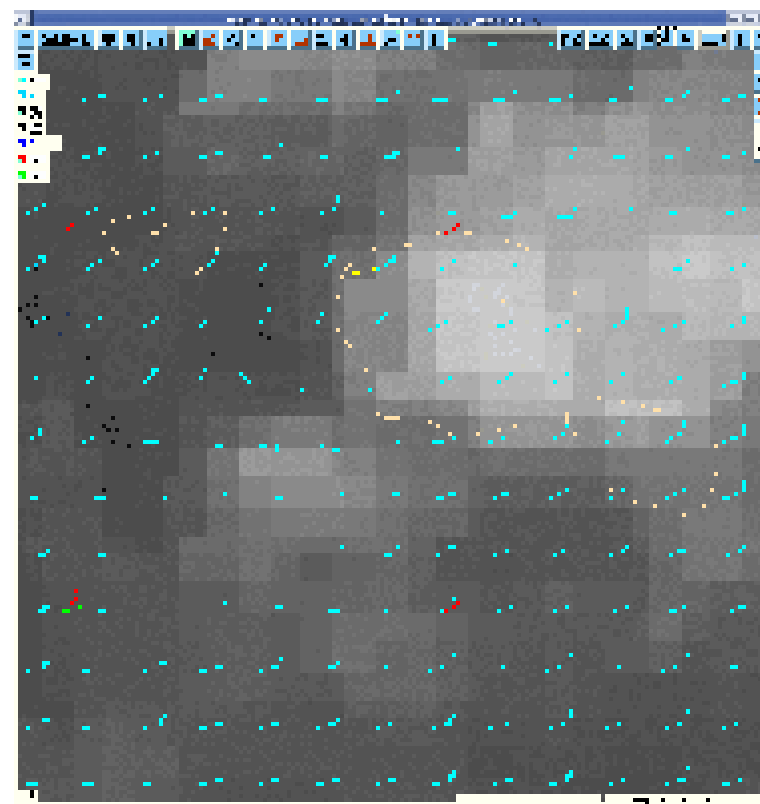
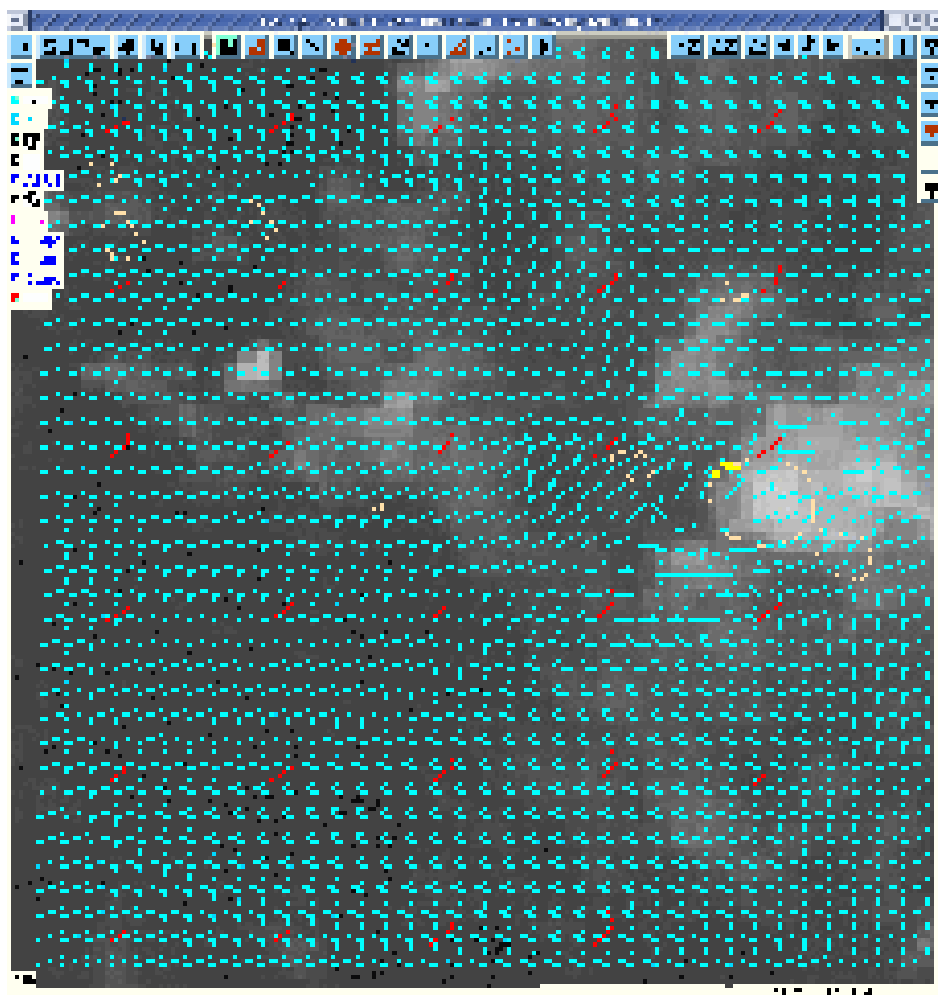
**1 octobre 2007**

Prévision à 18heures du run de 00utc.



**METEO FRANCE**  
Toujours un temps d'avance

# Le point sur ALADIN PACIFIQUE Sud-Ouest



Effet de brise sur l'île de Tahiti

# Plan

- Météo France
- Principaux axes d'études depuis 2000
- Quelques résultats et projets
- **Développement du partenariat**



## Développement du partenariat

- Toulouse : CNRM - DP
- Pacifique : APN – SPREP – GCOS – CLIPS
- Gouvernement : GEGDP – SAT – Environnement – Équipement
- UPF - LDG - IRD
- Privé : Boyer – EDT
- SOPAC

# Merci de votre attention

Les Études menées  
à  
Météo France



**METEO FRANCE**  
Toujours un temps d'avance