



GICC-2, 2007-08
MEEDDM, 14-15 octobre 2009



ACCIES

Analyse du Changement Climatique et de ses Impacts sur l'Eau et la Santé

Plan

Contexte

Présentation du Projet

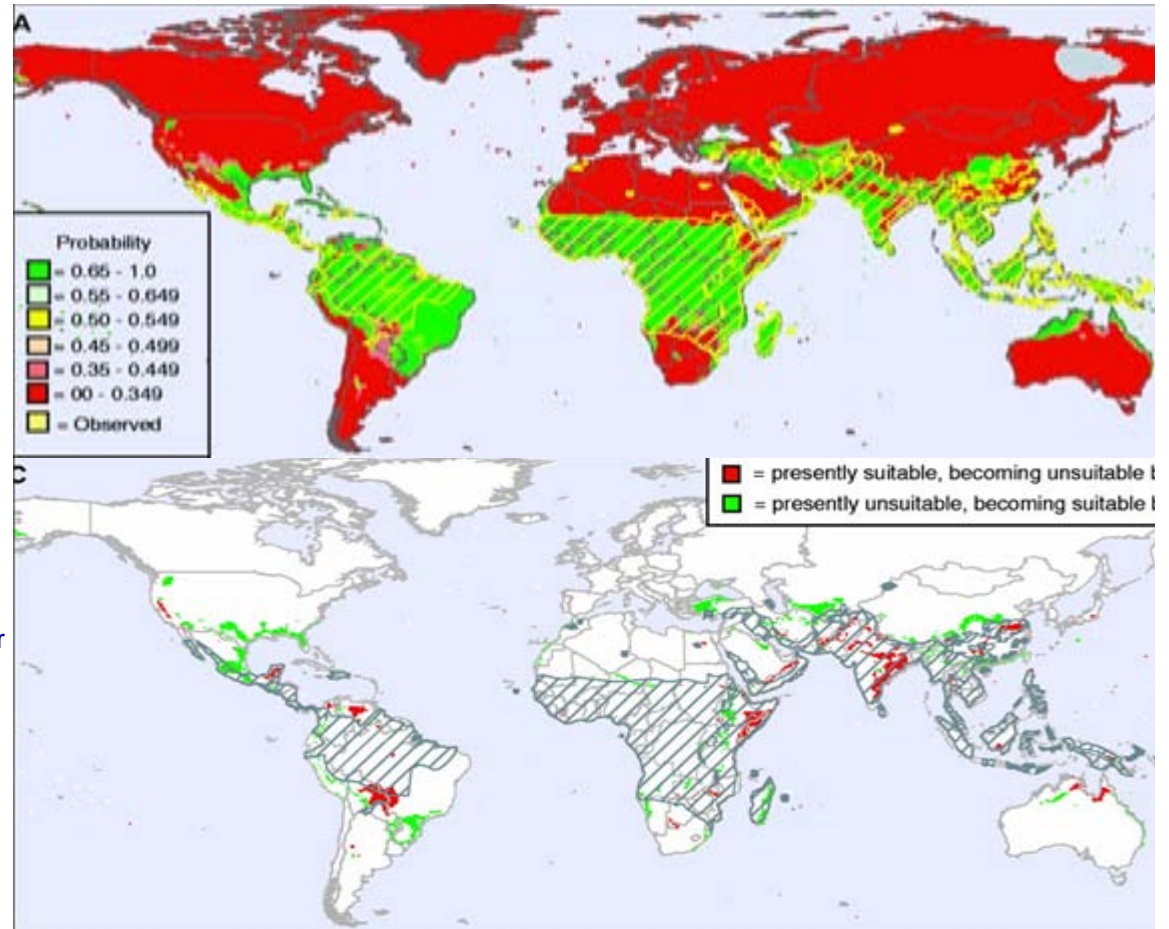
Désagrégation des MCGs

Impacts du CC sur l'Eau et les Vecteurs

Bilan et Perspectives

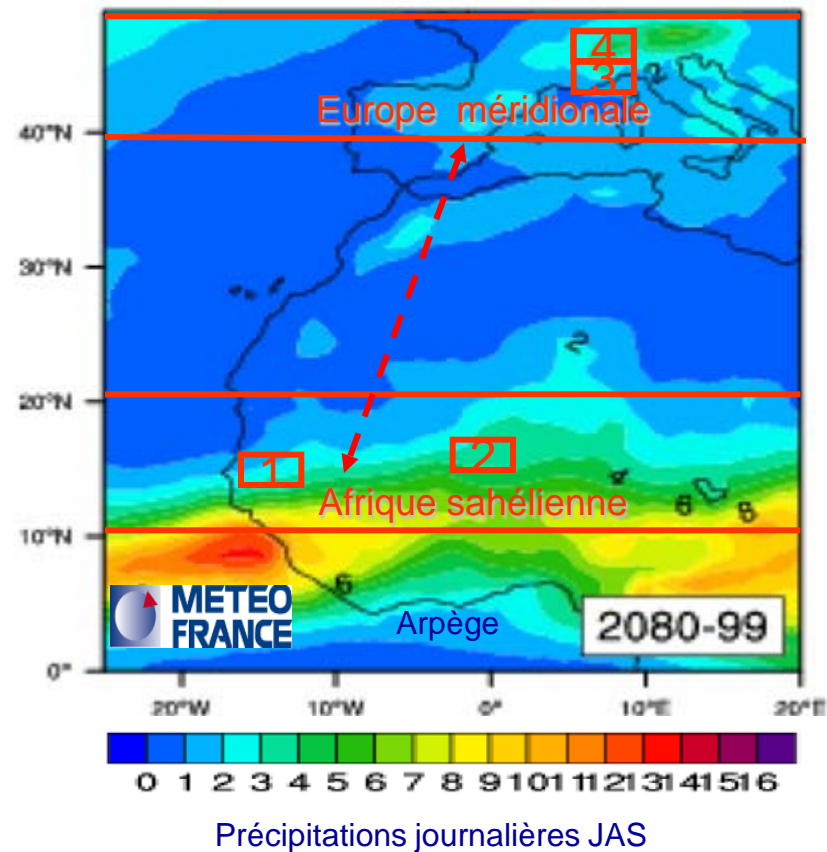
Exemple : Impact du CC sur le Paludisme (2000-2050)

- (A) Current global map of malaria caused by *P. falciparum* and distribution predicted with maximum likelihood methods
Predictions that are 78% correct, with 14% false-positives and 8% false-negatives.
- (B) Discriminating criteria derived from the current situation were then applied to the equivalent climate surfaces from the high scenario from the HadCM2 experiment which predicts mean global land surface changes of +3.45°, +3.63°, and +3.29°C in mean, minimum, and maximum temperatures, respectively; +1.87 hPa for SVP; and +0.127 mm/day for precipitation by the year 2050.
- (C) Difference between the predicted distributions given in (A) and (B), showing areas where malaria is predicted to disappear or invade by the 2050s in relation to the present situation.

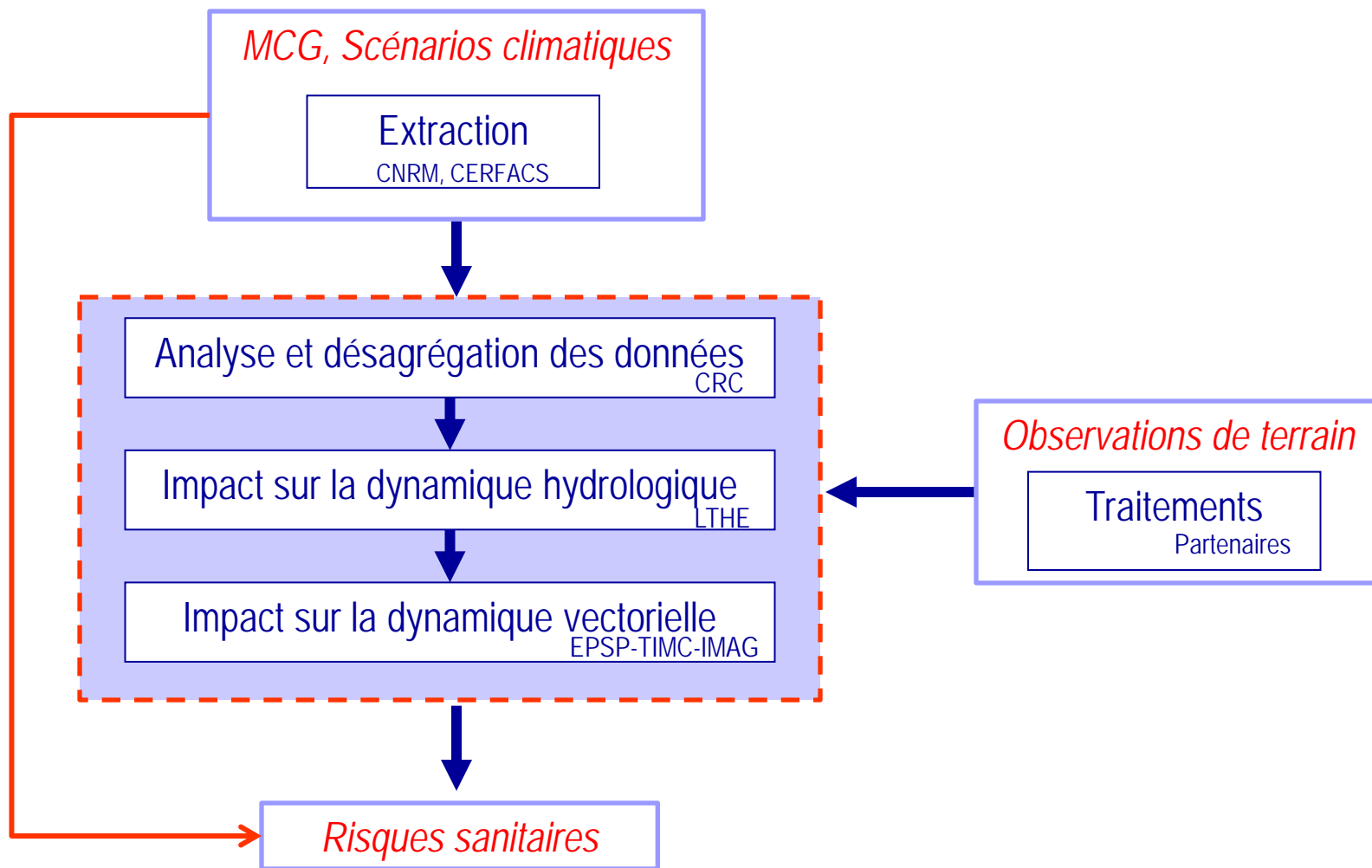


David J. Rogers Sarah E. Randolph. The Global Spread of Malaria in a Future, Warmer World. *Science* 8 September 2000: Vol. 289. no. 5485, pp. 1763 - 1766

1. Validité des sorties de MCGs du climat présent sur la zone d'étude ;
2. Couplage et Changement d'échelles entre modèles climatiques et modèles d'impacts hydrologiques et épidémiologiques ;
3. Diagnostic sur notre capacité à produire des scénarios d'impacts dans le domaine des ressources en eau et de l'émergence des maladies vectorielles.



Zone		Données (MCG)	scenario	Période
Afrique	1 – Sénégal	CNRM	Référence	1980 – 1999
	2 – Mali		A1B	2080 – 2099
France	3 – Camargue	CERFACS	A1B	1950 – 2100
	4 – Dombes			



ACCIES ► De Quoi Dispose t – on ?

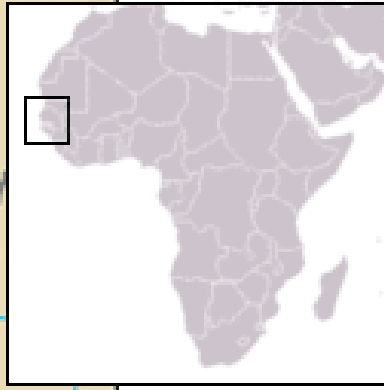


Anophèle femelle

Zone	Maladies	Vecteurs	Statut	Remarques
Barkedji (4 vecteurs)	FVR	<i>Aedes vexans arabiensis</i>	Vecteur	Bcp d'études
		<i>Culex poicilipes</i>	Vecteur	
	Paludisme	<i>Anopheles gambiae</i>	Vecteur	
		<i>Anopheles arabiensis</i>	Vecteur	
Camargue (3 +1 vecteurs)	WN	<i>Culex modestus</i>	Vecteur	Bcp d'études
		<i>Culex pipiens</i>	Vecteur	
		<i>Ochlerotatus capius</i>	Très abondant et mauvais vecteur	
	CHIK	<i>Aedes albopictus</i>	Vecteur	???
Mali (2 vecteurs)	Paludisme	<i>Anopheles gambiae</i>	Vecteur	Qques infos
		<i>Anopheles arabiensis</i>	Vecteur	
Dombes (6 vecteurs)	WN	<i>Culex modestus</i>	Vecteur	Zone indemne pas Etudes
		<i>Culex pipiens</i>	Vecteur	
		<i>Aedes cinereus</i>	Naturellement infecté (USA) et abondant	
		<i>Aedes vexans vexans</i>	Naturellement infecté (USA), compétent Abondance faible	
		<i>Aedes cantans</i>	Compétent (Lorraine), abondant	
	FVR	<i>Culex pipiens</i>	Vecteur en Egypte	

Zone	Système habitat	Hydrologie	Données	Coûts (terrain)
Afrique	mares naturelles	Simple	+++	1
France	étangs anthropisés	complexe	+--	5 – 7

ACCIES ► Chaîne d'Evaluation des Impacts : Barkedji (Sénégal)



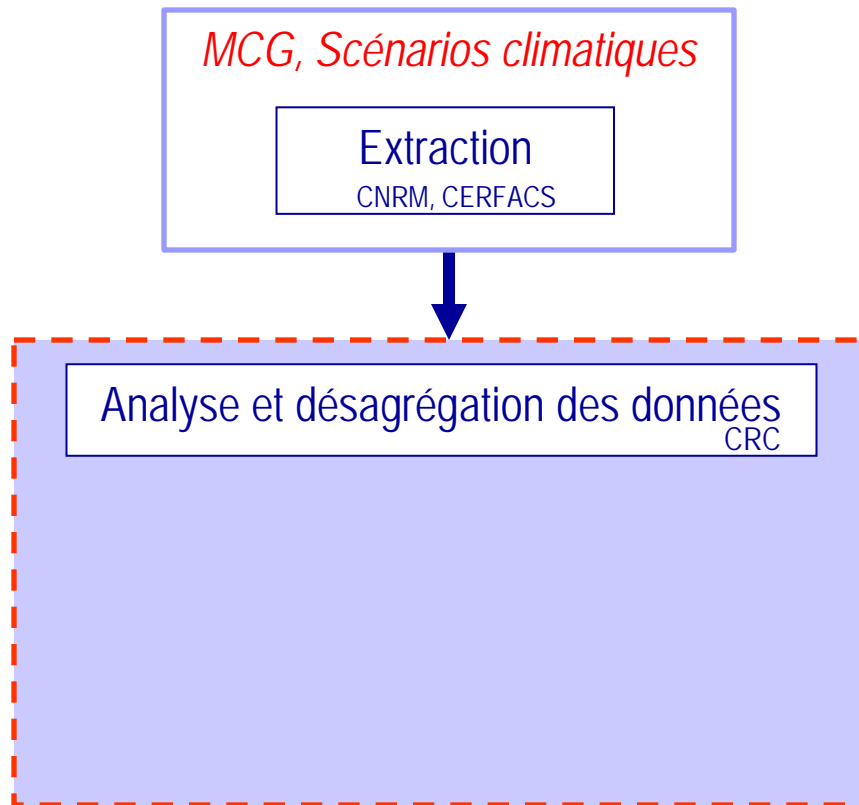
MCG, Scénarios climatiques

Extraction
CNRM

Observations de terrain

Traitements
Partenaires

Risques sanitaires



Les méthodes de désagrégation

2 méthodologies de désagrégation des simulations de GCM :

Statistique : relations statistiques entre pluies observés et champs représentatifs de la dynamique de mousson.

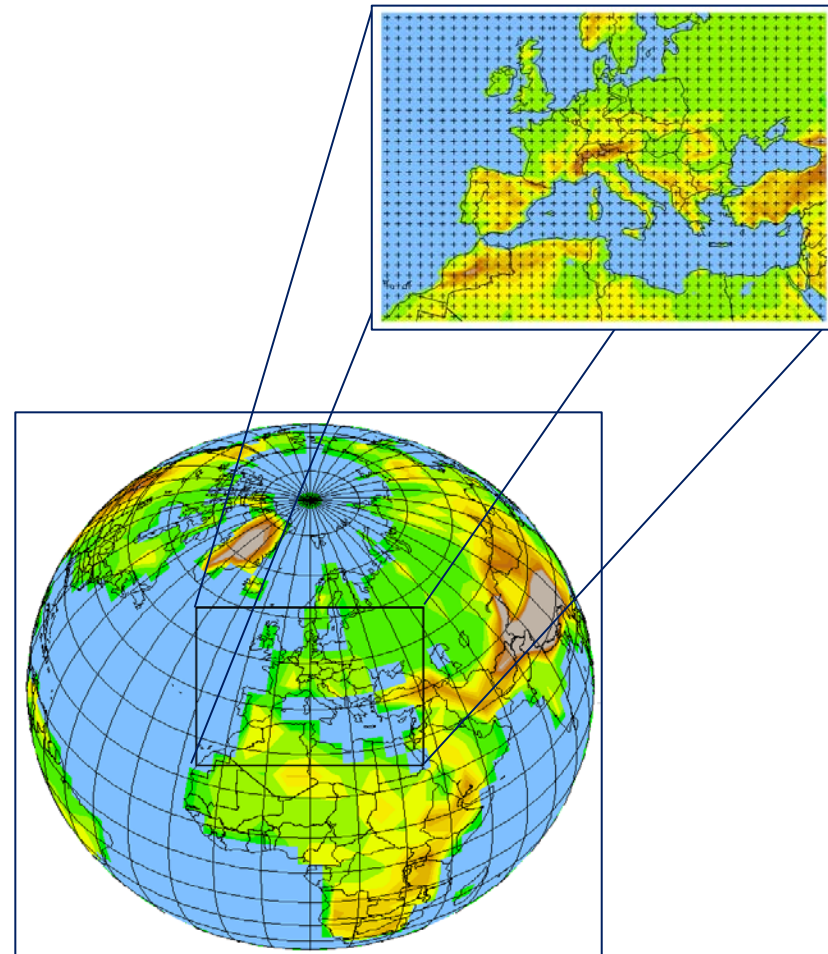
Appliquer ces lois sur les mêmes champs simulés pour le scénario du futur (on fait alors l'hypothèse qu'il n'y a pas de modification des relations atmosphère/précipitations (Zorita et al., 1995)).

Numérique : modèle régional de climat avec conditions aux limites du modèle empruntées aux sorties des GCM.

Meilleures prise en compte des effets de la topographie et de la résolution spatiale.

Mais biais processus physiques (exemple : paramétrisations des nuages et de la surface (Liang et al, 2004)). De plus les biais initiaux peuvent se répercuter sur la qualité des sorties (Liang et al; 2004, 2006).

→ le climat simulé par le modèle régional peut être assez différent du climat de la simulation de départ (Han et Roads, 2004).



Dans le cadre d'ACCIES (*Analyse du Changement Climatique et de ses Impacts sur l'Eau et la Santé*) on emploie la désagrégation numérique

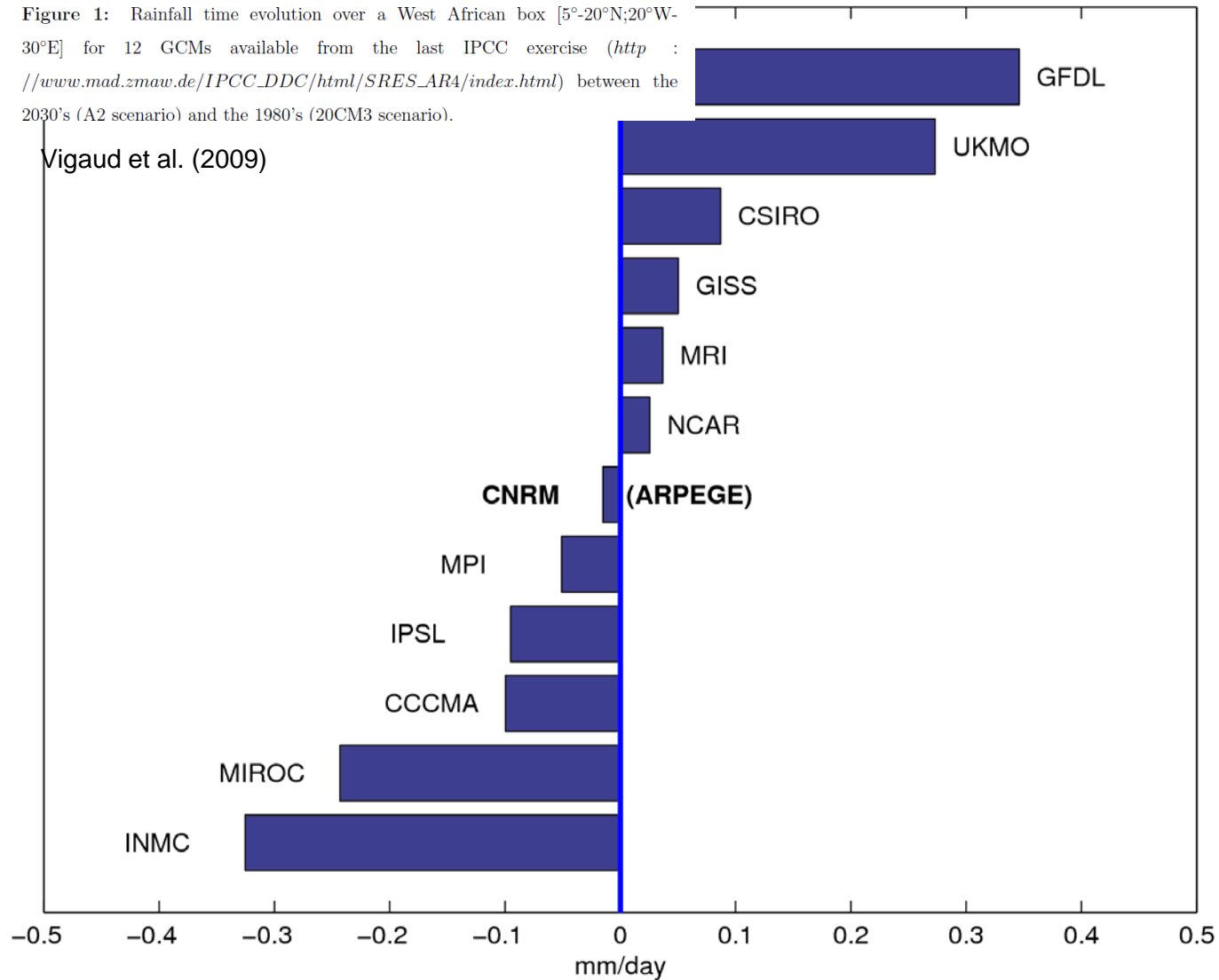
L'objectif est d'atteindre des résolutions spatiales pertinentes pour les modèles d'impacts.

**ARPEGE-Climat (CNRM) ==> modèle méso-échelle MM5
(Evolution 1980-1999 / 2080-2099)**

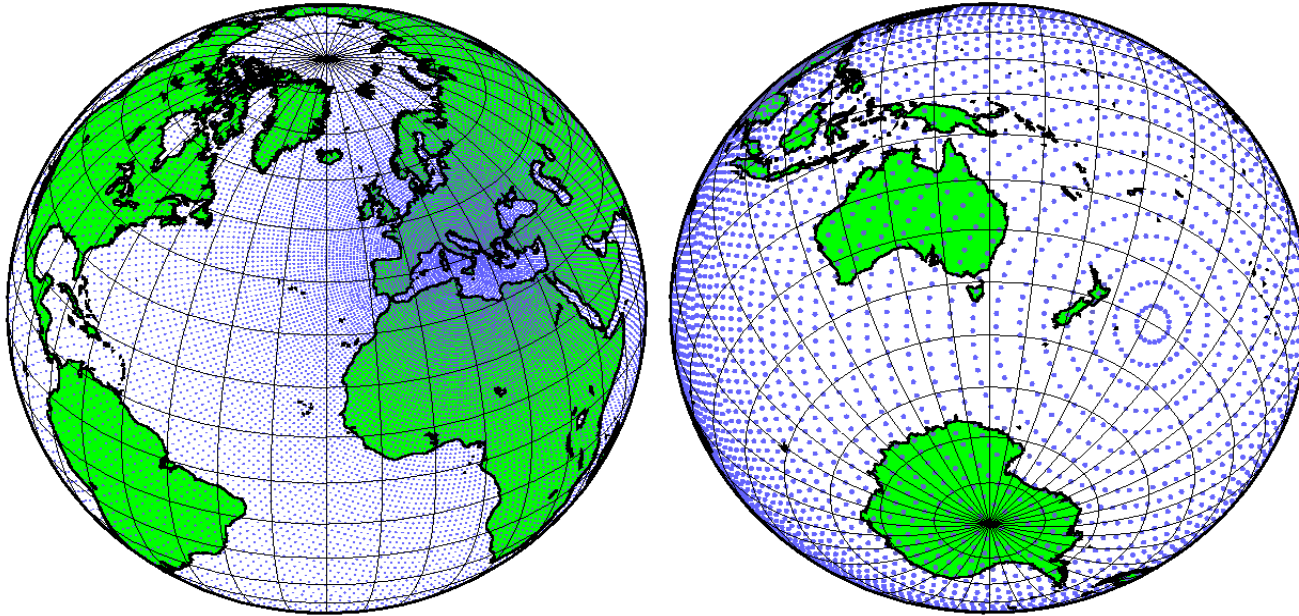
Comparaison ARPEGE et autres modèles couplés de l'AR4

Figure 1: Rainfall time evolution over a West African box [5°-20°N;20°W-30°E] for 12 GCMs available from the last IPCC exercise ([http : //www.mad.zmaw.de/IPCC_DDC/html/SRES_AR4/index.html](http://www.mad.zmaw.de/IPCC_DDC/html/SRES_AR4/index.html)) between the 2030's (A2 scenario) and the 1980's (20CM3 scenario).

Vigaud et al. (2009)



Scénarios étirés sur l'Europe et l'Afrique (CERFACS, projet DISCENDO)



ARPEGE-Climat à résolution variable (50 km de résolution sur l'ouest de la Méditerranée)

EB1 : ARPEGE forcé par SST provenant des simulations couplées produites par le modèle CNRMCM3
Arpege/OPA8.

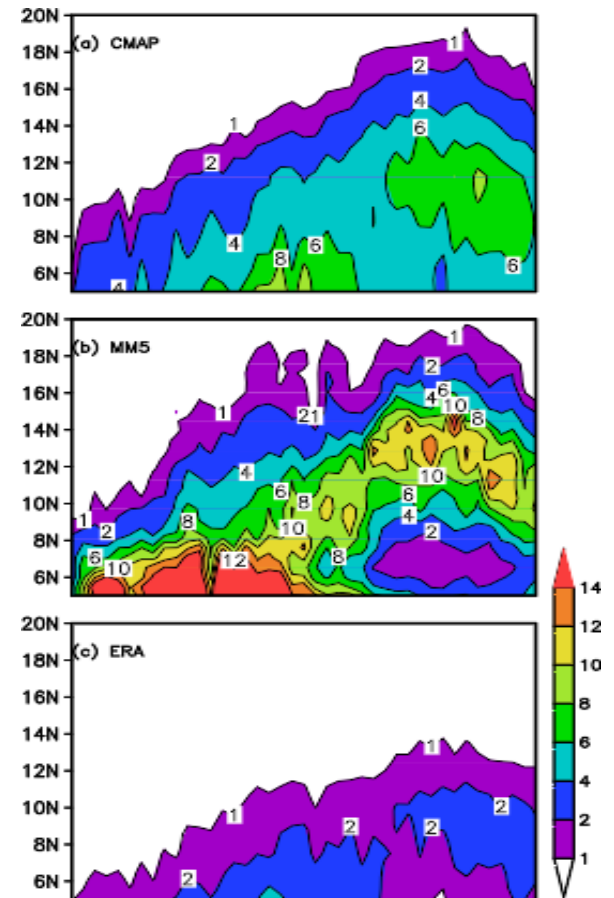
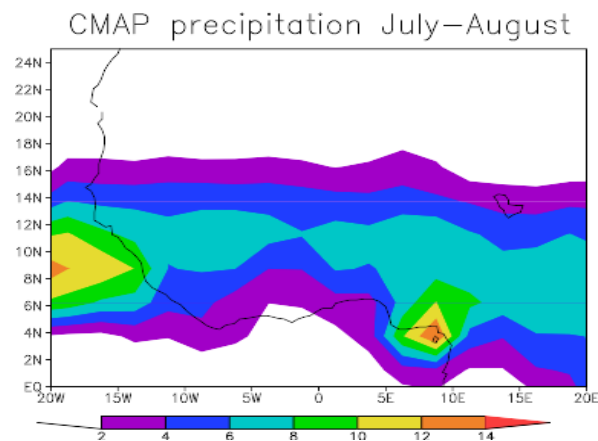
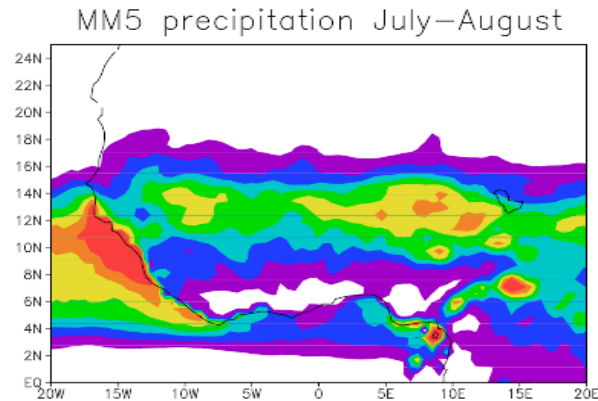
XXIe siècle

EA1 : Idem EB1 mais pour le XXIe siècle

Le modèle méso échelle MM5

S. Sijikumar, P.Roucou, and B. Fontaine, Monsoon onset over Sudan-Sahel: Simulation by the regional scale model MM5. Geophys. Res. Letters, VOL. 33, L03814, doi:10.1029/2005GL024819, 2006.

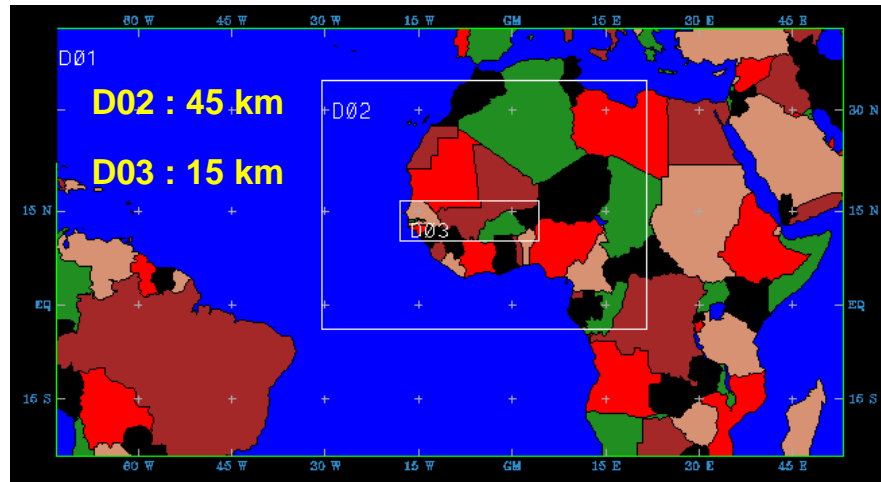
- Simulations of 8 seasons (1994-2001) from March to September
- Initials and boundary conditions : ERA40 (each 12 hours), NCEP OISST
- 65°W-35°E / 15°S-35°N.
- Spatial resolution of 60 Km
- Physical options :
 - Convective scheme : Grell,
 - PBL: Blackadar,
 - Radiative scheme : CCM2
 - Soil model of MM5 (temperature)



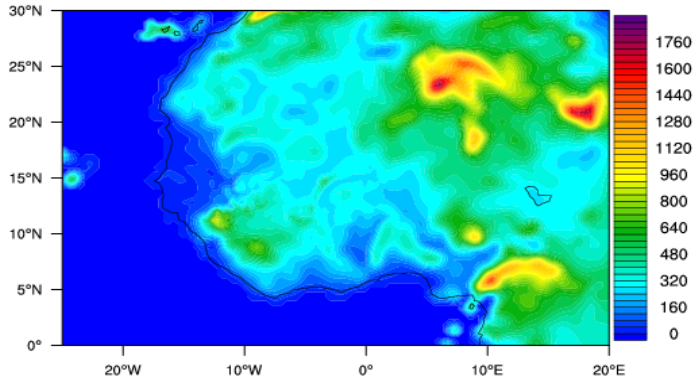
Time-latitude diagram of 8 year mean (a) CMAP, (b) MM5 and (c) ERA40 precipitation in mm/day averaged over 10 W 10 E.

The rainfall amounts are too high but the seasonal rhythm is realistic compared to CMAP

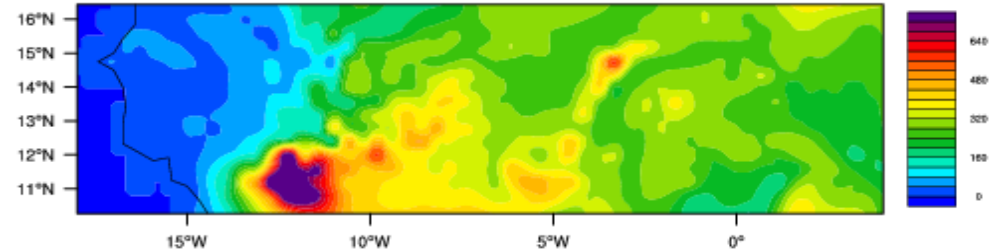
Résolution spatiale des domaines MM5 ACCIES-GICC (Conditions aux limites ARPEGE-Climat 1980-1999 et 2080-2099)



D2 Terrain elevation (m)



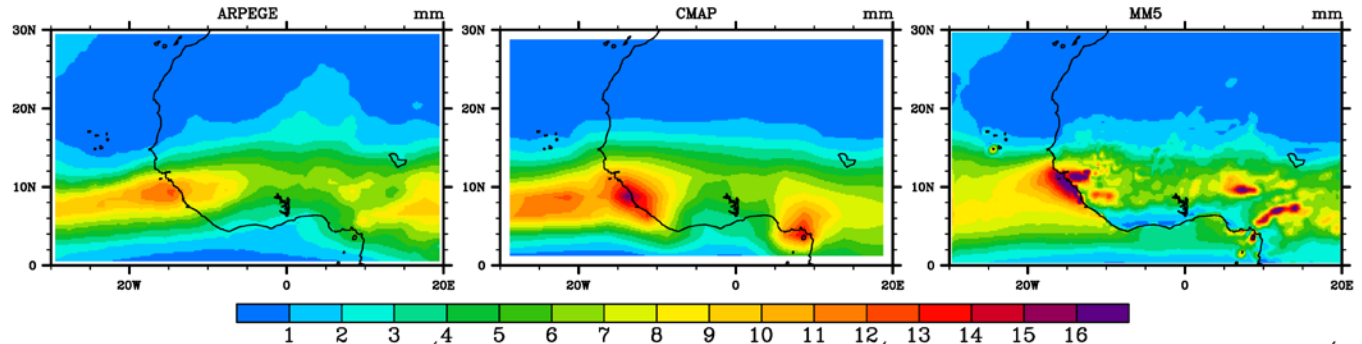
D3 Terrain elevation (m)



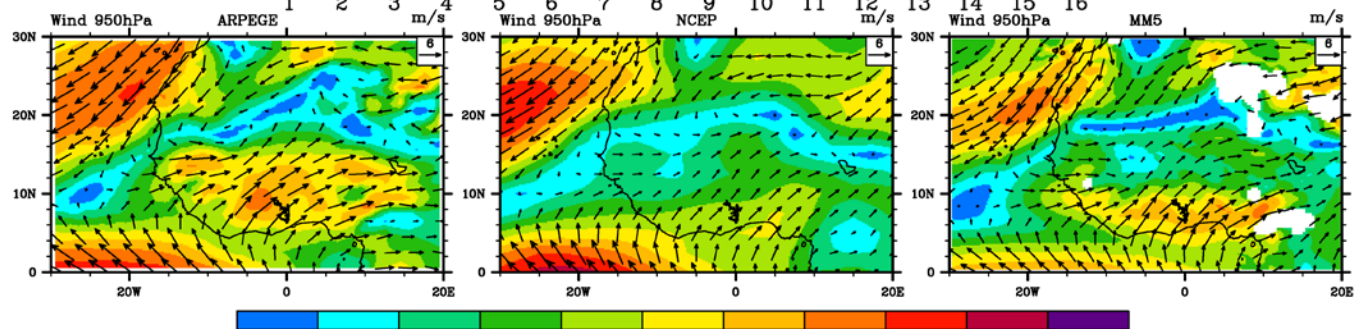
Moyens de calculs : cluster Linux de l' U. de Bourgogne + IDRIS

Résultats des simulations 1981-1999

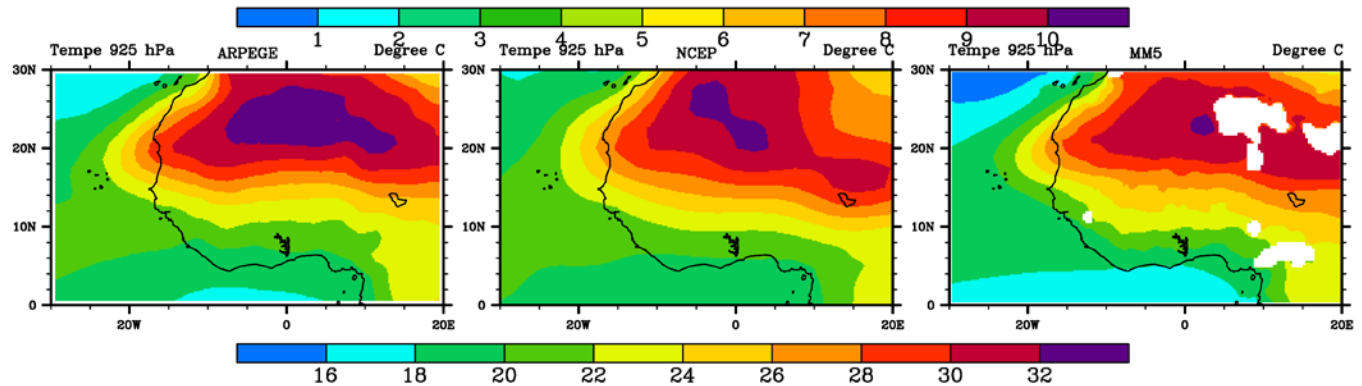
Précipitations



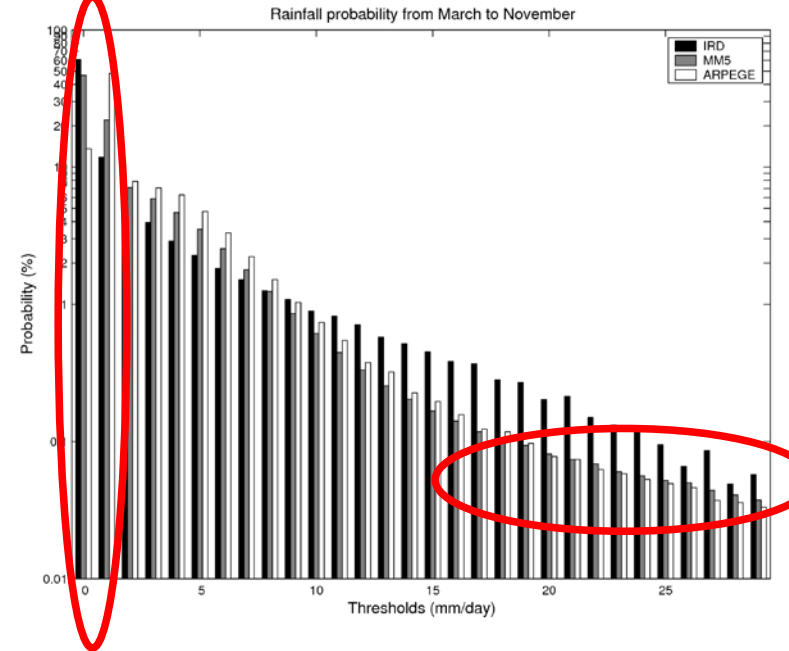
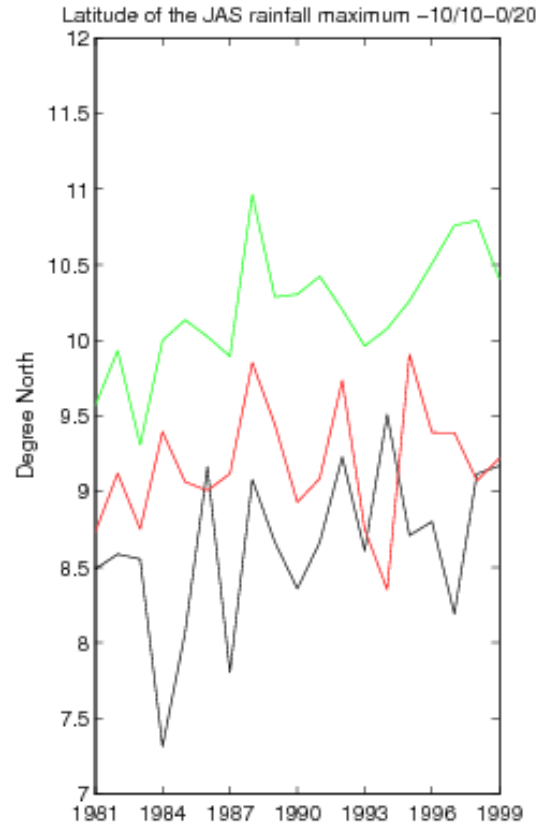
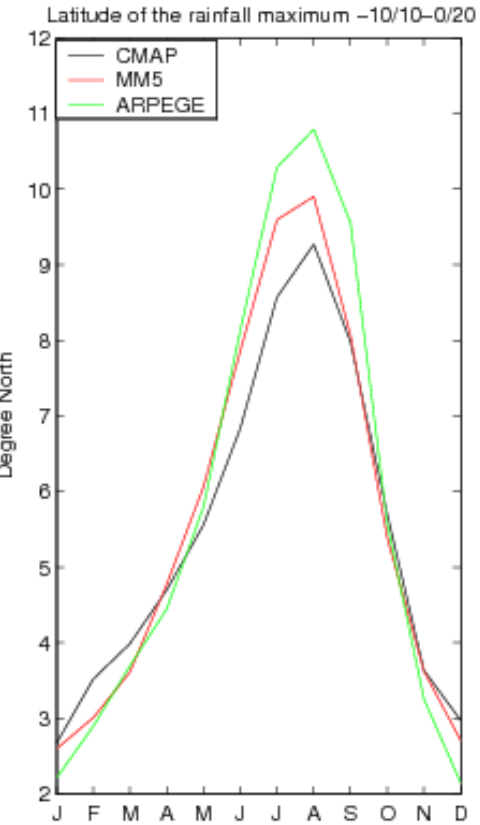
Flux de mousson



Température



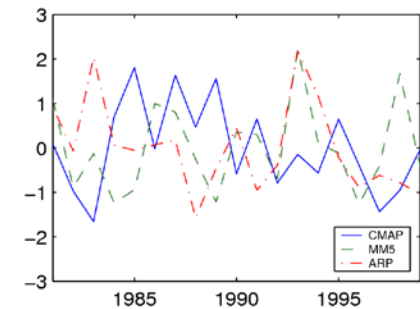
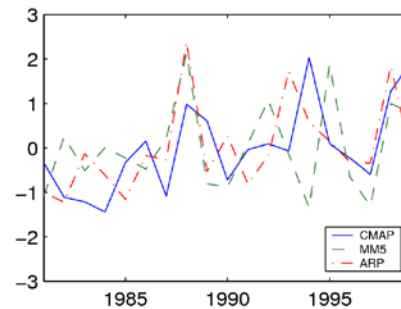
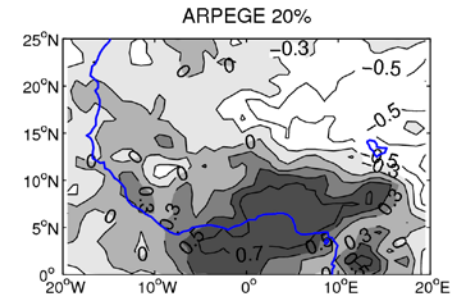
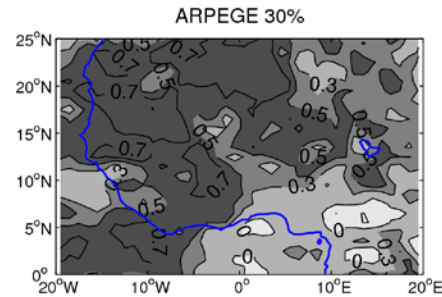
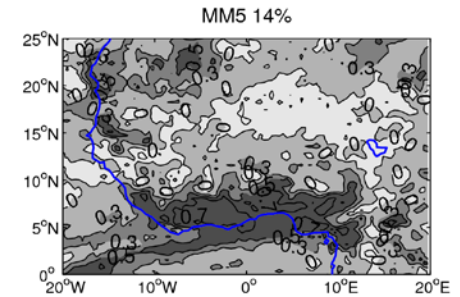
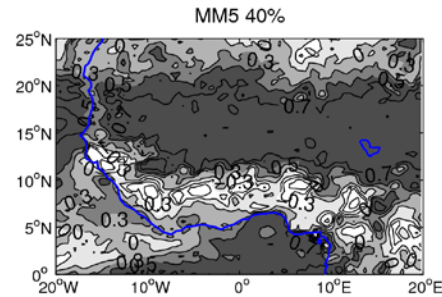
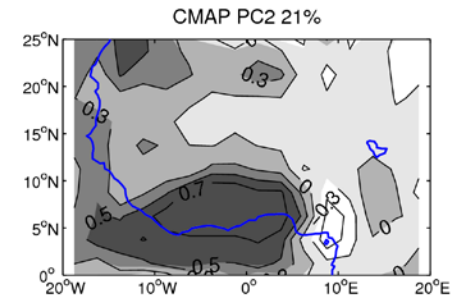
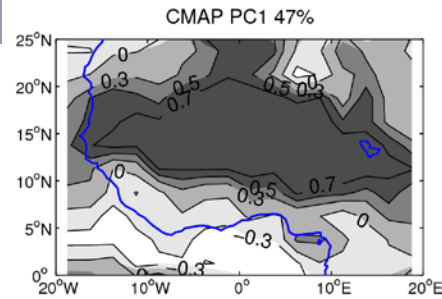
Extension des précipitations et distribution des pluies 1981-1999



Latitude du maximum pluvieux (moyenne et variabilité)

Distribution de probabilité des précipitations

Validation 1981-1999



Les modes de variabilité pluviométrique Sahélien et Guinéen simulés avec MM5 ont une organisation comparable à celle de l'observation.

Pourquoi de telles différences ?

1981-1999 Gradient temp. Côte/Sahara

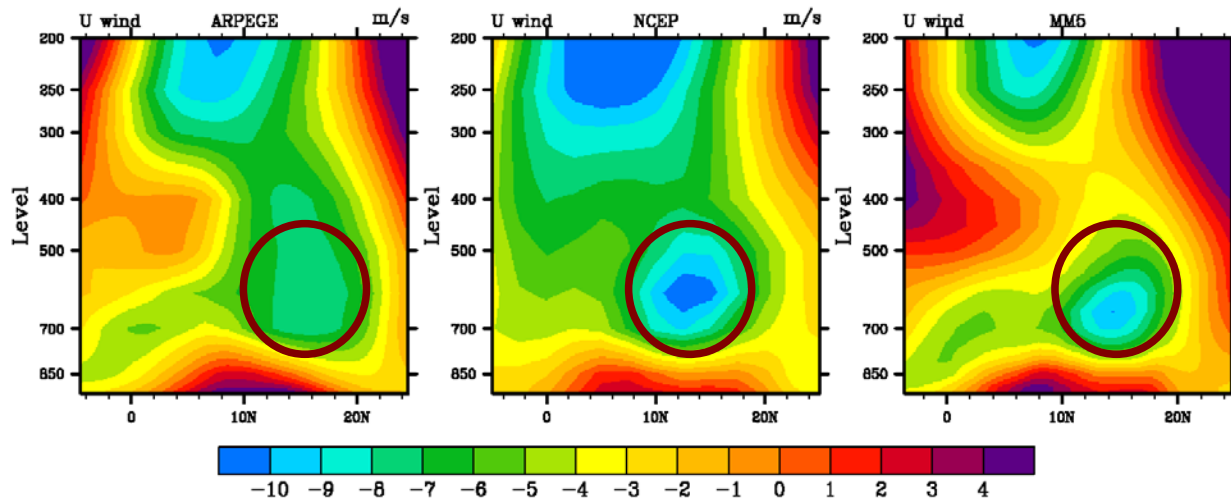
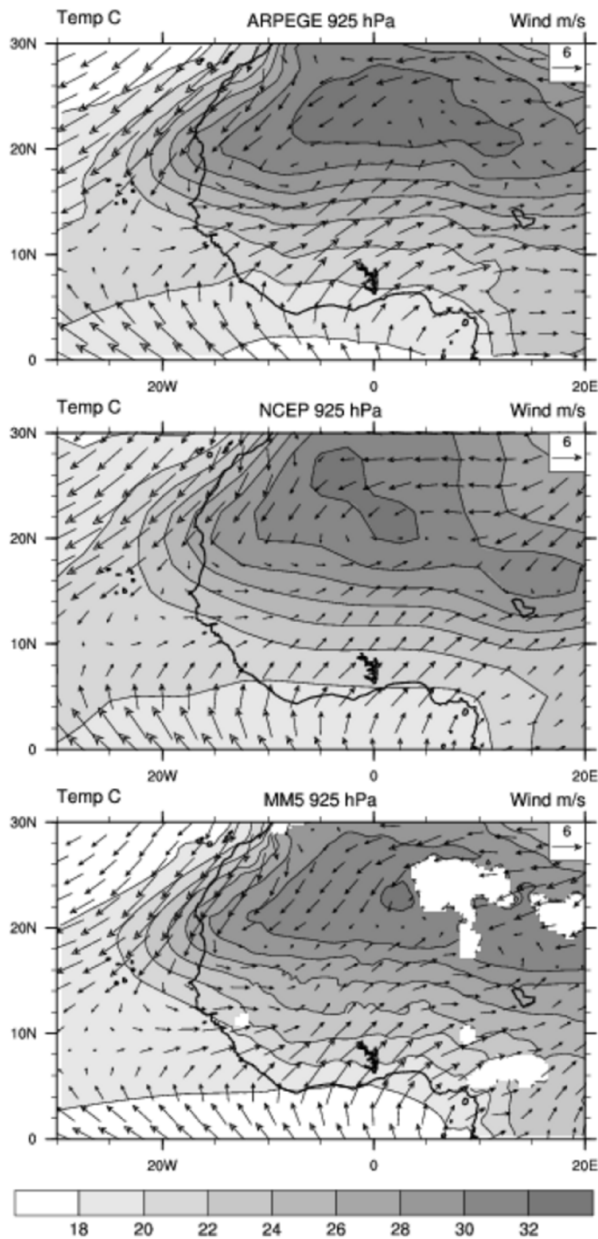
NCEP : 9°C

MM5 : 10°C

ARPEGE : 15°C

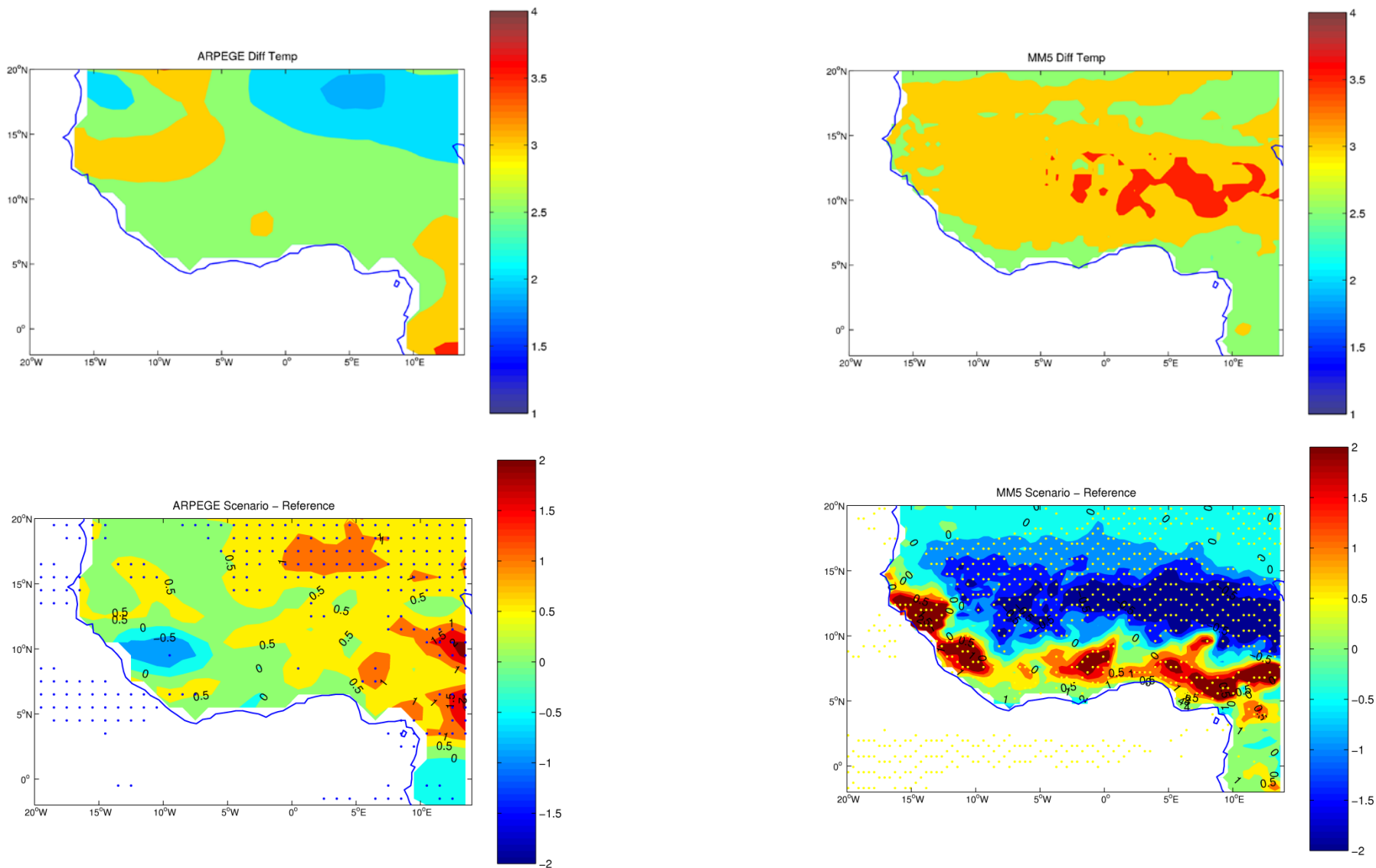
Température élevée dans ARPEGE ==> extension vers le nord de la mousson

Le flux est trop rapide dans les modèles mais le biais est atténué dans MM5



JEA mal représenté dans ARPEGE ==> positionnement vers le nord de la mousson

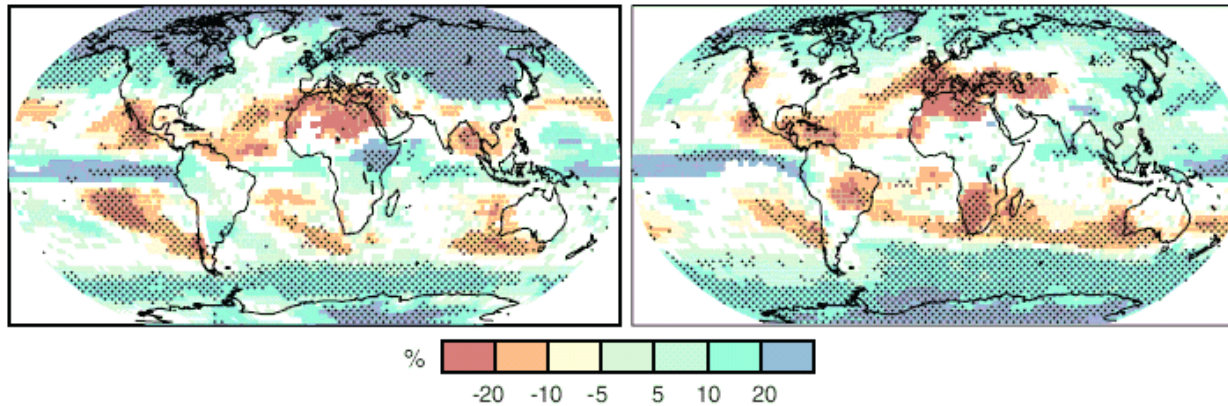
Différences de températures et de précipitations en JAS (2081-2099 - 1981-1999)



NB: les différences significatives de précipitations entre les 2 périodes sont indiquées par des points ($p=0.05$). Ce seuil est atteint pour toutes les valeurs de température.

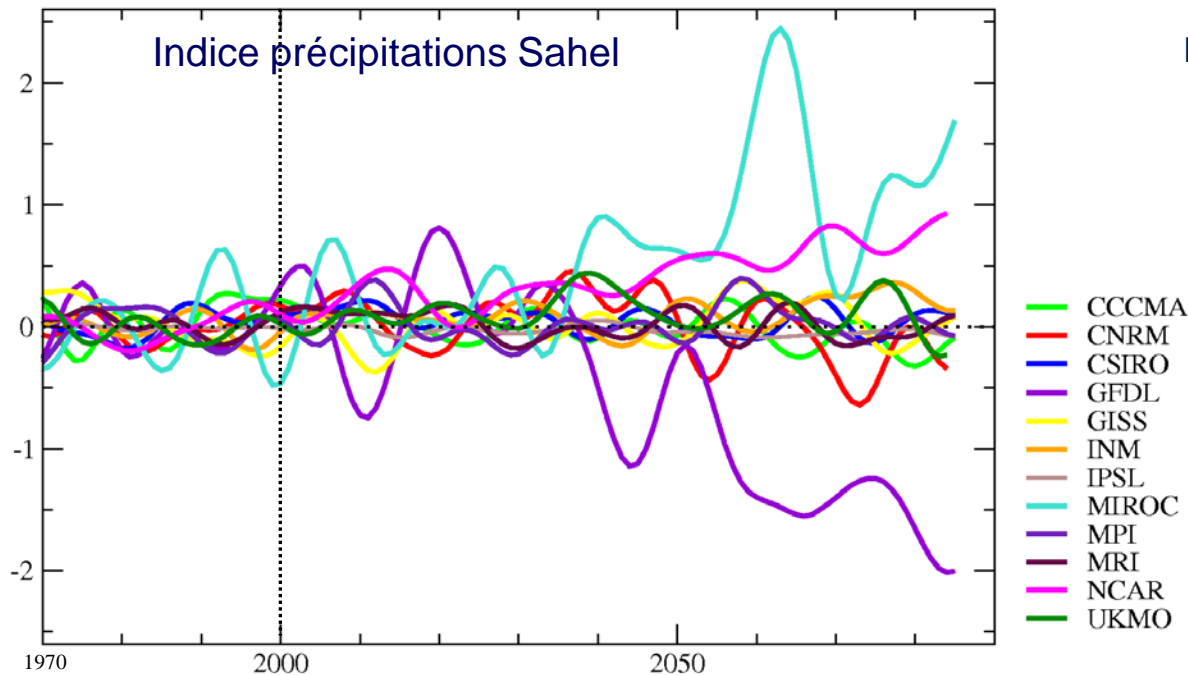
L'évolution climatique en Afrique de l'Ouest est incertaine

Multi-model projected patterns of precipitation changes



IPCC (2007)

Figure 3.3. Relative changes in precipitation (in percent) for the period 2090-2099, relative to 1980-1999. Values are multi-model averages based on the SRES A1B scenario for December to February (left) and June to August (right). White areas are where less than 66% of the models agree in the sign of the change and stippled areas are where more than 90% of the models agree in the sign of the change. (WGI Figure 10.9, SPM)



Indice sahélien (Joly et al., 2007)

CONCLUSIONS

Le modèle régional ajoute de la valeur aux simulations d'ARPEGE.

Preuves sur l'Actuel

- basses couches : meilleure extension du flux de mousson
- moyenne troposphère : meilleur Jet d'Est Africain en position et vitesse
- meilleure extension de la ceinture des pluies trop septentrionale dans ARPEGE.

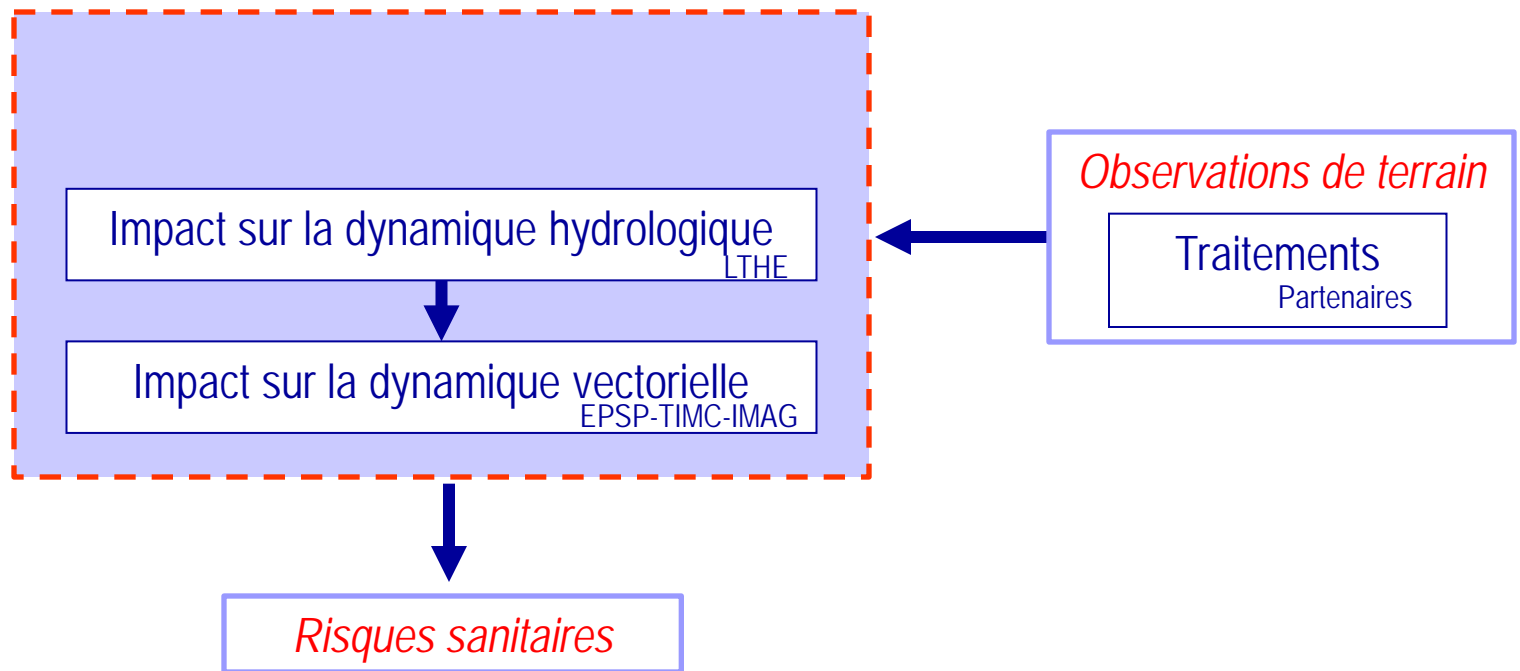
(Définitions de schémas statistiques de désagrégation à partir des simulations MM5)

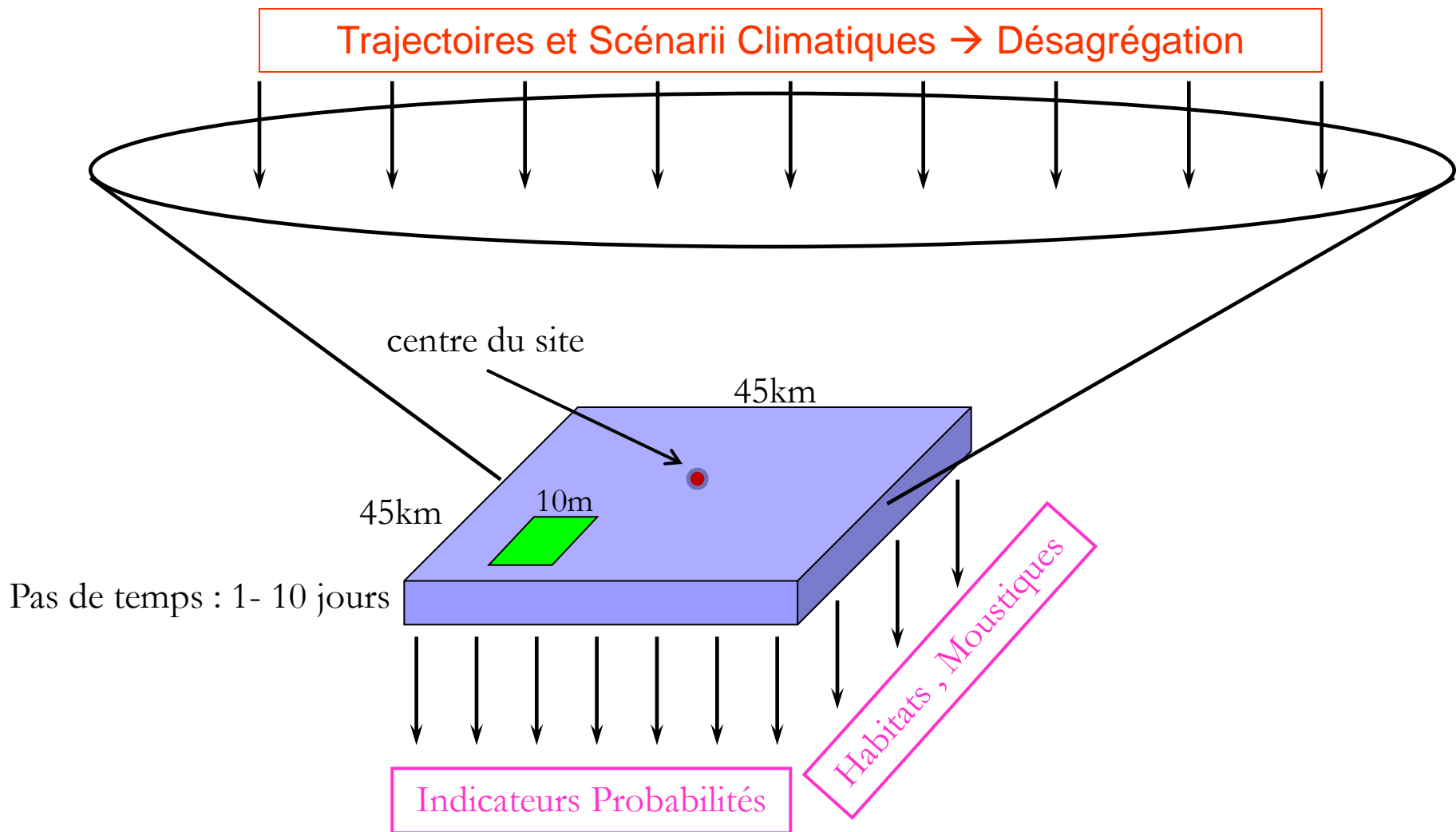
Ce travail montre que

- Le modèle produit dans une certaine mesure un climat différent de celui prescrit aux bornes du domaine
- A l'inverse, les biais du GCM peuvent être aussi renforcés au sein du modèle régional.

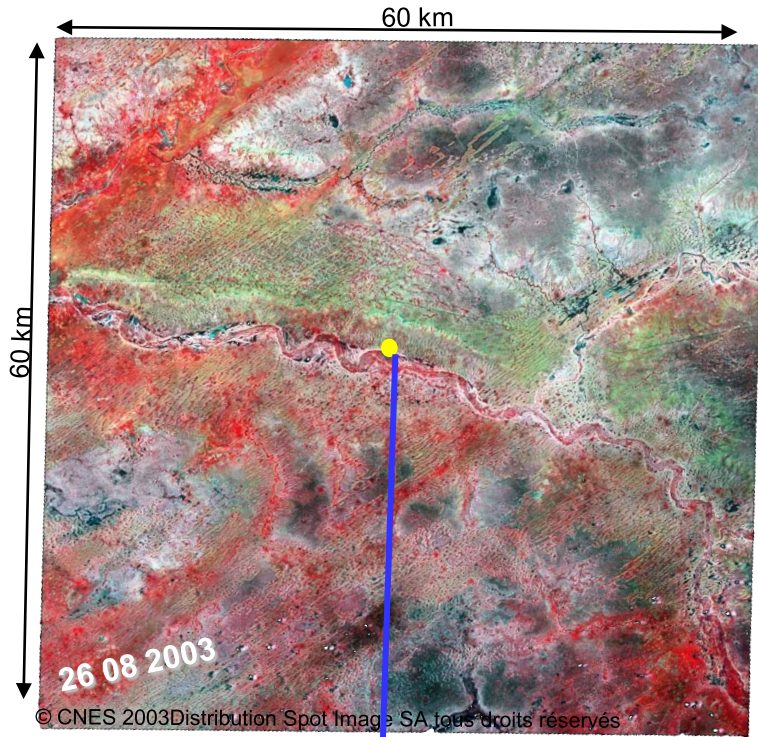
Les champs de pluie obtenus pour la fin du XXI^e siècle posent la question des incertitudes liées au changement climatique en Afrique de l'Ouest (Orgeval et Polcher, 2006, Joly et al., 2008).

→ Même si MM5 offre plus de réalisme durant la période contemporaine on ne peut être sûr du scénario produit pour la fin de siècle.





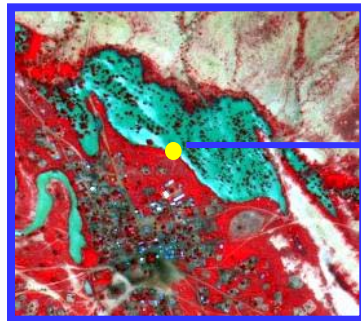
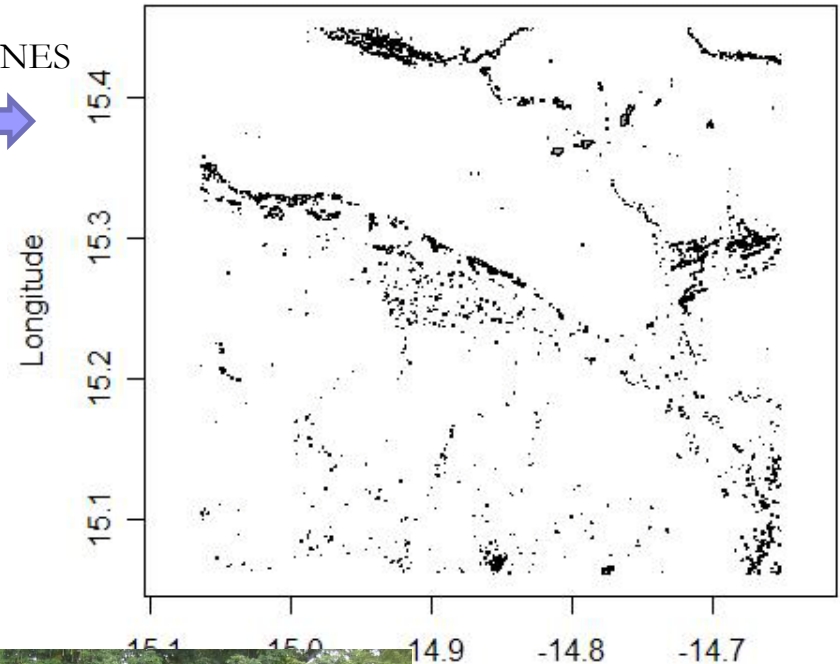
ACCIES ► Petites Echelles : la Scène, système de mares



MEDIAS/CNES



Mosaic de mares de Barkedji, 26/08/2003



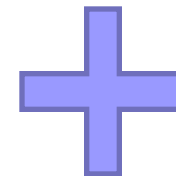
Barkedji



Latitude

1345 mares
résolution = 100 m²

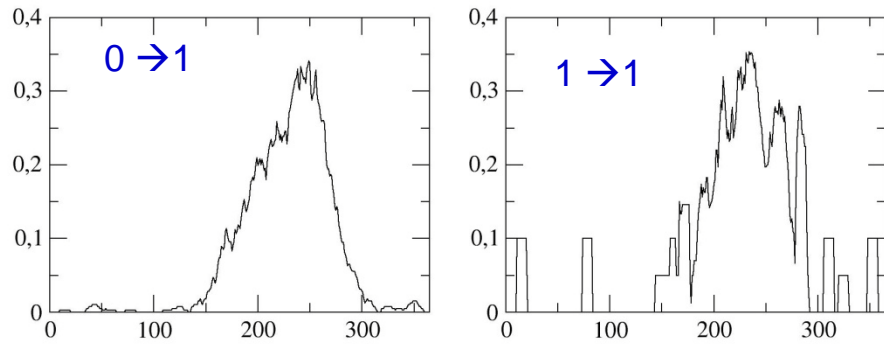
terrain



**Modélisation
spatio – temporelle :**
(processus de Markov, dist.
Gamma)

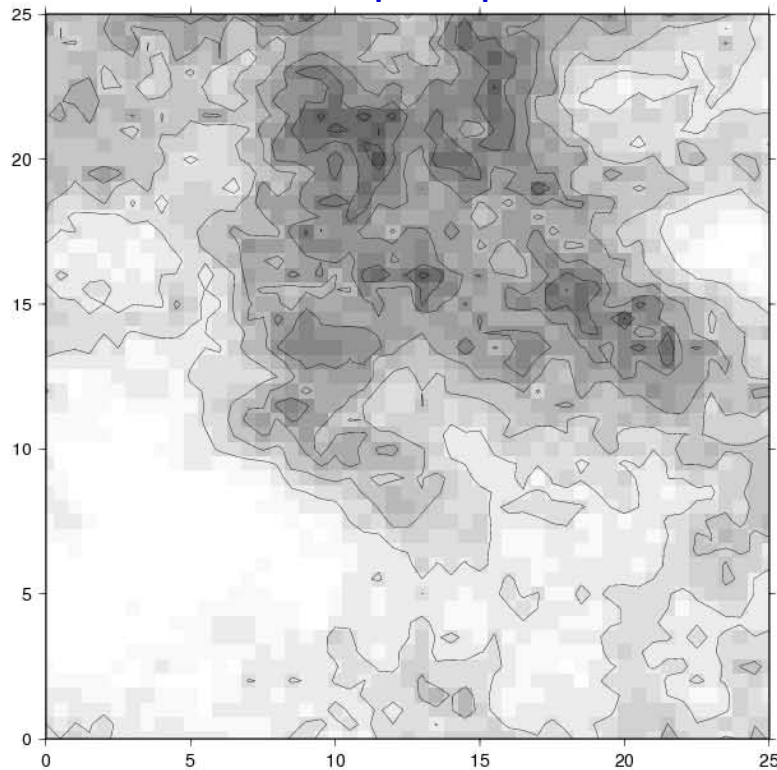
ACCIES ► Résultat 1 : Pluies et Ruissellement (LTHE)

probabilités de pleuvoir

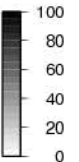
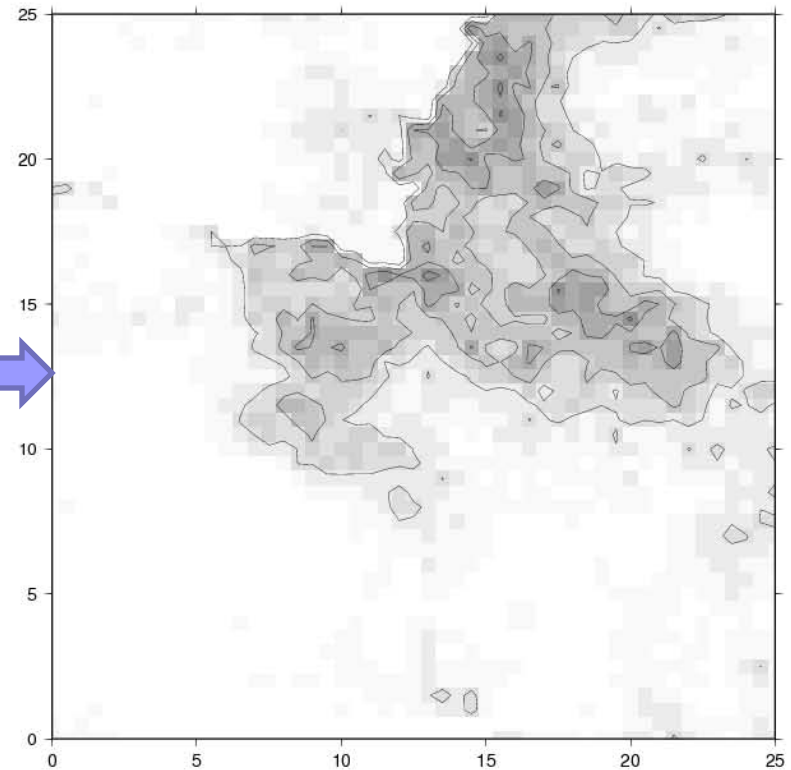


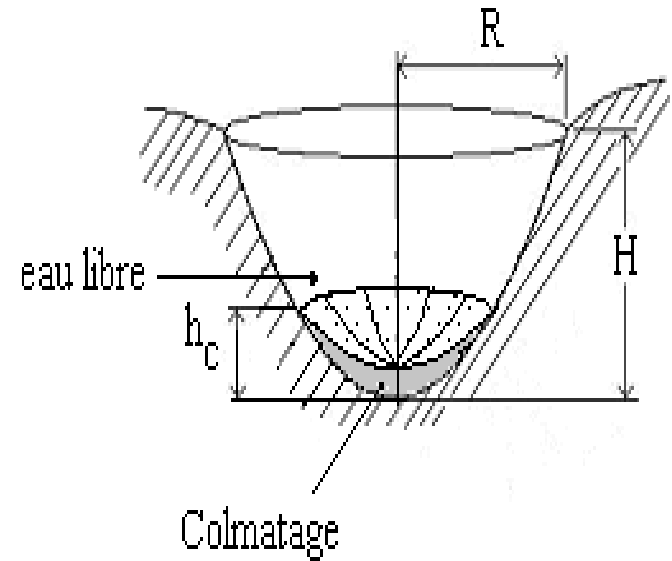
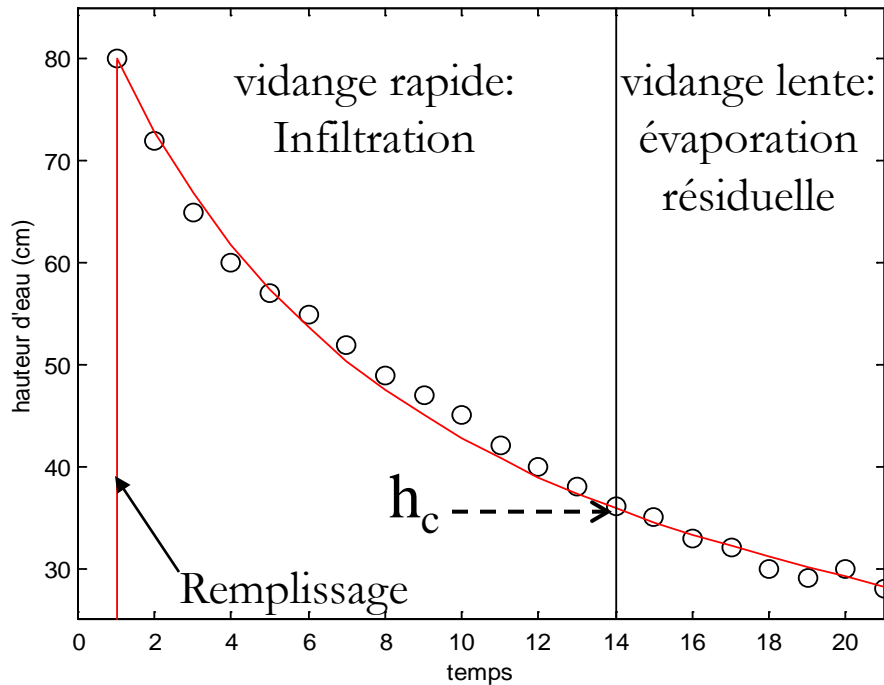
résolution = 1 m
pas de temps = 1 jour

champ de pluie



ruissellement

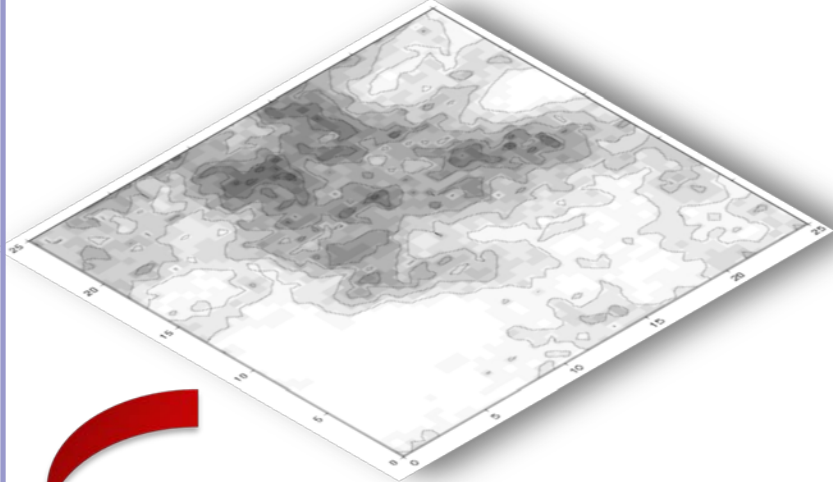




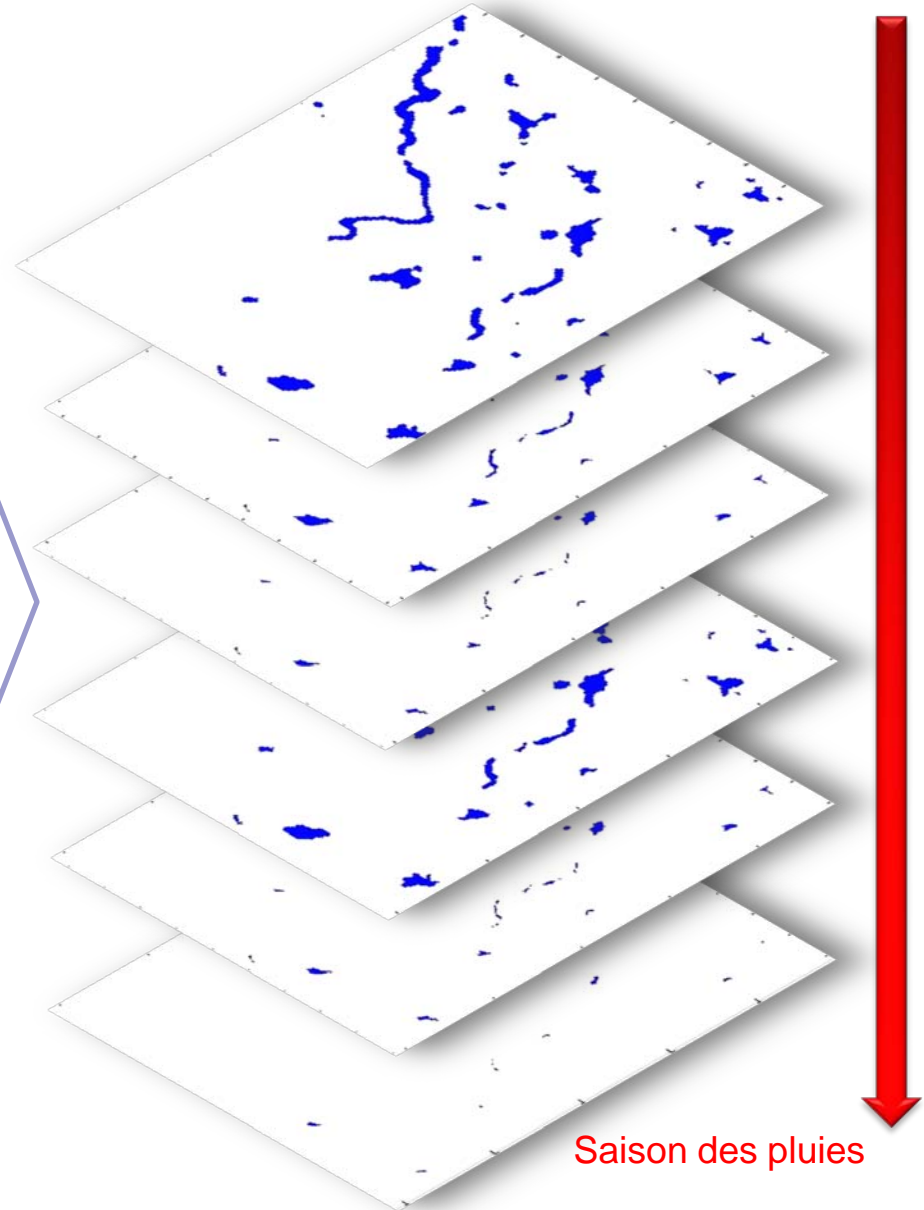
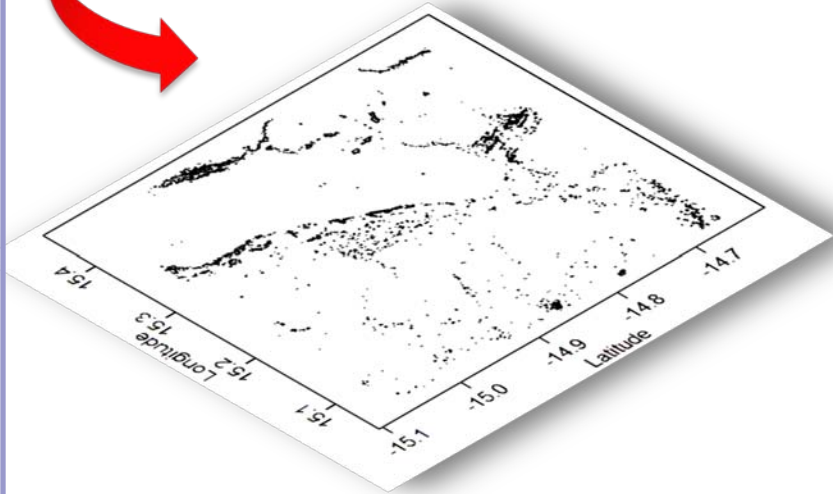
$$\frac{dh}{dt} = -[\text{infiltration} + \text{évaporation}] + [\text{pluie} + \text{ruissellement}] \delta(t - \tau) ; \quad h \geq h_c$$

$$\frac{dh}{dt} = -[\text{évaporation}] + [\text{pluie} + \text{ruissellement}] \delta(t - \tau) ; \quad h < h_c$$

Chronicle of rainfall fields

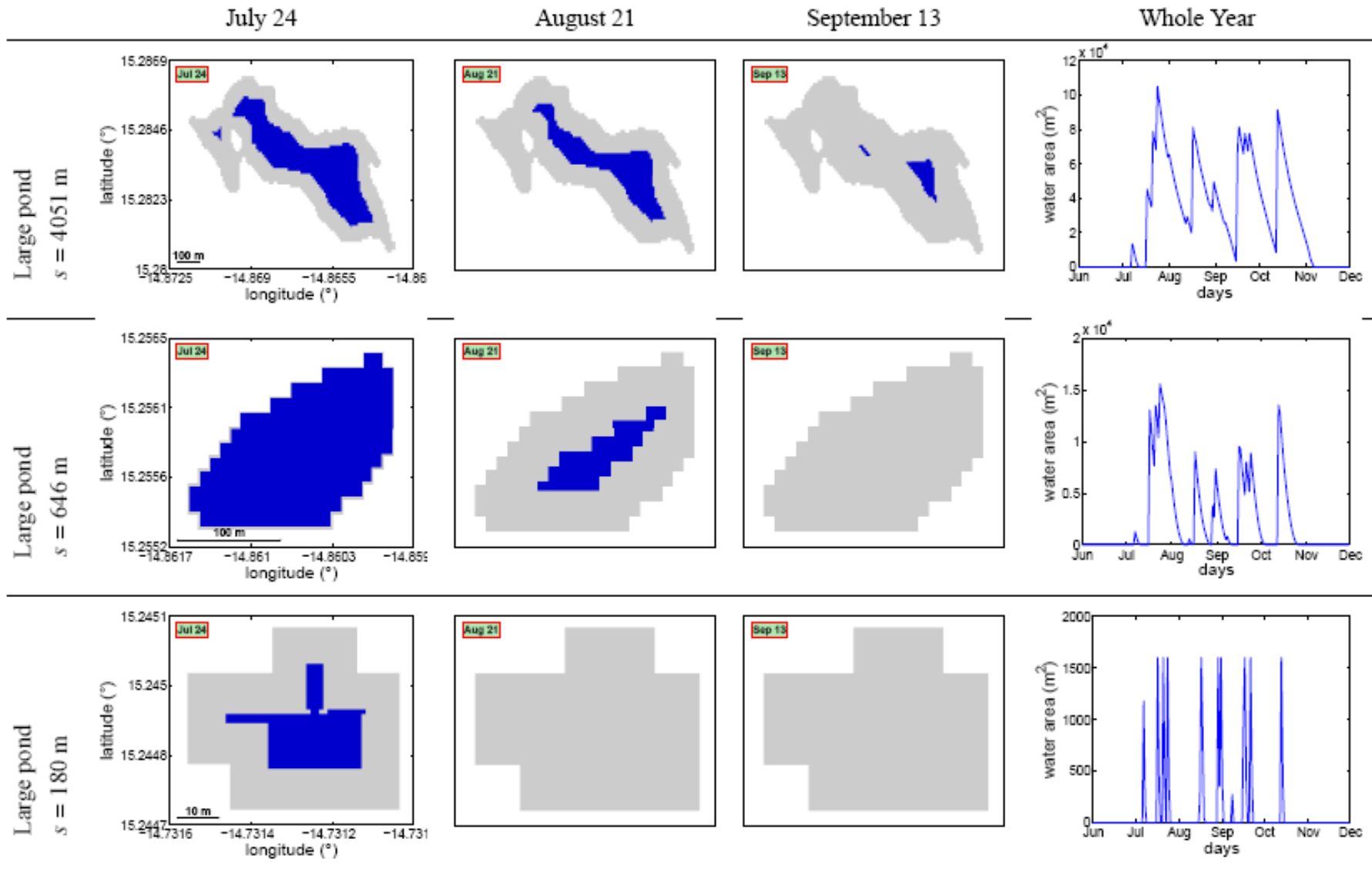


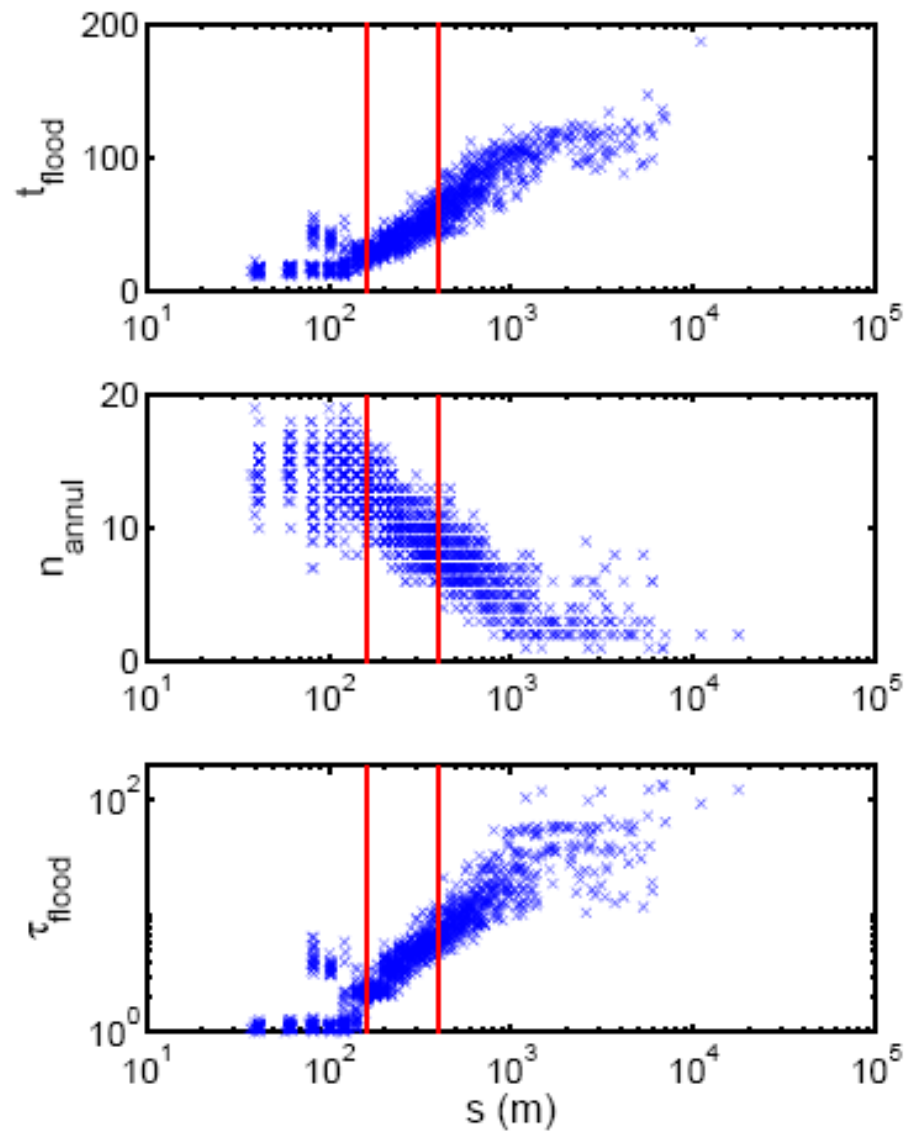
Chronicle of aquatic breeding site



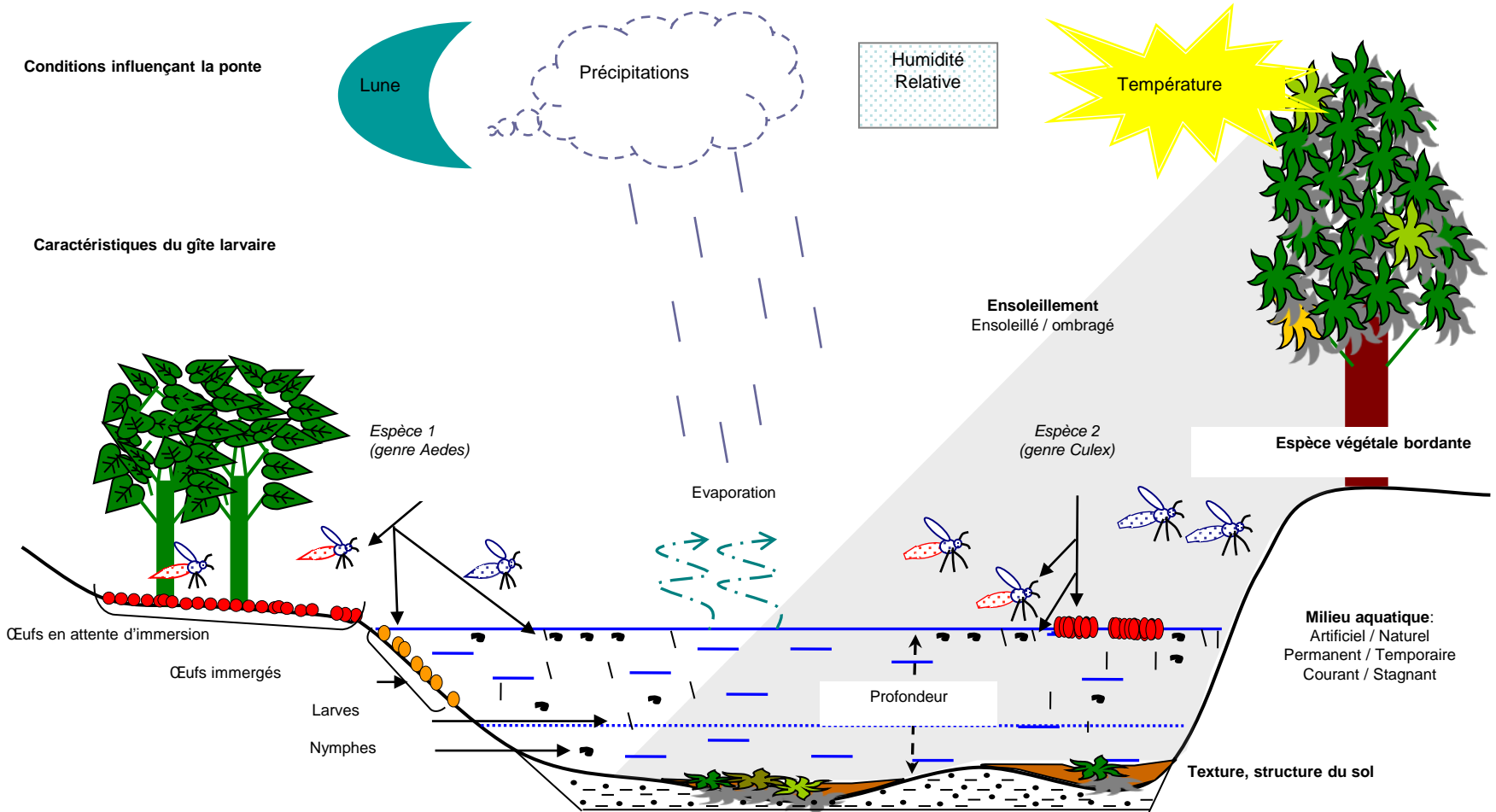
Saison des pluies

ACCIES ► Résultat 2 : Dynamique Spatio-temporelle des mares



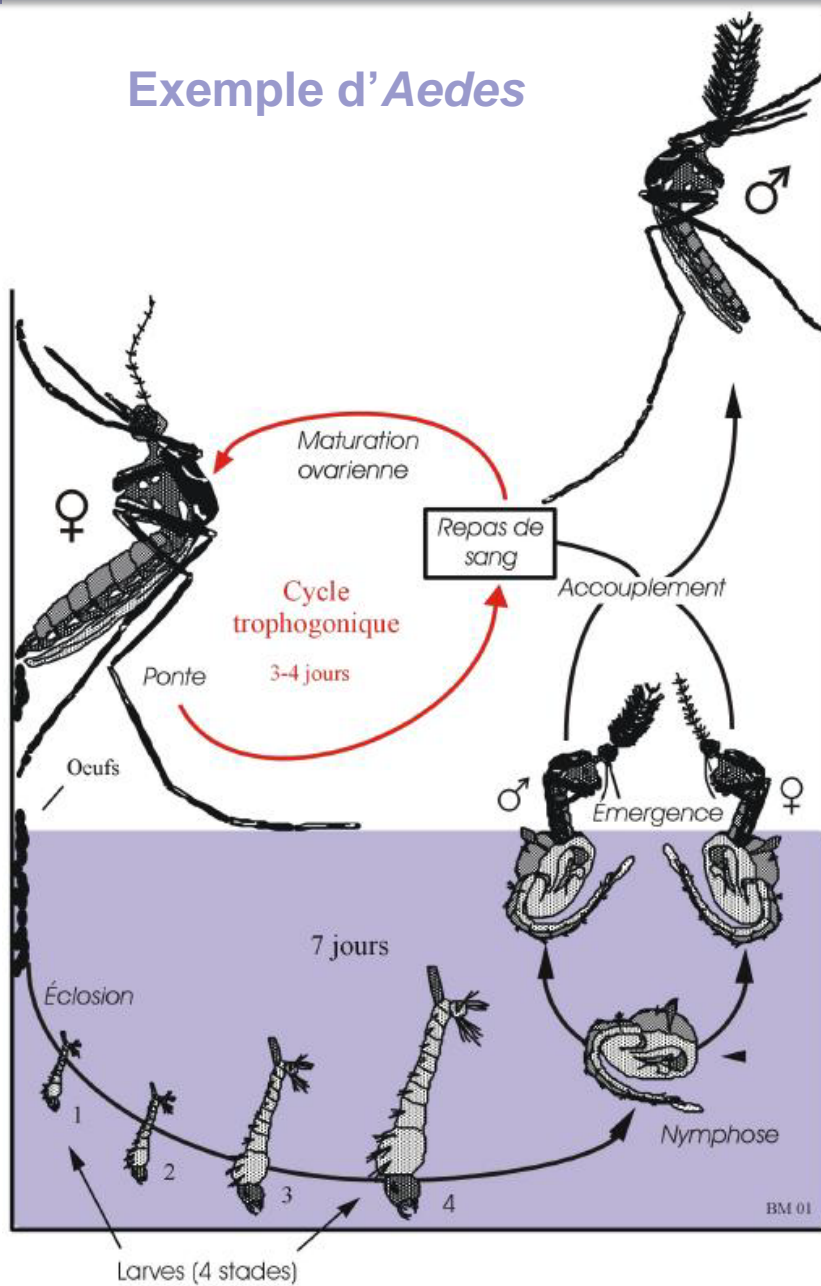


ACCIES ► Mare = Modèle d'Unité Environnementale (EPSP)

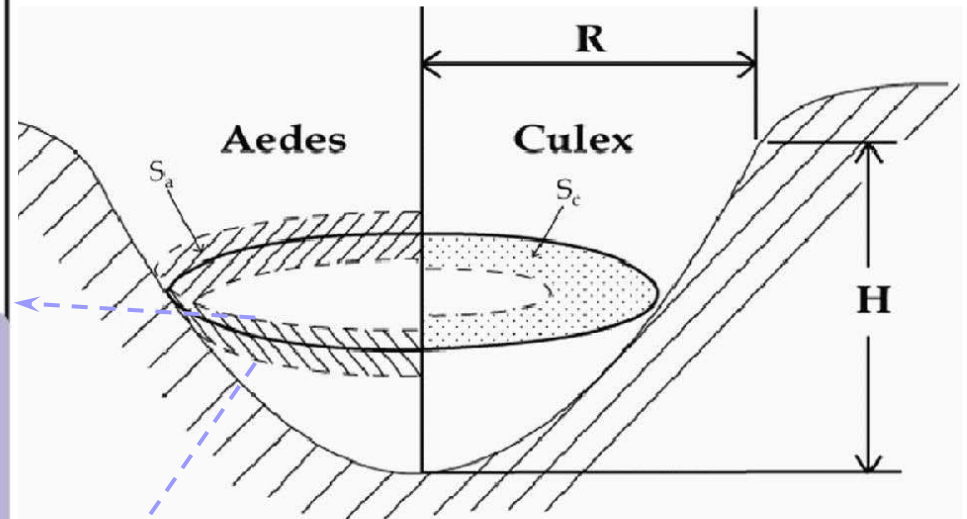


J. Pradel & D. J. Bicout

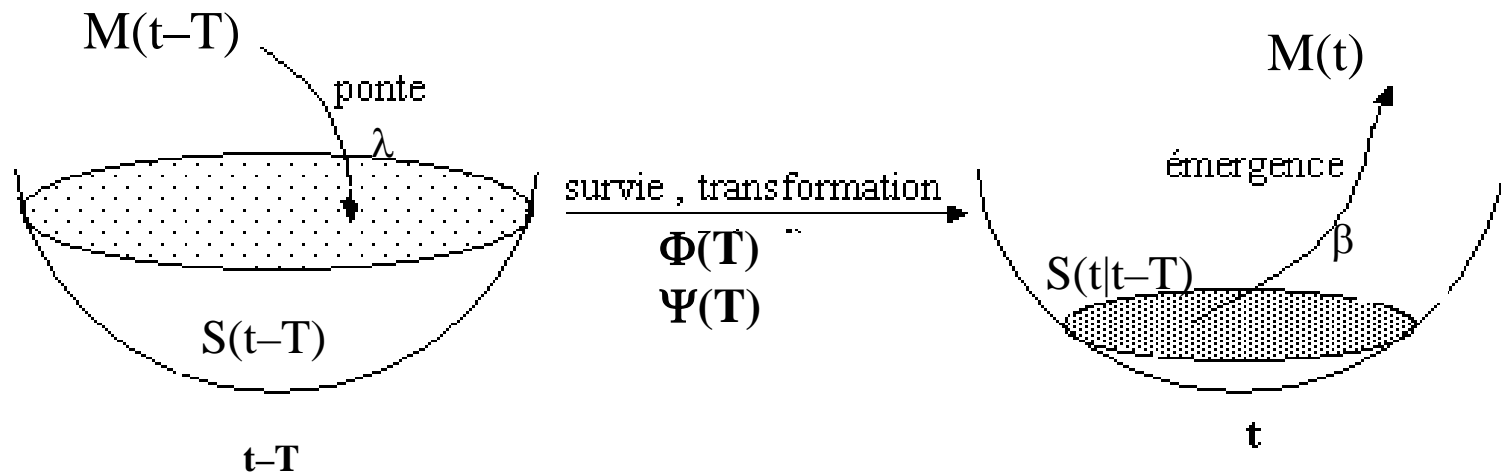
Exemple d'*Aedes*



Cycle Biologique des Vecteurs



$$M(t) \propto \int_T^t d_1 e^{-\alpha(t-t_1)} \chi(t_1, T) d_1 \quad (M \text{ et } T)$$

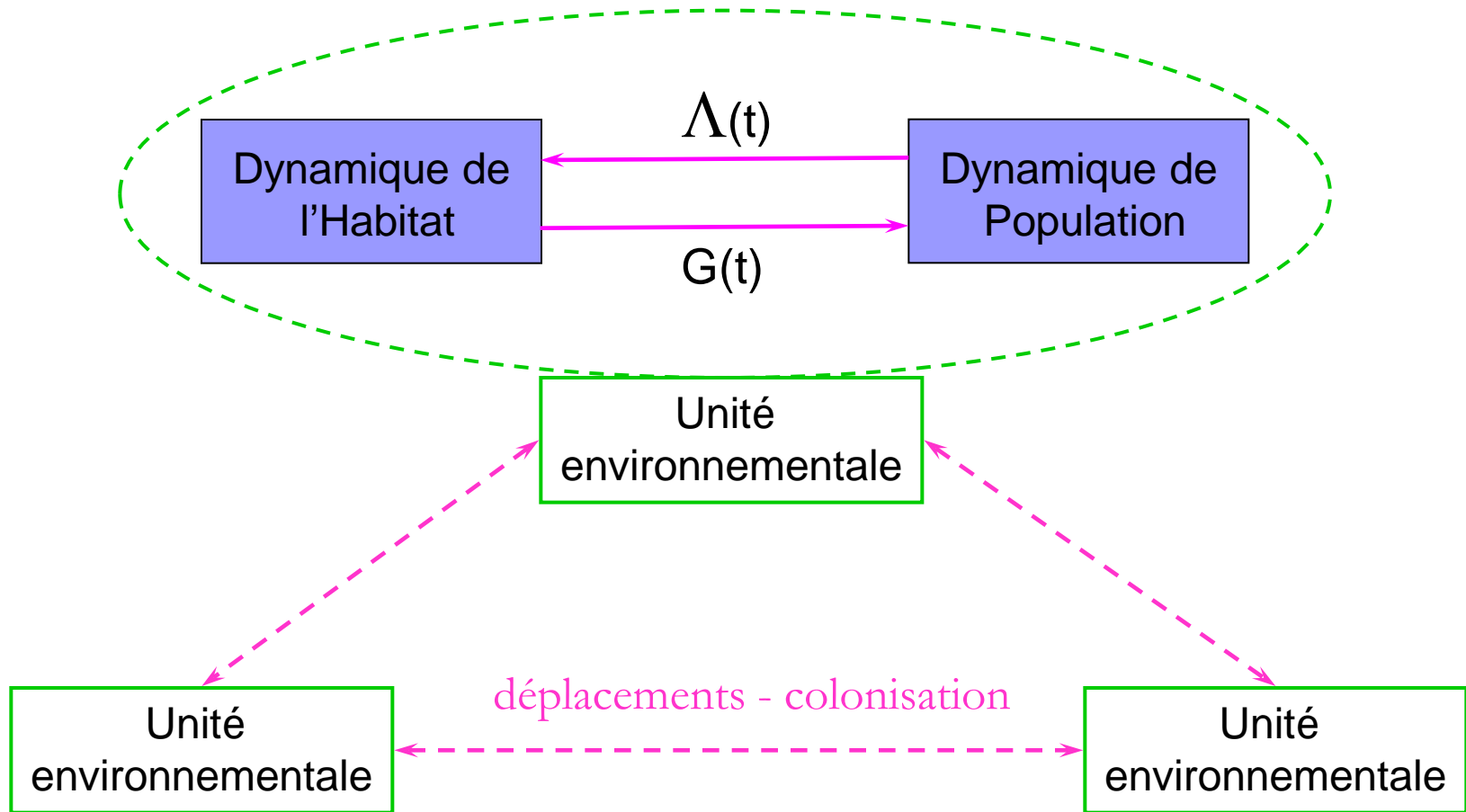


$$\sigma = \beta \lambda S_m \Phi(T)$$

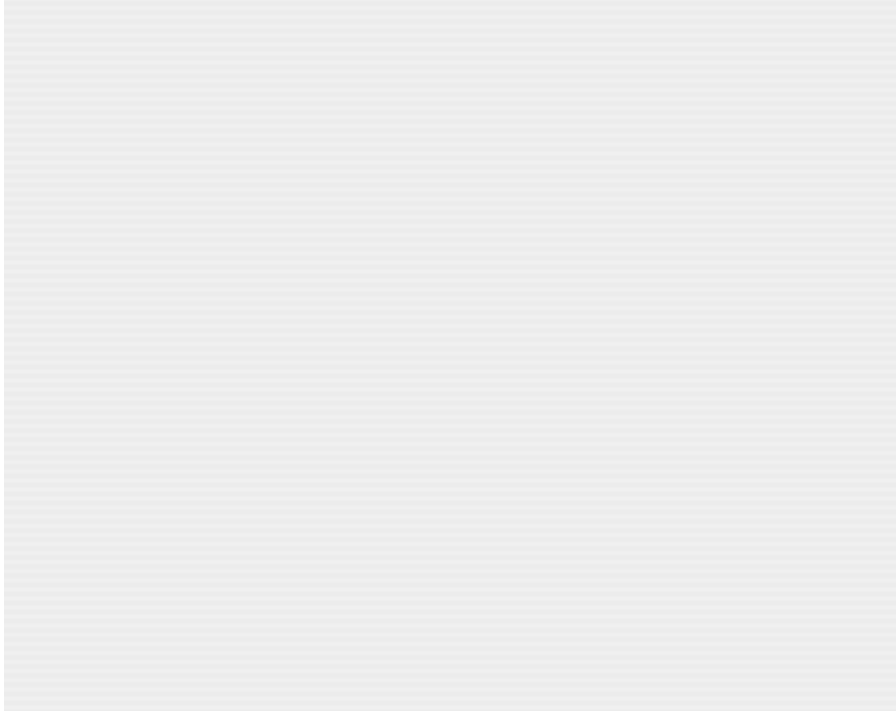
Capacité de Production

$$\chi(t, T) = \frac{S(t|t-T)S(t-T)}{S_m^2}$$

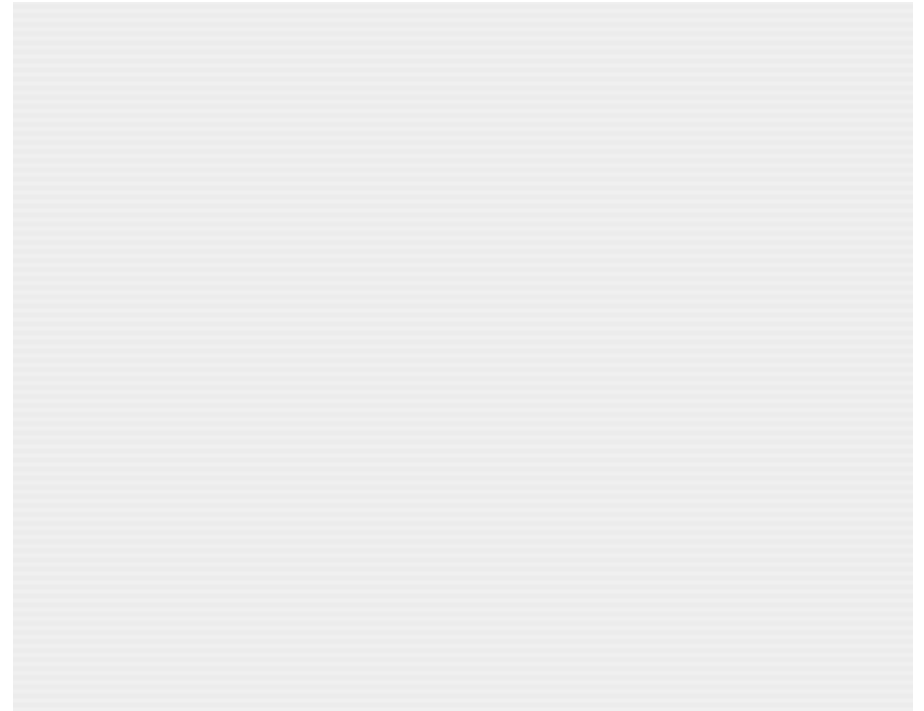
Susceptibilité de Production



Aedes

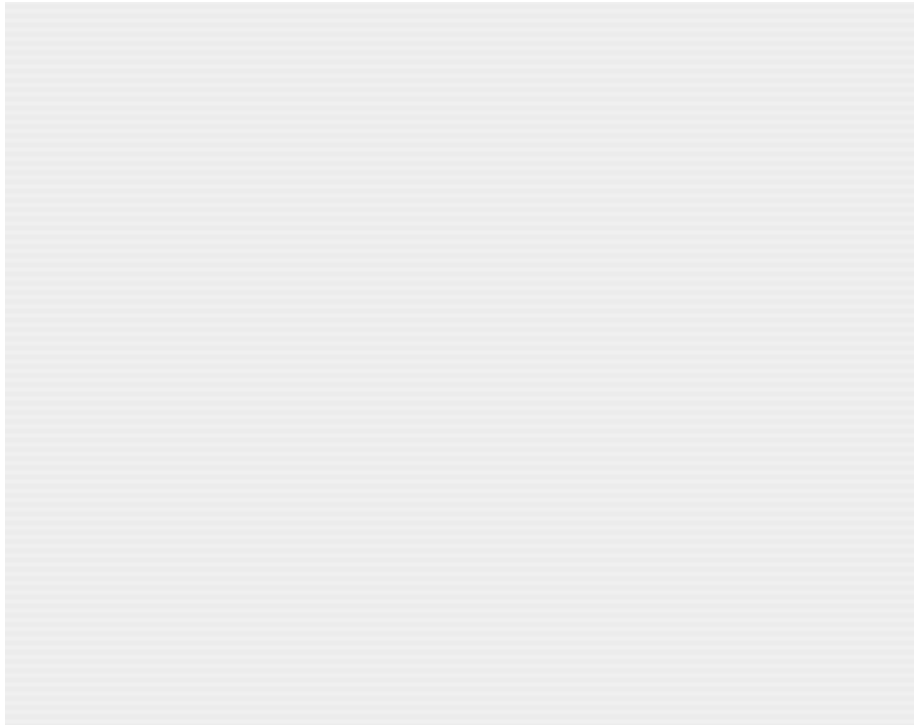


Culex, Anopheles

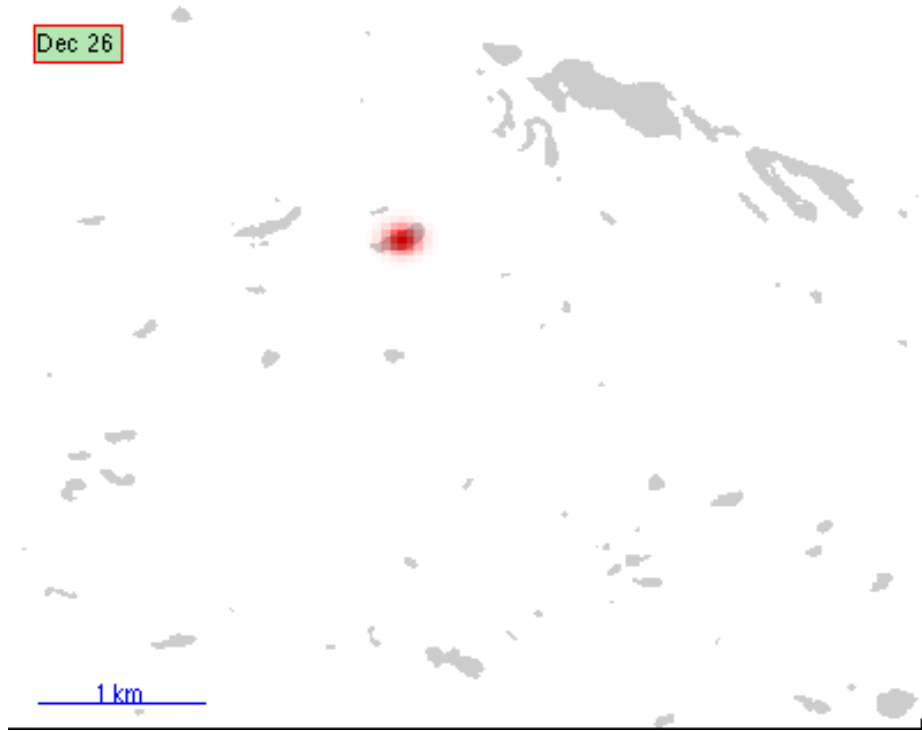


production des vecteurs au cours du temps sur 1 année

Aedes



Culex, Anopheles

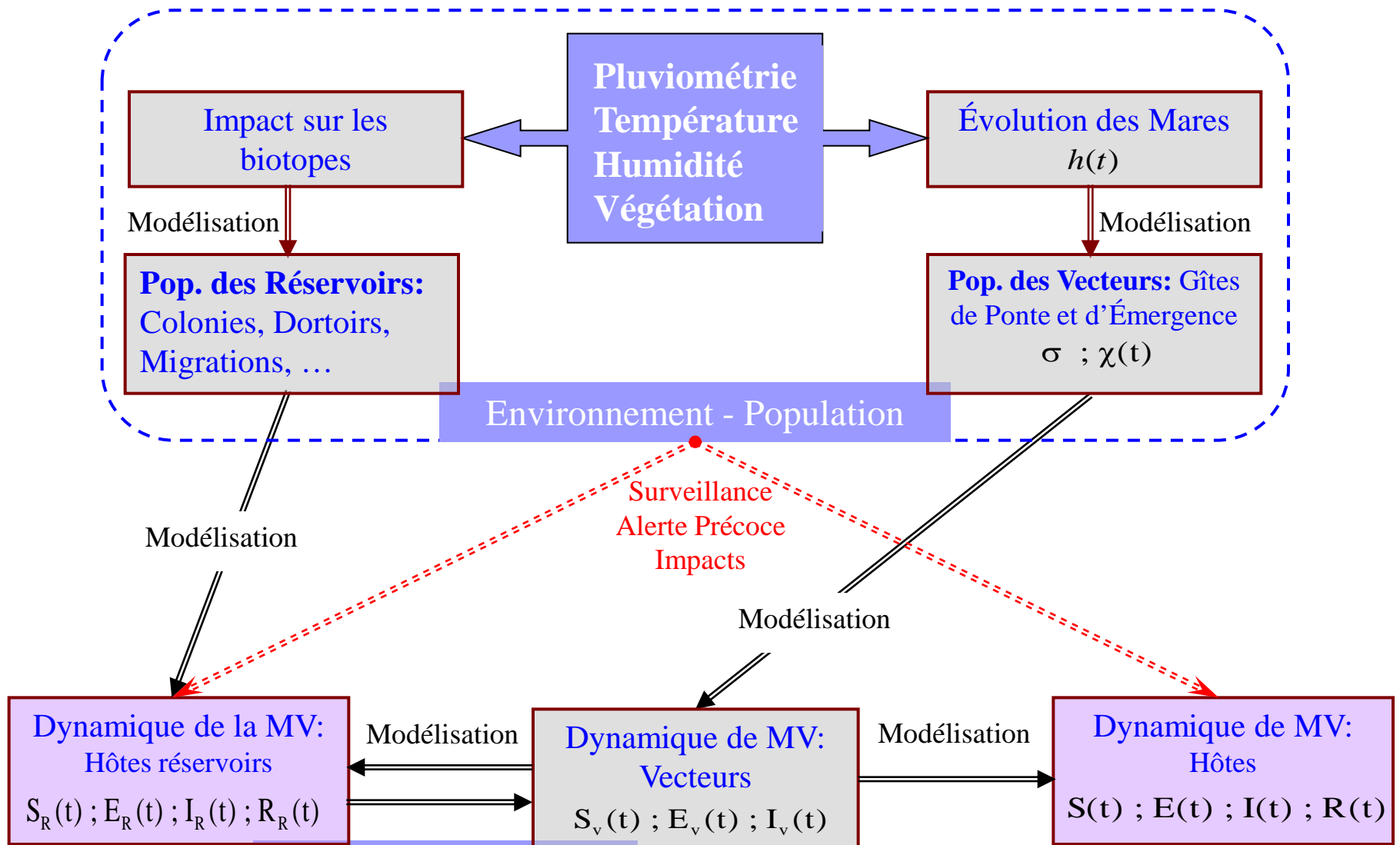


Probabilité de production des vecteurs au cours du temps sur 1 année

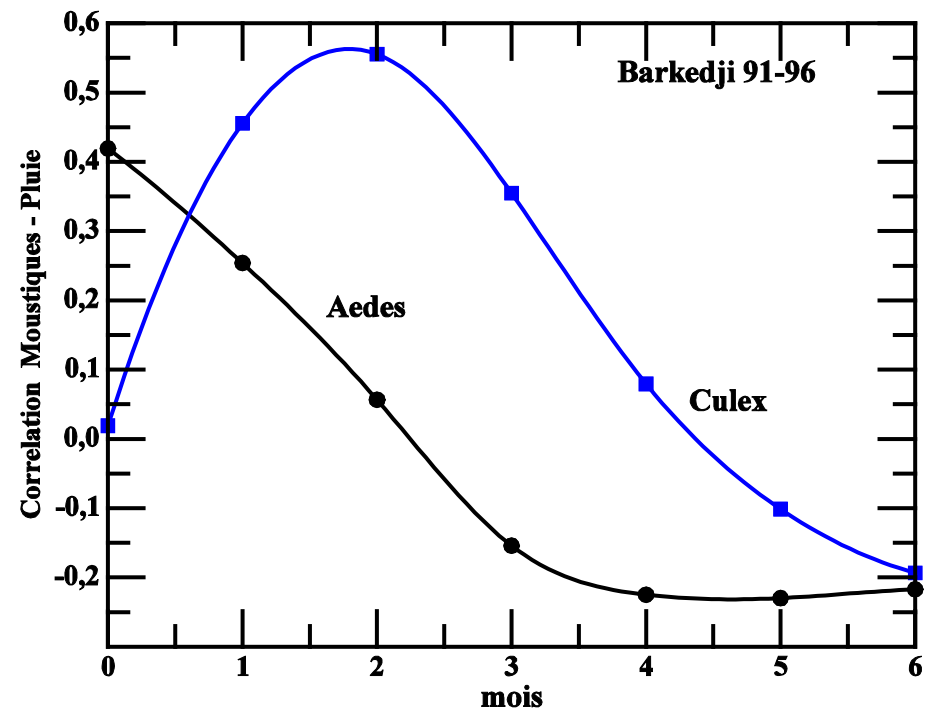
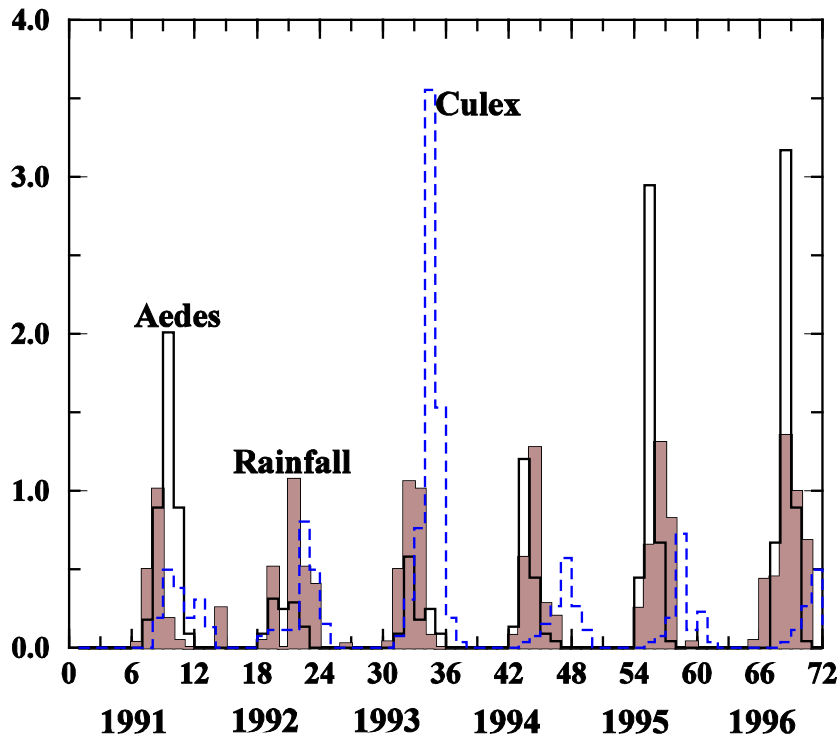


LA SUITE ..., PISTES DE TRAVAIL

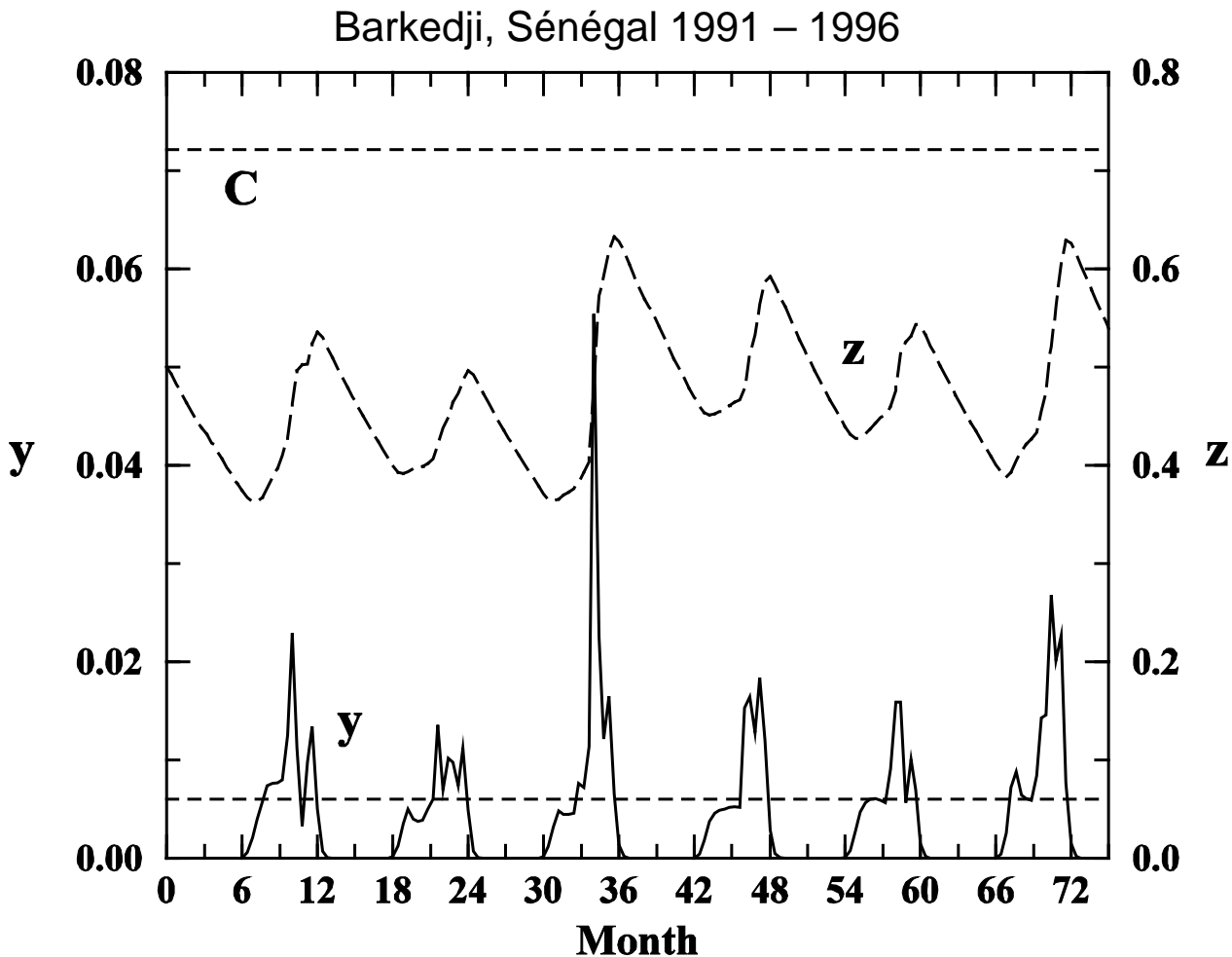
Dynamiques Hôtes – MV – Vecteurs – Environnement



Relations Pluie – Épisodes de RVF

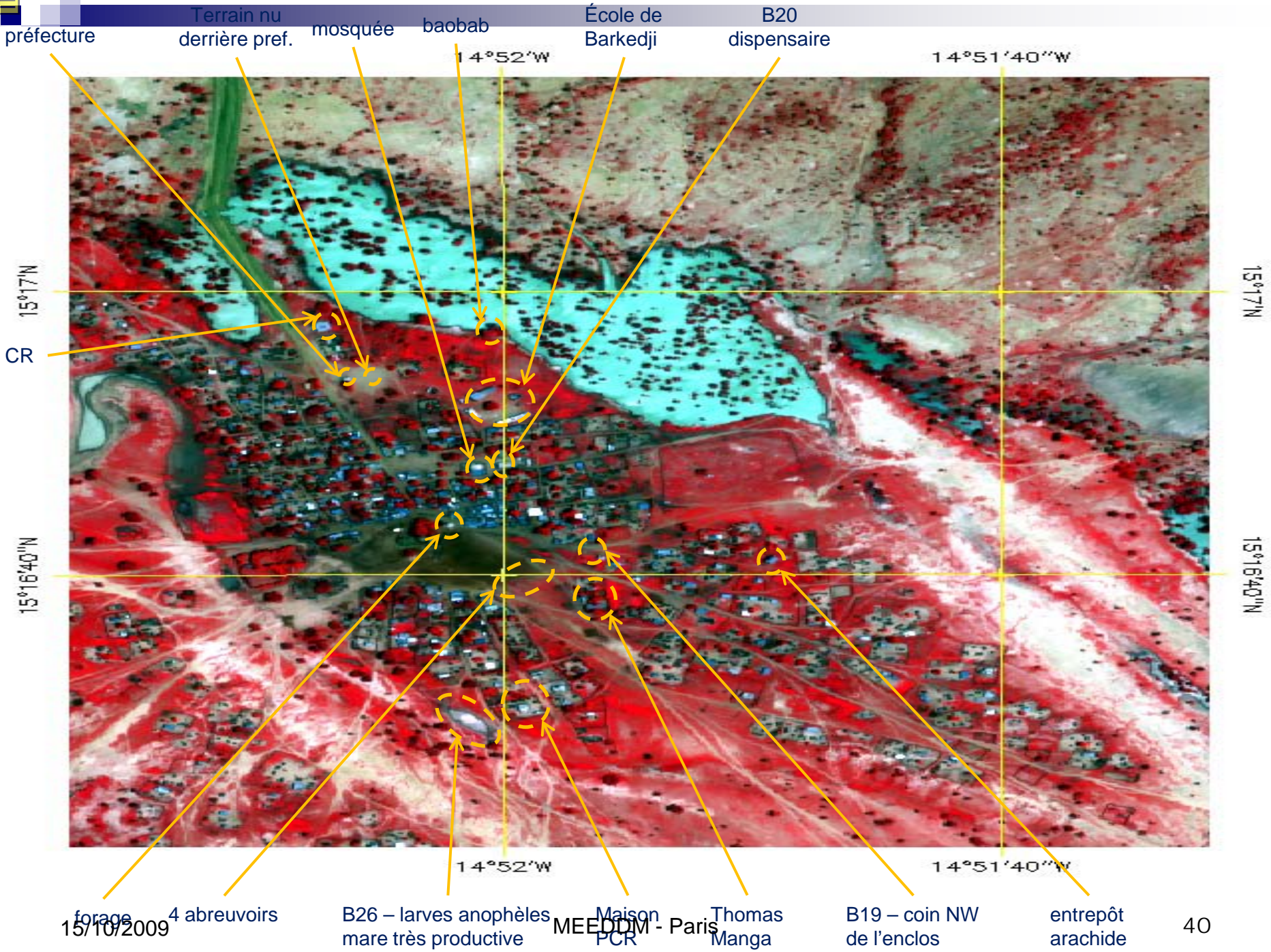


De la Pluie à la Mare et à l'Epidémie



Impact de la mare sur l'incidence?
•Vecteurs = Moustiques •Habitat = Mare
•Environnement → Mare •Mare → Abondance de vecteurs •Abondance de vecteurs → Epidémie
Mare ⇒ Epidémie

Bicout & Sabatier, *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 4 (2004) 33 – 42.





Piste 2 ► Incertitudes, Variabilités et des Autres Scénarii

Piste 3 ► Réaliser la Chaîne d'Evaluation des Impacts

- sur tous les Sites
- Comparer les Sites
- Sensibilité des Sites aux Scénarii

- Post-doctorants (3)
 - Sivarajan Sijikumar; Martin Gerboux; Thomas Balenghien
- Doctorants (2)
 - Jennifer Pradel ; Moussa Fane (en cours)
- Masters (5)
 - Catalina Cidric, Mathias Vautrin; Mamadou Ndiaye Samba, Ariane Payne, Alexandre Eyraud-Griffet
- Groupe ACCIES
 - EPSP/TIMC-IMAG
 - LTHE,
 - CRC,
 - CNRM
 - CERFACS
 - Fondation Sansouire (FS)
 - Malaria Research and Training Center (MRTC),
 - Institut Pasteur de Dakar (IPD)
 - Centre de Suivi Ecologique (CSE)