



**Analyses Multidisciplinaires de la Mousson Africaine**

**Présentation**

**Les Groupes de Travail AMMA  
dédiés à l'étude des impacts**

**Mai 2007**



---

## **Préambule :**

Ce document a été réalisé à l'attention du Département EDD du CNRS qui soutient le projet AMMA.

Il comprend :

- une présentation générale incluant celle des Groupes de Travail coordonnés dans l'API-AMMA, financé par les différentes agences françaises (CNRS/INSU & EDD, IRD, CNES, Météo-France).
- une présentation des Groupes de Travail dédiés à l'étude des impacts socio-économiques de la variabilité de la Mousson Africaine est donnée.

Pour des détails sur les autres activités, on pourra se reporter au document demande API 2007 disponible sur le site web AMMA-France :

<http://amma.mediasfrance.org/france>



## Table de matières

<b><u>1 PRESENTATION GENERALE D'AMMA</u></b>	<b>1</b>
<b>1.1 INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>1</b>
<b>1.2 ORGANISATION AMMA-FRANCE</b>	<b>3</b>
<b>1.3 LES OBSERVATIONS DANS AMMA</b>	<b>6</b>
<b><u>2 PRESENTATION GENERALE DES GROUPE DE TRAVAIL IMPACTS D'AMMA-FRANCE</u></b>	<b>10</b>
<b><u>3 GROUPE DE TRAVAIL « IMPACTS AGRONOMIQUES » (GT3.1)</u></b>	<b>12</b>
<b><u>4 GROUPE DE TRAVAIL « IMPACTS SANTE » GT3.2</u></b>	<b>19</b>
<b><u>5 GROUPE DE TRAVAIL « IMPACTS SUR LA GESTION DES RESSOURCES NATURELLES » (GT3.3)</u></b>	<b>26</b>

---





# **1 Présentation générale d'AMMA**

## **1.1 Introduction générale**

Le projet AMMA (Analyses Multidisciplinaires de la Mousson Africaine) est un projet international dont l'objectif est d'améliorer notre connaissance et notre compréhension de la Mousson de l'Afrique de l'Ouest (MAO) et de sa variabilité de l'échelle journalière à l'échelle interannuelle et, au-delà, aux échelles décennales. Ce projet est motivé, d'une part, par des problématiques scientifiques fondamentales – notamment en ce qui concerne les interactions dans un système complexe de cette nature ; et, d'autre part, par un très fort besoin sociétal pour disposer de meilleures prévisions des différentes composantes de la MAO – en particulier la pluviométrie, le cycle hydrologique et les transports de poussière. Ces prévisions sont notamment indispensables pour aider les populations à gérer les impacts associés à une forte variabilité climatique dans un contexte de pression démographique toujours plus prononcée : dégradation des sols, baisse des rendements agricoles, raréfaction des ressources en eau, résurgence ou renforcement de certaines endémies et épidémies.

Le changement global du climat risque de renforcer l'amplitude des fluctuations de la MAO dans la région et donc d'accroître la vulnérabilité des sociétés africaines. Cette conjonction de facteurs a poussé la communauté scientifique à impulser la recherche multidisciplinaire nécessaire pour fournir des prévisions améliorées de la MAO, préalable indispensable à l'évaluation de ses impacts. A cette fin, trois grands objectifs ont été fixés:

- (1) Améliorer notre compréhension de la mousson africaine depuis l'échelle des processus élémentaires contrôlant la mousson et de leurs interactions, jusqu'aux échelles, au-delà de l'Afrique de l'Ouest, auxquelles la MAO influence la dynamique et la composition de l'atmosphère;
- (2) Produire les connaissances nécessaires pour relier la variabilité du climat aux problèmes de santé, de ressources en eau et de sécurité alimentaire de l'Afrique de l'Ouest et définir des stratégies de surveillance appropriées;
- (3) Faire en sorte que les résultats des recherches multidisciplinaires d'AMMA soient effectivement intégrés dans les activités de prévision et de décision.

Pour atteindre ces objectifs, AMMA s'appuie sur une forte coordination internationale de différentes activités incluant des recherches fondamentales et des campagnes de mesures menées sur plusieurs années. A travers ces activités, et pour les favoriser, AMMA s'attache à resserrer le partenariat entre centres de recherche, centres de prévision opérationnelle et décideurs Africains.

La compréhension de la MAO et l'identification et la quantification de l'impact des fluctuations inter-annuelles et à long terme de la MAO requièrent d'accorder une importance particulière aux questions d'échelle. En effet, alors que la MAO est un système climatique régional dont la prévision s'effectue à l'aide de modèles de grande échelle, les effets de sa variabilité se font sentir localement de manière très contrastée, en fonction des facteurs environnementaux et humains. L'intégration disciplinaire recherchée dans AMMA passe donc par une grande attention portée à la définition des échelles d'études pertinentes et aux problèmes météorologiques et méthodologiques qui apparaissent dès que l'on cherche à mettre en relation des effets locaux avec la variabilité d'un système régional.

Pour tenir compte de ces problématiques foncièrement multi-échelles, le programme AMMA est structuré autour de quatre échelles spatiales:

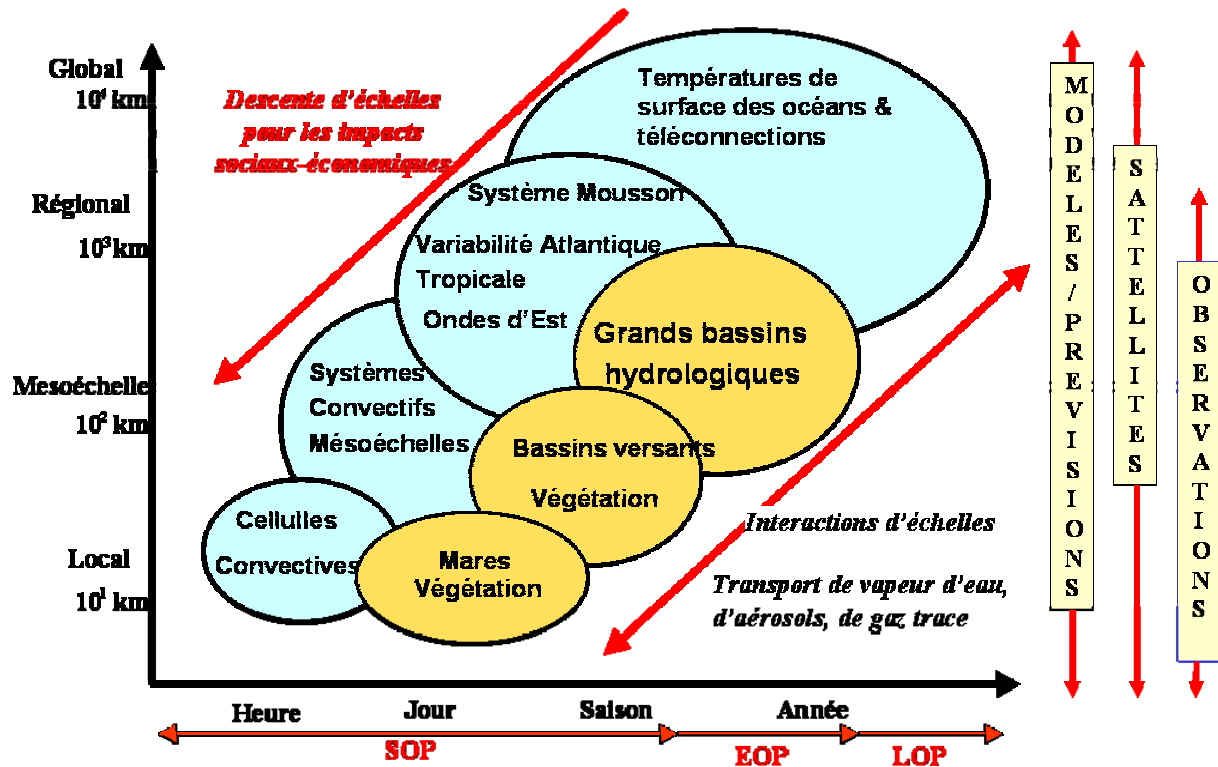


Figure 1.1. Les échelles d'intérêts de la Mousson Africaine en regard de ses processus clés et de ses composantes.

**Echelle globale.** C'est l'échelle à laquelle la MAO interagit avec le reste du globe. A cette échelle, AMMA se focalise sur le rôle des anomalies de températures de surface de la mer globales sur la variabilité de la MAO et sur l'impact de cette variabilité sur les processus dynamiques et l'export à grande distance de composés atmosphériques (particules et gaz) sur l'Atlantique tropical. On cherche également à cerner l'origine des variabilités saisonnière à décennale des différents facteurs qui conditionnent la dynamique de la mousson et l'abondance des pluies associées.

**Echelle régionale.** Les processus régissant les interactions d'échelles internes à la mousson doivent être étudiés à cette échelle. L'accent est mis sur la compréhension des interactions entre l'atmosphère, la surface continentale et l'océan (spécialement dans le Golfe de Guinée). On étudiera, par exemple, le rôle des rétroactions des surfaces continentales sur la variabilité de la MAO. C'est aussi l'échelle caractéristique des processus de transport des composés atmosphériques par la MAO. Cette échelle spatiale permet une étude plus fine des cycles moyens annuels et saisonniers, ainsi que de leurs fluctuations interannuelles.

**Mésoéchelle.** C'est l'échelle des systèmes convectifs précipitants, composante météorologique majeure de la MAO. Cette échelle est centrale pour l'étude de la variabilité des précipitations à l'échelle saisonnière et le couplage entre hydrologie et atmosphère à l'échelle des bassins versants. Le rôle de ces systèmes convectifs dans le transport à haute altitude des aérosols et des composés chimiques est également un point central des études menées à cette échelle.

**Echelle sub-méso (<10km).** D'un point de vue atmosphérique, c'est l'échelle des cellules convectives auxquelles correspondent les maxima de précipitation. A ce titre c'est l'échelle centrale pour les études de processus microphysiques et dynamiques conduisant à la formation de précipitations et l'hydrologie des petits bassins versants, qui est déterminante pour les applications en agronomie, les ressources en eau et la propagation des maladies liées au cycle de l'eau (notamment le paludisme). C'est également l'échelle d'étude principale pour les processus liés à la végétation naturelle et cultivée.



## **1.2 Organisation AMMA-France**

Face aux défis scientifiques des aspects multi-échelles et multi-disciplinaires, les coordinations tant française, européenne qu'internationale mettent fortement l'accent sur les aspects intégrateurs d'AMMA à travers:

- Une structuration mettant en priorité les Groupes de Travail (noté GT ou WP par la suite) intégrateurs et la mise en œuvre de groupes et ateliers dédiés. C'est un travail de coordination de longue durée qui se doit d'attirer peu à peu plus de chercheurs spécialisés sur les processus à travailler sur ces aspects intégrateurs. L'atelier AMMA de Dijon (20-24 Septembre 2004) a été une étape importante dans ce processus. La mise en place de Groupes de travail intégrateurs internationaux par l'ISSC (International Scientific Steering Committee) et la focalisation sur ces aspects de la première conférence AMMA (Dakar fin 2005) montrent cette volonté des coordinateurs et sont des éléments structurants.
- Une production et mise à disposition de produits géophysiques satellitaires multi-échelles et multi-disciplinaires
- Une mise en place de réseaux intégrés (disciplines et échelles) de mesures en surface
- Une mise en œuvre de mesures aéroportées coordonnées entre les aspects dynamique aérosols et chimie, le lien central étant le transport par les systèmes convectifs et la MAO mais les aspects radiatifs étant très importants.
- Une mise en œuvre de modélisations couplées des différentes sphères d'AMMA des échelles des processus qui permettra d'adresser directement les problèmes d'intégration des échelles et des disciplines.

### **1.2a Les Groupes de Travail**

#### Les Groupes 1.x intégrateurs

Dans le domaine géophysique, les enjeux scientifiques majeurs du projet AMMA s'organisent autour de 3 sujets fédérateurs auxquels correspondent 3 Groupes de Travail GT1.x:

- GT1.1: Les interactions de la MAO et du climat global du point de vue de la dynamique du système couplé O-A-L et de la chimie atmosphérique (Coordinateur : S. Janicot LO-CEAN)
- GT1.2: Le cycle de l'eau associé à la MAO (Coordinateur : C. Peugeot HSM)
- GT1.3: Le couplage atmosphère et surfaces continentales (Coordinateur J. Polcher LMD)

#### Les Groupes 2.x processus

Contribuant à ces GTs fédérateurs, des recherches spécifiques sur les processus sont nécessaires dans quatre grands domaines abordés par les GTs 2.x suivant:

- GT2.1: L'atmosphère et ses processus nuageux convectifs et précipitants (Coordinateur : JP Lafore CNRM-GAME)
- GT2.2: Les processus d'échanges océaniques qui contribuent à la MAO (Coordinateur : B. Bourles LEGOS)
- GT2.3: Les processus physique et biophysique des surfaces continentales (Coordinateur : E.. Mougin CESBIO)
- GT2.4: Les aérosols et la chimie atmosphérique (Coordinateur: C. Mari LA)



### Les Groupes 3.x applications-impacts

Les applications et études d'impacts sont l'un des enjeux ultimes d'AMMA. Ces travaux sont coordonnés depuis fin 2004 au sein des actions API-AMMA sous la forme de trois GTs 3.x :

- GT3.1 : Agronomie (Coordinateur : B. Sultan LOCEAN)
- GT3.2 : Santé publique (Coordinateur : B. Fontaine CRC)
- GT3.3 : Gestion des ressources naturelles (Coordinateur : P. Mazzega LMTG)

Ces GT3.x se positionnent sur des interfaces disciplinaires et pour cette raison représentent une réelle originalité et une grande importance pour AMMA. Toutefois ils ne peuvent trouver toutes les sources de financement nécessaires au sein de la seule API de l'INSU en raison du besoin de lancer des recherches autour de questions nouvelles au-delà de la géophysique, et de développer ses propres outils. Ceci requiert un investissement au long terme en plusieurs disciplines. Cette partie est la seule détaillée dans ce rapport constitué pour le département EDD du CNRS.

### Les Groupes 4.1.x Modélisation du temps et du climat

3 Groupes axés sur la modélisation et l'assimilation à l'échelle régionale ont été établis de manière transverses aux GT 2.x et 1.x. Ces GTs sont aussi les lieux d'intégration des données (terrain ou satellitaire) mais aussi des connaissances acquises dans les GTs 2.x et 1.x :

- GT4.1.1 : Systèmes de prévision du temps et d'assimilation (Coordinateur : JP Lafore CNRM-GAME)
- GT4.1.2 : Modèles de surface continentales : Intercomparaison, assimilation & upscaling (Coordinatrice : P. De Rosnay CESBIO)
- GT4.1.3 : Représentation de la MAO et la composition atmosphérique dans les modèles régionaux et globaux (Coordinateur : F. Hourdin LMD)

### Les Groupes 4.2.x Campagnes d'observations de terrain

Les campagnes d'observations se déclinent en trois périodes imbriquées (cf ci-dessous) : une période longue d'observations (LOP : 2002-2012), une période renforcée (EOP, 2005-2007) et une phase intensive SOP (2006). Du fait de la lourdeur des opérations avions et bateaux, les groupes suivant ont été mis en place. La SOP étant terminé, il a été jugé tant pour la réalisation des objectifs scientifiques que pour l'allègement de la coordination que les groupes correspondants soient désactivés en 2007. Les coordinateurs serviront cependant encore d'interlocuteurs privilégiés pour la fourniture des données à la base de données. Seul le groupe 4.2.3 maintient une activité forte.

- GT4.2.1: Campagnes Avions SOP (Coordinateur : C. Flamant SA)
- GT4.2.2: Campagnes Terrain SOP (Coordinateur : A. Protat CETP) & Océanographiques SOP (Coordinateur : B. Bourles LEGOS)
- GT4.2.3 : Campagnes EOP-LOP (Coordinateur : T. Lebel LTHE)

### Les Groupes Satellites et Base de données

Un effort particulier est porté sur les données de satellites qui représentent le seul moyen d'accéder à des observations de l'ensemble du continent ouest africain aux échelles de temps comprises entre 1 jour et plusieurs années. (cf ci-dessous). L'ensemble des données terrain, satellite et certaines sorties de modèles et analyses sont archivées avec des interfaces utilisateurs.

- GT4.3 : Produits Satellites (Coordinateur : M. Desbois LMD)
- GT4.4 : Bases de données (Coordinateur : L. Eymard LOCEAN)



### **1.2b L'intégration des groupes de travail dans le contexte du projet AMMA-EU**

AMMA fait l'objet d'un soutien de la Commission Européenne EU (financement 2005-2009) à travers un projet intégré coordonné par le CNRS. Les structures des projets API et AMMA- présentent de nombreuses similarités, de même il y a un large recouvrement en terme d'objectifs et d'activités. Les différences notables sont :

- Les activités de downscaling sont essentiellement incluses dans le GT1.2 le sont dans le WP1.4 dédié dans AMMA-EU
- Les activités des GTs 3.x ne sont pas strictement intégrées dans la partie impact bien développée dans AMMA-EU mais sont très complémentaires. C'est au niveau international que ces activités s'intègrent.
- AMMA-EU a un grand nombre d'autres WPs qui n'a pas d'équivalent dans l'API
- Quelques laboratoires de l'API ne font pas partie d'AMMA-EU

Pour les Groupes ayant une correspondance entre les deux projets, on peut estimer que l'activité de l'API est le moteur principal d'AMMA-EU pour les GTs 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 2.3, 4.1.2, 4.2.2., 4.2.3, 4.3 et 4.4. Les activités sont plus équilibrées pour les GTs 2.4, 4.1.1, 4.1.3, 4.2.1 et déséquilibrées pour le 1.3 avec un fort apport d'AMMA-EU.

### **1.2c L'intégration des groupes de travail des différents projets dans le contexte de la coordination internationale**

Le programme AMMA, d'initiative française, regroupe maintenant des scientifiques de plus de 30 pays et 140 institutions, bénéficiant de l'existence de plusieurs projets AMMA fédérateurs dans d'autres pays et de consortium pan-nationaux : AMMA-Afrique pour les activités des chercheurs des universités africaines et de centres opérationnels et de recherches nationaux et régionaux, AMMA-EU à travers le projet intégré financé par la Commission Européenne, AMMA-UK et AMMA-US pour un ensemble de projets financés respectivement par le NERC, le DOE, la NASA et la NOAA.

La coordination internationale est assurée par l'International Scientific Steering Committee (ISSC) et l'International Implementation and Coordination Group (ICIG), sous le contrôle de l'International Governing Board (IGB) qui réunit les principales agences finançant AMMA. Rappelons aussi qu'AMMA est labellisé par le Programme Mondial de Recherche du Climat (WCRP) et ses deux composantes CLIVAR et GEWEX, ainsi que par le Programme International Geosphere-Biosphère (IGBP) et ses deux composantes IGAC et ILEAPS. AMMA a aussi des liens de travail avec d'autres projets internationaux dont GCOS, GOOS et THORPEX.

Il est non nécessaire et impossible de reproduire au niveau international les diverses structures de différents projets contribuant à AMMA. Pour assurer l'intégration des activités des projets d'AMMA, ISSC a décidé de coordonner 5 groupes de travail intégrateurs principaux de la science (WG) et 2 activités transversales (CC pour Cross-Cutting). Ces groupes doivent s'assurer que les activités nationales et pan-nationales sont bien connues de toute la communauté d'AMMA pour les intégrer au niveau international, éviter toute duplication, identifier les lacunes dans la recherche nécessaire pour atteindre les buts d'AMMA et proposer des actions le cas échéant pour pallier à ces lacunes. Ces groupes avec les contributions principales des différents projets sont les suivants :

#### **WG1: West African Monsoon and Global Climate including aerosols and chemistry**

AMMA-France (WP1.1, WP2.1, WP2.2, WP2.4), AMMA-EU (WP1.1, WP2.1, WP2.4), AMMA-UK (DABEX, DODO, GERBIL, RADAGAST, WP3, WP4, WP5), AMMA-USA (WG1), ENSEMBLES



### **WG2: Water cycle**

AMMA-Africa (WP1.2, WP1.4, WP2.1), AMMA-France (WP1.2, WP2.1, WP2.3, WP4.1.2, WP4.3), AMMA-EU (WP1.2, WP1.3, WP2.1, WP2.3)

### **WG3: Surface-atmosphere feedbacks (Land WG3a and Ocean WG3b)**

AMMA-Africa (WP1.3, WP3.5), AMMA-France (WP1.3, WP2.2, WP2.3, WP4.1.2), AMMA-EU (WP1.3, WP2.2, WP2.3),

### **WG4: Prediction of Climate Impacts**

AMMA-Africa (WP3.1, WP3.2, WP3.3, WP3.4, WP3.5, WP1.4), AMMA-France (WP3.1, WP3.2, WP3.3, AMMA-SHS), AMMA-EU (WP3.1, WP3.2, WP3.3, WP3.4)

### **WG5: High impact weather prediction & predictability (joint WG with THORPEX)**

AMMA-Africa (WP4.1, WP5.1, WP4.3, WP5.2), AMMA-France (WP4.1.1, WP3.2), AMMA-EU (WP5.1), AMMA-USA (Several US groups and PIs, NAMMA)

### **CC1: Climate modelling**

AMMA-Africa (WP5.1), AMMA-France (WP4.1.3), AMMA-EU (WP4.1, WP 5.1), AMMA-USA (WAMME initiative), ENSEMBLES

### **CC- Long Term Observations, concerning EOP 2007, LOP and satellite products.**

AMMA-Africa (WP1.2, WP1.4, WP2.1), AMMA-France (WP1.1, 1.2, WP2.1, 2.2, WP2.3, 4.2, 4.3), AMMA-EU (WP1.1, 1.2, WP1.3, WP2.1, WP2.3, 4.2, 4.3), AMMA-USA (WG2)

## **1.3 Les observations dans AMMA**

Le caractère multi-échelle du système étudié a conduit à définir une stratégie d'observation reposant sur l'imbrication des domaines et des périodes d'observation, et sur l'utilisation de différentes plateformes instrumentées complémentaires (bateaux, sites sol, ballons, moyens aéroportés, capteurs spatiaux). Cette stratégie résulte également des compromis à trouver en regard du coût de déploiement d'instruments lourds et de leurs limitations en terme d'échantillonnage temporel et spatial, alors même que l'on cherche à documenter l'ensemble du spectre des échelles mises en jeu.

### ***1.3a Les observations de terrain***

Le premier objectif est de documenter le gradient éco-climatique qui caractérise au premier ordre la région d'étude d'AMMA. Le second est de couvrir les différentes échelles identifiées plus haut en combinant des capteurs aux propriétés complémentaires. Par exemple, les moyens aéroportés fournissent des cas d'étude très finement documentés sur des zones assez vastes, tandis que les observations sol ne permettent qu'un suivi local mais continu temporellement. Pour optimiser l'échantillonnage, les mesures sol sont organisées en réseaux à couverture régionale relativement homogène et en sites densément instrumentés.

### **Un emboîtement de zones de mesure**

- A l'échelle régionale, une priorité incontournable est le renforcement des capacités des réseaux opérationnels sur le continent et plus spécifiquement du réseau de radio-sondages (une vingtaine de stations de différents niveaux de priorité selon la période de mesure considérée). Cette échelle inclut les mesures océaniques réalisées au cours des campagnes EGEE, la mise en place d'un transect sahélien pour le suivi journalier des aérosols désertiques, et l'étude de

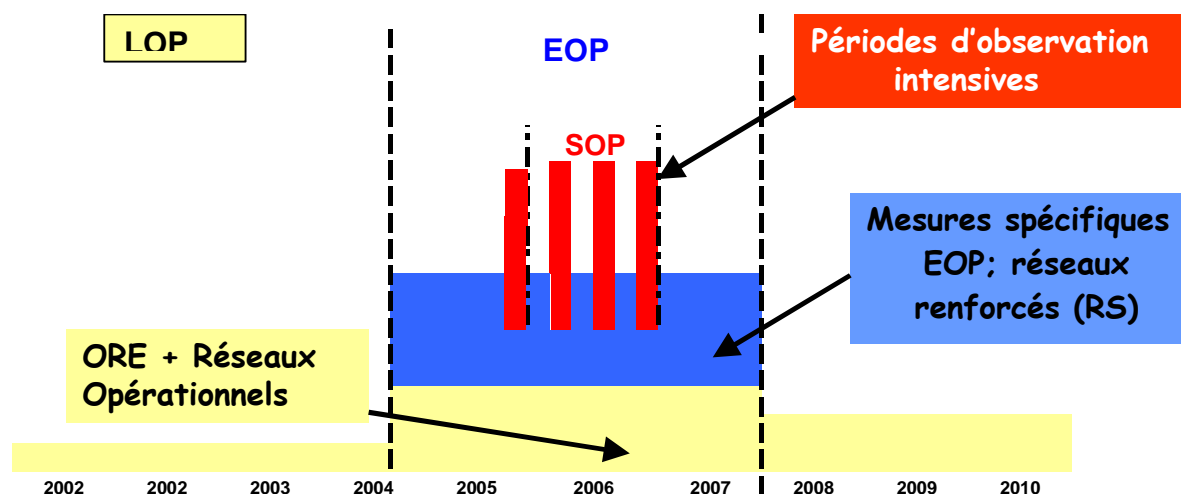


plusieurs bassins versants et sites de méso-échelle assurant un bon échantillonnage de toute la région.

- Les études de méso-échelle sont concentrées sur trois sites d'observations densifiées du cycle hydrologique, de la végétation et des flux de surface (Gourma Malien, Kori de Dantiandou dans le Sud-Ouest Nigérien ; haut bassin de l'Ouémé au Bénin) ;
- L'échelle convective/locale est l'échelle des super-sites (100 à 1000 km<sup>2</sup>) ou de sites intensifs locaux localisés à l'intérieur des sites de Méso-Echelle.

### Un emboîtement de périodes de mesure

Ces échelles spatiales conditionnent en grande partie les échelles temporelles d'observation.



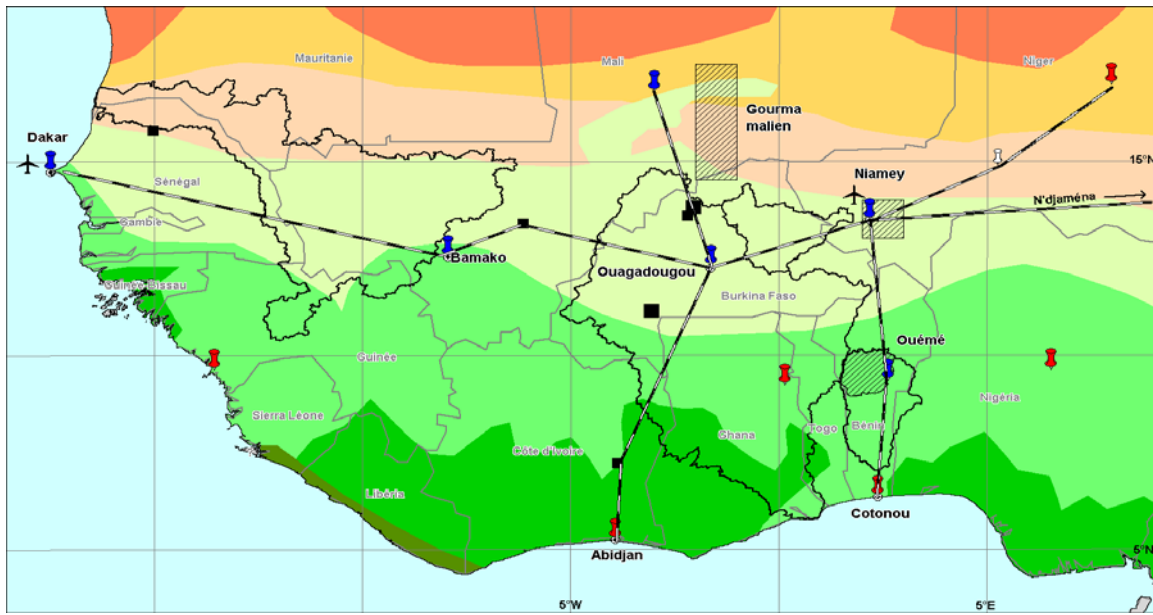
**Figure 1.2.** Les différentes périodes d'observation du projet AMMA

Ainsi, les différentes composantes du cycle de l'eau à l'origine de la variabilité interannuelle de la mousson africaine et l'influence de cette variabilité sur la composition atmosphérique font l'objet d'un programme d'observations à long terme (**LOP, 2001-2010**). L'objectif est de documenter finement le cycle saisonnier moyen et ses modulations entre années sèches et humides. Ce suivi décennal permettra également d'étudier les effets cumulatifs des séries d'années sèches et humides. La LOP s'appuie essentiellement sur trois Services d'Observations (SO) labellisés par l'INSU sur l'Afrique de l'Ouest : AMMA-CATCH est dédié à l'étude du cycle hydrologique et de son couplage avec la dynamique de la végétation ; IDAF et PHOTONS permettent le suivi à long terme des contenus en aérosols, des concentrations en gaz traces et de la composition des dépôts humides. En complément, l'évolution de la couverture végétale, qui contrôle le bilan hydrique et les émissions d'aérosols terrigènes ou carbonés, sont suivies sur le terrain et par télédétection.

Durant une période de trois ans (**EOP, 2005-2007**), le dispositif LOP est renforcé pour fournir des observations plus détaillées sur certains processus couplés susceptibles de jouer un rôle important dans la variabilité interannuelle. Les compartiments concernés – couche limite de surface et couche limite atmosphérique, profils océaniques, circulations d'eau dans le sol, concentrations au sol et intégrées sur la verticale et distribution verticale des aérosols désertiques – sont particulièrement difficiles à instrumenter. Ce dispositif regroupe 41 instruments<sup>1</sup>, souvent sophistiqués et coûteux à déployer, ce qui explique la durée limitée de cette période d'observation renforcée.

<sup>1</sup> Un instrument est défini comme un ensemble de capteurs, ou un capteur unique, fournissant un jeu de données homogènes – en terme de variable mesurée, de résolution, de fréquence d'échantillonnage et de zone couverte: par exemple un ensemble de stations de radio-sondages couvrant une sous-région particulière, un réseau de pluviographes sur un site de méso-échelle, un radar. Les 41 instruments EOP représentent ainsi plusieurs centaines de capteurs répartis sur toute la région d'étude.

Le cœur du dispositif expérimental AMMA est constitué par la période d'observations intensives (**SOP, 2006**). Elle avait pour objectif principal l'acquisition de jeux de données permettant d'étudier de façon détaillée une saison de mousson en terme de processus, et plus particulièrement les systèmes météorologiques lors des différentes phases de la mousson : (i) la saison sèche précédant la mousson (janvier-février), (ii) l'établissement de la mousson (Juin), (iii) la mousson au stade mature (Juillet – Août), et (iv) la fin de la mousson (Septembre). Au sein de ces différentes phases, des moyens aéroportés et sol ont été déployés de façon coordonnée et selon une stratégie d'intégration des échelles et des disciplines incluant les données spatiales et la modélisation numérique.



**Figure 1.3.** Sites d'études LOP et EOP

### 1.3.b Les observations satellitaires

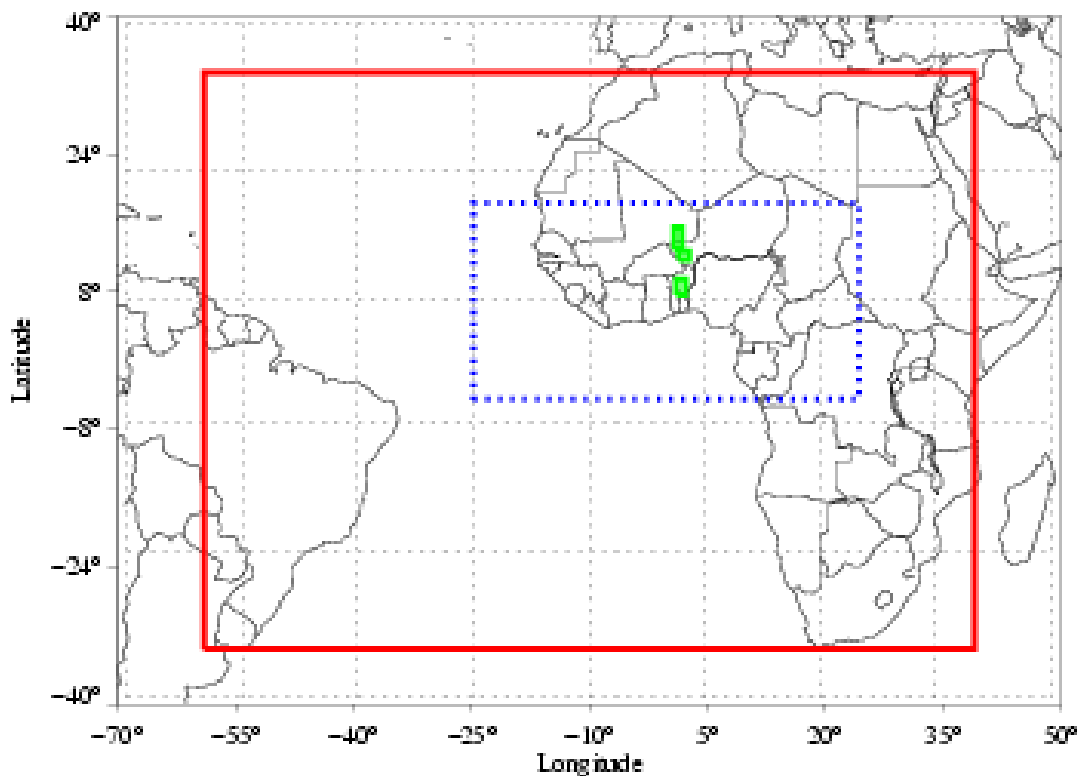
Un effort particulier est porté sur les données de satellites qui représentent le seul moyen d'accéder à des observations de l'ensemble du continent ouest africain, et ce à des échelles de temps comprises entre 1 jour et plusieurs années. Elles permettent de spatialiser les mesures terrains à des échelles supérieures et ainsi d'évaluer et d'améliorer les modèles numériques utilisés dans AMMA.

Deux spécificités importantes du projet AMMA sont que tous les domaines thématiques sont couverts et la structuration suit une logique d'échelle (plutôt que disciplinaire) évitant un cloisonnement thématique. Les domaines de restitution des paramètres correspondent à une hiérarchie d'échelles avec 3 domaines emboîtés : globe à résolution lâche pour les études climatiques (e.g. température des océans), région de l'Afrique de l'Ouest où les meilleures résolutions seront conservées selon les possibilités d'archivage et trois domaines locaux correspondant aux sites d'instrumentations sols renforcés. La résolution temporelle des différents produits est choisie en premier lieu en fonction de la résolution des capteurs utilisés, puis suivant l'échelle considérée et la variabilité temporelle du paramètre géophysique.

Les produits existants s'il s'avèrent de qualité satisfaisante et adaptées aux objectifs d'AMMA sont collectés et centralisés. Dans le cas contraire, des produits améliorés sont mis au point et validés. Cela fût le cas en particulier des produits de précipitation, un facteur clé de l'analyse de la MAO. Un effort a donc été entrepris dans ce domaine, en utilisant les satellites MSG, TRMM, DMSP et des réseaux de validation sol mis spécialement en œuvre à l'occasion d'AMMA.



Pour l'atmosphère et l'océan, de nombreux produits sont déjà fournis par divers centres ou services (classifications nuageuses, température et humidité, vents déduits des déplacements nuageux, précipitations, températures et vents à la surface de la mer, flux de surface, flux radiatifs au sommet de l'atmosphère, aérosols, chimie atmosphérique...).



**Figure 1.4.** Localisation et résolution des domaines de restitution des produits géophysiques à partir des mesures satellitaires

Région	Domaine	Résolutions
<b>Globe</b>	180° W / 180° E 90° S / 90° N	2.5°, 1.0°
<b>Atlantique - Afrique</b>	60° W / 40° E 35° S / 35° N	0.50°, 0.25°, 0.10°
<b>Afrique de l'Ouest</b>	25° W / 25° E 5° S / 20° N	0.1°, 0.05°, 0.01°
<b>Zones Locales :</b>		
<b>Bassin de l'Ouémé</b> (Bénin)	1.30° E / 2.48° E 8.54° N / 10.12°	1 km, 100 m, 1 m, ...
<b>Carré de Niamey</b> (Niger)	1.6° E / 3.0° E 13° N / 14° N	
<b>Bassin du Gourma</b> (Mali)	1° W / 2° W 14.3° N / 17.0° N	



## **2 Présentation générale des groupes de travail Impacts d'AMMA-France**

Cette section brosse un panorama succinct des groupes de travail dédiés à l'étude des impacts dans l'API AMMA. Les objectifs détaillés, les activités en cours et futures et les besoins spécifiques pour chacun des groupes sont décrits dans les sections suivantes.

### ***Le Contexte.***

La variabilité accrue de la Mousson d'Afrique de l'Ouest au cours des décennies récentes a profondément déstabilisé les populations de la région, en particulier durant les années 1970 et 1980 lorsque la sécheresse a déclenché famines et migrations massives. L'insécurité alimentaire, un accès de plus en plus difficile à l'eau et les problèmes aigus de santé publique, le tout dans un contexte de pression démographique très forte, sont autant de facteurs qui rendent difficiles le maintien des équilibres socio-économiques traditionnels. Dans ces conditions, un programme tel qu'AMMA se devait d'associer les études d'impact socio-économiques aux études de processus géophysiques, avec pour objectif de:

- Développer des approches nouvelles, basées sur l'observation et la modélisation, pour relier les forçages atmosphériques de grande échelle à la quantification des impacts, qui concerne des échelles beaucoup plus fines;
- Améliorer ou développer les outils spécifiques aux différents types d'impact, permettant notamment de les comprendre et de les quantifier à l'échelle régionale, alors que traditionnellement ce travail est plutôt réalisé à des échelles locales (village, terroir, ..);
- Explorer les interactions existantes entre les différents impacts (via principalement le cycle de l'eau en amont et via la réponse anthropique en aval).

Le cycle de l'eau joue en effet un rôle majeur dans l'impact de la variabilité climatique sur les différents facteurs environnementaux prépondérants pour le développement de l'Afrique de l'Ouest: le lien est direct et évident pour les ressources (alimentaires, hydriques), de même que pour certaines maladies à vecteur, typiquement le paludisme. L'eau est également une composante importante dans les problématiques de migration, à l'échelle des pays, du sous-continent et, ultimement, vers l'extérieur du continent. Le groupe de travail intégrateur sur les bilans d'eau (GT 1.2) et celui sur les processus continentaux – dont notamment l'hydrologie – constituent donc, dans la sphère des études géophysiques, des lieux privilégiés pour développer des interfaces avec les études menées dans les groupes de travail sur les impacts.

### ***Organisation et besoins humains.***

Les groupes de travail définis dans le cadre d'AMMA-France concernent l'agronomie (GT3.1), la santé publique (GT3.2) et la gestion des ressources naturelles (GT3.3). Ils couvrent non seulement des champs d'actions et de compétences très complémentaires mais ils se positionnent aussi sur des interfaces disciplinaires. En ce sens ils représentent une vraie originalité dans AMMA et sont d'un grand intérêt pour le département EDD qui promeut l'interdisciplinarité. Leur action est souvent fondée sur des enquêtes et des missions de terrain – actuellement surtout au Sahel où les équilibres sont les plus précaires – qui requièrent des financements spécifiques.

Ces actions exigent un investissement au long terme et dans plusieurs disciplines que les chercheurs permanents, souvent très spécialisés et ayant déjà des engagements disciplinaires, ne peuvent assurer seuls. A cet égard, un besoin essentiel est de renforcer le potentiel humain au niveau postdoctoral sur ces interfaces, seule façon de rentabiliser l'investissement déjà réalisé par des financements en provenance de la communauté géophysique et d'assurer correctement la poursuite des travaux. Actuellement un contrat post-doctoral sur les impacts agronomiques est payé sur fonds propres et deux autres projets de contrat post-doctorat sur 16 mois ont été définis en direction des deux autres GTs. Pour le



groupe climat-santé l'objectif est de développer des collaborations plus fortes avec le LOA, le LOCEAN et le CERMES pour l'étude des relations climat / aérosols / états de surface et d'amplifier la synergie entre les deux volets thématiques (méningites et paludisme). Pour le groupe « ressources naturelles » il s'agit de développer l'axe de recherche « gouvernance et décentralisation de la gestion de ces ressources et d'assurer le suivi de la coordination, conception, organisation et valorisation (publications, colloques, etc.) des enquêtes de terrain par entretiens. Les profils requis sont présentés en annexe.

**Les impacts agronomiques (GT 3.1)** sont coordonnés par Benjamin Sultan (chercheur IRD au LOCEAN, UMR7159, Paris). Ils concernent 15 chercheurs issus de plusieurs organismes et laboratoires français comme le CIRAD, le CIRED, le LMD, le LOCEAN et le LSCE ainsi que plusieurs partenaires africains (CERAAS, AGRHYMET). Le groupe propose une approche transversale transcendant les échelles spatiales et temporelles en reliant le local au régional par l'étude de l'environnement climatique et de son impact sociétal à travers la réponse du rendement agricole local aux fluctuations climatiques régionales et globales. L'objectif principal est de mesurer et de prévoir les impacts de la variabilité à grande échelle du climat sur les échelles fines de la parcelle agricole pour permettre aux techniciens du monde rural de mieux orienter les calendriers agricoles et d'optimiser les recherches agronomiques en matière de sélection variétale et d'adaptations de pratiques agricoles (itinéraires techniques). Il se décline en 4 thèmes : (i) comprendre et modéliser la stratégie agricole à l'échelle fine ; (ii) régionaliser la contrainte climatique ; (iii) évaluer les impacts de la variabilité et du changement climatique ; (iv) évaluer les rétroactions des zones cultivées sur le climat.

**Les impacts sur la santé publique (GT 3.2)** sont coordonnés par Bernard Fontaine (chercheur CNRS au CRC, UMR 5210, Dijon). Deux pathologies majeures sont ciblées - les méningites et le paludisme-. Le groupe est constitué de 21 chercheurs issus de laboratoires mixtes (CNRS, IRD, Universités) (CRC, GEMI, LISA, LOA, LOCEAN, LTHE, PRODIG). Il comporte 2 volets. Le volet « méningites » se focalise sur l'étude de la variabilité interannuelle des méningites et de ses relations avec le climat et la réalisation de simulations des concentrations en poussières pour les saisons sèches. L'effort est mis sur l'identification des zones sources dans la « ceinture des méningites ». Le volet « paludisme » a d'abord centré ses actions sur la reconnaissance des limites de la base de données MARRA/ARMA en croisant données climatiques et épidémiologiques. Les résultats ont justifié la nécessité de travailler aux échelles plus fines en programmant plusieurs missions au Sénégal dans les unités de l'IRD et de l'Institut Pasteur pour travailler en collaboration avec ces instituts des données terrain. Les buts affichés sont de (1) valider/actualiser les fichiers entomologiques actuellement à l'étude ; (2) préciser l'articulation modèle / méthodes statistiques / données petite échelle sur notamment les villages de Ndiop et de Dielmo au Sénégal.

**Les études d'impacts sur la Gestion des Ressources Naturelles (GT 3.3)** sont coordonnées par Pierre Mazzega (chercheur CNRS, LMTG UMR5563 de l'OMP et LERNA-UT1, Toulouse) et concernent principalement le Delta Intérieur du Niger, le Gourma au Mali et le Delta du Saloum au Sénégal. Le groupe réunit une quinzaine de chercheurs répartis dans 5 laboratoires (GREMAQ, IRIT, LERNA, LMTG et l'Institut de Mathématique en création). Les objectifs sont principalement centrés sur la gestion patrimoniale des ressources naturelles renouvelables et la mise en place de conventions locales d'environnement économiquement viables avec participations des acteurs locaux. Il s'agit d'explorer la possibilité de dégager, dans une diversité de contextes simulés d'interactions entre sociétés et environnements, des « règles » favorisant la durabilité des ressources et services environnementaux ainsi que la reproduction des groupes sociaux et de leurs pratiques culturelles. Ces règles formeront la base d'un prototype d'organisation socio-juridique idoine.



## **3 Groupe de Travail « Impacts agronomiques » (GT3.1)**

**Coordination : Benjamin Sultan** (LOCEAN, Paris)

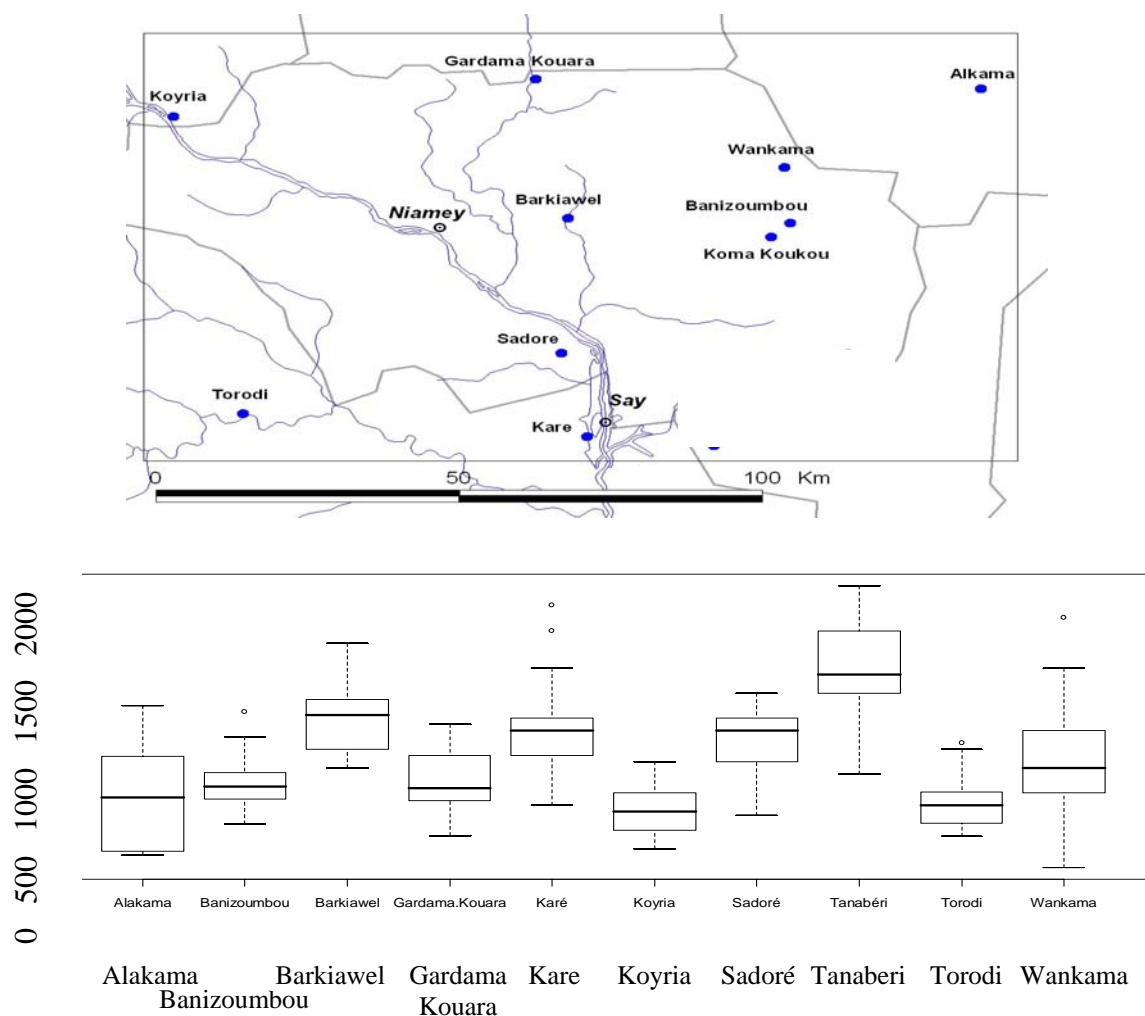
Cette proposition présente un condensé des objectifs, des acquis de la période 2005-2006, ainsi que les perspectives actuelles et futures. Par souci de clarté, l'ensemble est organisé selon les quatre axes principaux : (1) La stratégie agricole à l'échelle fine, (2) la variabilité climatique et les impacts agronomiques à grande échelle, (3) la vulnérabilité climatique et l'encadrement économique de la filière coton en Afrique, (4) les rétroactions des cultures sur le climat (axe prospectif). On trouvera en annexe des précisions quant aux budgets, équipes et références.

### ***Axe 1 : La stratégie agricole à l'échelle fine***

Un objectif important des actions du GT 3.1 est la constitution d'une base de données agronomiques et socio-économiques sur les sites instrumentés de AMMA. Depuis 2004, des enquêtes agronomiques (itinéraires techniques avec dates de semis et de récolte, type de culture, fertilisation...) et socio-économiques (taille du ménage, perception du risque climatique et capacité de réaction...) à l'échelle de la parcelle sont menées au Niger (en continuité avec le projet PNRH-OVNI) à chaque saison des pluies. Le choix de ce site dans la région de Niamey est calé sur le site de méso-échelle de AMMA disposant de séries pluviométriques à fines résolutions spatiale et temporelle sur la période 1990-2006. Ces enquêtes se sont étendues au Sénégal et au Burkina Faso en 2005 et en 2006. La pérennisation de ces enquêtes jusqu'en 2008 permettra de disposer d'un observatoire agronomique et socio-économique en parallèle avec les observatoires environnementaux déjà en place. Cet observatoire permettra d'analyser la variabilité spatiale du rendement à l'échelle de la parcelle à la région et de discriminer dans la fonction de production les effets climatiques (pluviométrie) des autres facteurs (agronomiques, socio-économiques). Outre la calibration et la validation des modèles agronomique et socio-économiques, il pourra également être utilisé en lien avec le GT 2.3 pour alimenter le modèle ORCH-Mil. En s'appuyant sur le modèle agronomique SARRA-H, la comparaison des simulations avec des observations in situ sera un moyen de valider les résultats et d'extraire d'autres facteurs physiques que climatiques, propres à l'échelle fine, mais aussi sociale, par la consommation de main d'œuvre que représente l'activité agricole, pour comprendre et prévoir les enjeux de la stratégie agricole au Sahel. Cette comparaison pourra être réalisée d'une part avec des enquêtes existantes (Sénégal, Mali, Niger et Burkina de 1986 à 1991) et avec les données collectées dans le cadre du GT 3.1. L'analyse des résultats permettra de:

- valider les simulations du modèle SARRA-H en milieu non contrôlé
- documenter la variabilité spatio-temporelle du rendement à l'échelle fine et sa réponse aux fluctuations climatiques à différentes échelles
- d'élaborer un modèle de comportement des ménages

L'analyse de ces enquêtes est en cours en collaboration étroite avec des chercheurs de l'AGRHYMET et du CIRAD. La publication des résultats nécessite cependant d'attendre la phase d'homogénéisation et de correction des données recueillies sur le terrain qui sera réalisée par l'AGRHYMET, le CERAAS et le CIRAD. Pour ce travail d'analyse de données, une demande de Bourse d'Echange Scientifique de Courte Durée (BESCD) a été rédigé par les membres du GT pour bénéficier de la présence au LOCEAN et au CIRAD de Seydou Traoré, chercheur à l'AGRHYMET. Ce projet vient d'être financé par l'IRD pour 5 ans.



**Figure 1 :** (Haut) Localisation des villages suivis au Niger en 2004. (Bas) Diagramme à moustache du rendement (en kg/ha) pour les 10 villages. L'axe des ordonnées indique les valeurs de rendement. Le bord inférieur (supérieur) du rectangle correspond à la valeur du premier (troisième) quartile. Le trait du milieu situe la médiane. Les moustaches indiquent les valeurs minimales et maximales. Ces moustaches sont au plus de longueur 1,5 fois la hauteur du rectangle ; si le minimum ou le maximum ont une valeur au-delà de ces limites, les valeurs au-delà sont indiquées par des points: ce sont des valeurs extrêmes.

## Axe 2 : Variabilité climatique et impacts agronomiques à grande échelle

L'impact régional de la variabilité et du changement climatique sur le cycle de l'eau en Afrique et donc sur la production agricole et les pratiques culturales des milieux sahéliens est un enjeu important compte tenu des fortes incertitudes quant à la nature de cet impact et des conséquences catastrophiques potentielles sur la production alimentaire. Une manière de documenter cet impact est la simulation numérique du climat et de la croissance des plantes. Du fait du fonctionnement des modèles de climat (MCG), la valeur des variables climatiques simulées pour un point de grille s'apparente à une valeur moyenne sur des mailles dont la surface variant typiquement entre 100 km<sup>2</sup> et 300 km<sup>2</sup> dépend de la résolution du modèle (Katz 2002). Or les modèles de cultures sont pour la plupart conçus, calibrés et validés à l'échelle de la parcelle agricole: l'estimation des impacts agronomiques requiert en effet d'appréhender des processus impliquant la plante, le sol et l'atmosphère à fine échelle. Même en admettant que le MCG simule parfaitement la moyenne climatique sur la maille, un modèle agronomique



fonctionnant habituellement à l'échelle de la parcelle, forcé avec de telles variables, ne simulera en aucun cas le rendement agricole moyen de la zone couverte par la maille. En effet, parce que les modèles de cultures sont fondamentalement non linéaires, la simulation de la moyenne n'équivaut pas à la moyenne des simulations. Les travaux du CIRAD et du LOCEAN ont permis d'illustrer ce biais (Baron et al. 2005). Le modèle agronomique SARRAH, forcé avec la moyenne de 17 stations météorologiques situées au sein d'une maille de 200 km de côté en Afrique de l'Ouest, surestime le rendement d'environ 30% par rapport à la moyenne des 17 simulations obtenues en appliquant le modèle sur chaque station. Ce biais est lié à la distribution journalière des pluies : les pluies moyennes sur une maille de 200 km de côté présentent une surestimation du nombre d'événements pluvieux, et une sous-estimation de leur intensité par rapport à une séquence effectivement mesurée en une station pluviométrique à l'intérieur de cette maille. Cette modification dans le régime pluviométrique favorise la plante car elle réduit les pertes d'eau due au ruissellement et à l'infiltration en profondeur. Il apparaît donc fondamentalement inapproprié de forcer directement un modèle agronomique avec des sorties de MCG: comme beaucoup de modèles environnementaux ou de modèles d'impacts, les modèles de cultures sont spécifiques d'une échelle donnée -l'échelle parcellaire- et nécessitent des données d'entrée à cette échelle (Heuvelink 1998). Ainsi, le transfert d'échelle est apparu comme un point-clé dans le cadre d'une étude d'impacts (Sultan et al. 2007). Deux voies différentes permettant d'aborder ce problème d'échelle sont explorées dans le GT 3.1.

### **La désagrégation**

L'utilisation de méthodes de désagrégation assure le passage de la grande échelle des MCG vers l'échelle fine. Ces méthodes peuvent être statistiques, dynamiques ou bien statistico-dynamiques (Zorita et Von Storch 1999) et nécessitent une bonne connaissance de l'environnement à l'échelle fine et de ses interactions avec les échelles supérieures. A l'heure actuelle, des études préliminaires ont été réalisées au Sénégal au LTHE (Baron et al. 2005) mais l'essentiel de ce travail sera mené en utilisant les résultats des méthodes développées dans le cadre de groupes de travaux géophysiques travaillant sur les transferts d'échelle. En outre, une thèse, co-encadrée par l'ESP de Dakar et le LOCEAN, vient de démarrer en mai 2007 pour mesurer l'impact des événements météorologiques qui structurent et modulent le cycle saisonnier des pluies à grande échelle et ses fluctuations sur les rendements agronomiques à l'échelle locale au Sénégal. Le travail vise à caractériser les situations météorologiques quotidiennes en termes de types de temps en s'appuyant sur les ré-analyses atmosphériques ainsi que sur les données de convection fournies par les satellites. Il reliera ensuite statistiquement chacun de ces types de temps à une probabilité d'occurrence de champs pluviométriques spécifiques définis par l'échelle locale par une méthodologie de désagrégation statistique à partir de l'analyse grande échelle et d'observations locales éparses (classification automatique, réseaux de neurones). Enfin, les données désagrégées seront utilisées comme entrées du modèle SARRAH pour quantifier l'apport de la méthode de désagrégation statistique pour la simulation du rendement agricole et mettre en évidence les événements pluviométriques (séquences sèches, démarrage des pluies) les plus déterminants pour le rendement simulé des cultures.

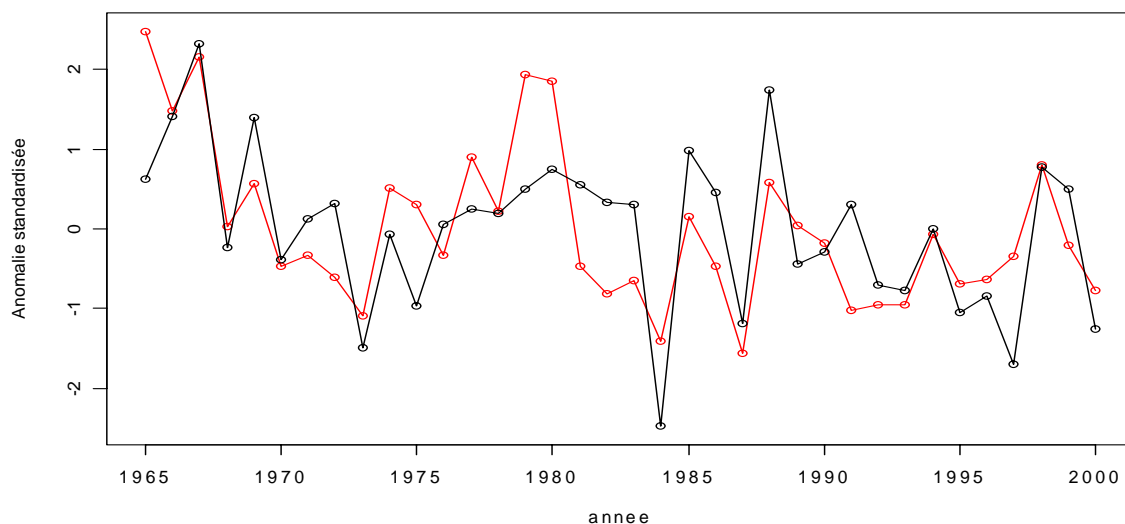
### **Le modèle ORCH-Mil**

Une approche alternative à ces transferts d'échelles consiste à développer un modèle agronomique directement à l'échelle d'un modèle de climat: un tel modèle utilise alors directement l'information délivré par le MCG, et fournit par conséquent une information sur la production agricole directement à grande échelle. Cette approche, développée notamment dans le cadre des schémas de surface des modèles de « Système Terre » nécessite néanmoins de pouvoir décrire certains processus, déterminants pour le rendement des cultures, à la fois à grande échelle et de façon mécaniste. Sur cette approche, une collaboration a été initiée entre le LOCEAN et le LSCE sur le développement d'un nouveau modèle agronomique qui simule la croissance de mil sur le Sahel à partir d'entrées climatiques à grande échelle. Le modèle est issu de l'introduction de paramétrisations spécifiques du mil dans le modèle de surface ORCHIDEE en introduisant des formalismes du modèle agronomique SARRAH développé au CIRAD. La calibration et le test du modèle ont été réalisés sur une parcelle de mil du Sénégal pour les



années 1996 et 1997. Pour ces deux années, la dynamique simulée de la végétation par le nouveau modèle a été comparée à celle observée par les mesures d'indice foliaire à différentes étapes de développement de la culture. Un exercice d'application à grande échelle du modèle a été réalisé pour simuler le rendement du mil au Niger. Cet exercice a consisté au forçage du modèle avec les données de surface NCC sur la période 1965-2000 pour simuler le rendement du mil pour chaque point de grille décrivant le Niger (la résolution est 1° sur 1°). Un indice de rendement du mil sur l'ensemble du Niger a été obtenu à partir de la moyenne du rendement de chaque point de grille et cet indice a été comparé aux statistiques agricoles (FAO) sur la période 1965-2000. La figure 2 montre que le rendement de mil issu des statistiques est très proche de celui simulé par le modèle. Un article sur la conception, la calibration et la validation du modèle est en cours de rédaction. Le développement du modèle va continuer (amélioration de la représentation de la date de semis, introduction de nouvelles cultures comme le sorgho, etc...). Dès lors, un ensemble d'applications du modèle pourra être réalisé en utilisant les prévisions saisonnières pour simuler la réponse du rendement agricole et en utilisant les simulations de climat futur en fonction de scénarios d'émission de gaz à effet de serre pour évaluer le devenir de la productivité agricole en Afrique de l'Ouest.

**Niger**



**Figure 2 :** Rendement du mil au Niger (anomalies standardisées) dans les observations (noir) et dans les simulations (rouge).

### **Axe 3 : Vulnérabilité climatique et encadrement économique de la filière coton en Afrique**

Le GT 3.1 propose une étude de cas visant à évaluer les impacts socio-économiques de la variabilité et du changement climatique (VCC) en faisant communiquer modèles climatiques, agronomiques et économiques, tout en s'appuyant sur des analyses diagnostiques des liens entre variabilité climatique observée et rendements. Elle porte sur la filière coton en Afrique de l'Ouest et centrale, et plus particulièrement sur le Nord-Cameroun, pour les raisons suivantes :

- Le rendement de la culture du coton dans les pays du Sahel dépend étroitement des facteurs climatiques (Groupe de travail coopération française, 1991, p. 136). De même, les simulations menées à l'aide du modèle agronomique COTONS par M. Cretenet (CIRAD) indiquent que sans irrigation, le climat reste le principal déterminant de la variabilité de la récolte.
- Pour plusieurs Etats d'Afrique de l'Ouest et Centrale, la culture du coton représente un enjeu économique majeur, puisqu'il s'agit de la principale source de devises et de recettes publiques.
- Différentes stratégies d'adaptation à la VCC peuvent être étudiées : techniques (choix des variétés, pratiques agricoles) et institutionnelles. Sur ce dernier point, soulignons que le coton s'est déve-



loppé massivement depuis les années 1960 grâce à un encadrement fort du marché, progressivement démantelé à la demande de la Banque mondiale (1999). Nous testerons la pertinence de cette évolution au regard de sa robustesse à la VCC.

D'autre part, il s'agit de :

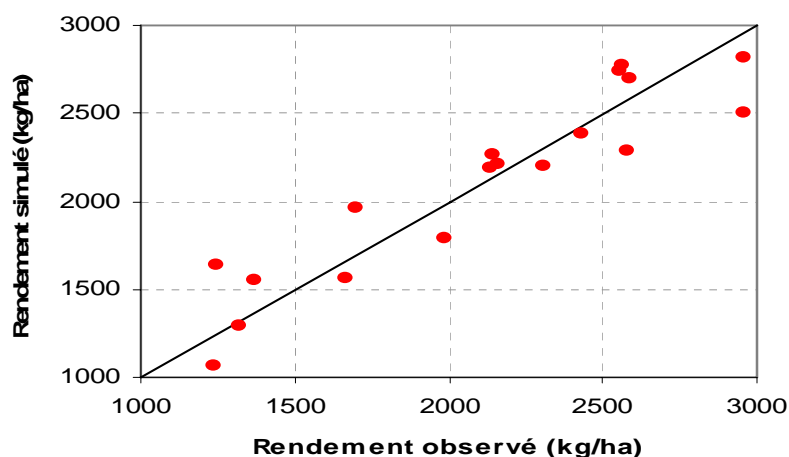
- Construire une méthodologie d'analyse des liens climat-agronomie-économie sur une étude de cas, qui puisse être transposable à d'autres cultures et/ou d'autres zones géographiques.
- S'intéresser à une zone (la partie nord du Cameroun) qui est partie intégrante de l'espace géographique d'étude du projet AMMA tout en restant un peu marginale dans la mesure où AMMA concentre ses efforts sur l'Afrique de l'Ouest plutôt que sur l'Afrique Centrale.

Elle implique plusieurs laboratoires de l'IPSL (LOCEAN, LMD), le CIRAD, le CIRED et l'université de Yaoundé. Elle a bénéficié d'un financement complémentaire de l'IPSL en 2005 (5kE) et 2007 (3kE) et du recrutement d'un CDD en 2007 sur les fonds propres du CRC et du LOCEAN.

Un premier effort d'analyse des relations entre le climat et la culture du coton en Afrique de l'Ouest a été mené au CIRED lors du stage de master d'Elodie Blanc. L'analyse réalisée s'applique aux données d'un essai de longue durée conduit par l'IER/SRCFJ<sup>2</sup> au Mali de 1965 à 1990. La zone de culture se trouve dans la région de Koutiala et les données météorologiques correspondent à la station de N'Tarla. Une analyse statistique a été menée pour identifier les principaux déterminants météorologiques du rendement du cotonnier en agriculture pluviale, à partir de données météorologiques quotidiennes et de données de rendement annuelles sur une parcelle test située au Mali. Cette analyse met en évidence l'effet du cumul des précipitations, de la durée de la saison des pluies, du nombre de séquences sèches, des engorgements, de la température et du rayonnement solaire. Elle montre ainsi l'importance d'utiliser des données météorologiques quotidiennes, qui seules permettent de calculer la durée de la saison culturale, les séquences sèches (*dry spells*) et l'engorgement. La première phase du projet, depuis mars 2005, a également permis de collecter un volume important de données à la fois climatiques (principalement des données pluviométriques) et agronomiques (rendement, surface cultivée, production...). Ces données visent à documenter deux échelles distinctes : l'échelle régionale (l'ensemble de la zone coton de l'Afrique de l'Ouest) et l'échelle plus locale à travers les zones cotonnières du Cameroun, du Burkina Faso et du Mali. Dans une première étape, on évaluera l'impact du climat sur le rendement et la production du coton sur l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest en se basant sur des analyses bivariées (corrélations) et multivariées (analyses en composantes principales) appliquées aux données à différents niveaux d'agrégation. On documentera de quelle façon le climat détermine le rendement (à travers le cumul pluviométrique, les séquences sèches, le début et/ou la longueur de la saison des pluies, etc.) et à quelle échelle il s'exprime le plus clairement. Ce travail a déjà été initié dans le cadre du mémoire de Master d'Elodie Blanc à partir de données d'essais agronomiques au Mali. Il sera étendu à d'autres régions d'Afrique de l'Ouest, notamment au Cameroun où il a été possible de disposer des données sur la culture du coton (rendements, date de semis, intrants...) et plusieurs stations météorologiques sur la période 1983-2000 grâce à deux missions de 3 mois au Cameroun de Marthe Bella-Médjo, étudiante en thèse au LOCEAN, au cours de la première phase du projet. Dès lors qu'aura pu être quantifiée l'importance relative des déterminants climatiques et économiques sur la culture du coton, on estimera alors la prévisibilité du rendement du coton en utilisant des indicateurs climatiques. Enfin, on se propose de chercher les modalités institutionnelles les mieux à même de garantir la pérennité de la filière coton à travers une modélisation économique stochastique prenant en compte l'efficacité économique et la minimisation du risque pour les producteurs.

---

<sup>2</sup> Section Recherche Cotonnière et Fibre Jutière de l'Institut d'Économie Rurale



**Figure 3 :** Comparaison entre le rendement observé et le rendement issu d'une régression multiple incluant la longueur de la saison des pluies et un indice de satisfaction de la plante. Les données sont issues d'un essai de longue durée conduit par l'IER/SRCFJ (Section Recherche Cotonnière et Fibre Jutière de l'Institut d'Économie Rurale) au Mali de 1965 à 1990 dans la région de Koutiala (station de N'Tarla).

#### **Axe 4 : Les rétroactions des cultures sur le climat (axe prospectif)**

De nombreuses études ont mis en évidence le rôle fondamental joué par les zones agricoles sur le bilan hydrique et le bilan d'énergie de la surface (flux de chaleur latente, flux de chaleur sensible, albédo, ruissellement, ...), ainsi que sur les réserves hydriques et les stocks de carbone du sol. Toutefois, les zones cultivées sont à l'heure actuelle représentées de manière incomplète dans les modèles globaux. Mieux les modéliser à l'échelle continentale apparaît de plus en plus comme une nécessité car elles occupent des superficies importantes (15% de l'Afrique de l'Ouest) en croissance constante. Le récent développement du modèle ORCH-Mil peut contribuer à quantifier l'impact des zones agricoles sur le bilan hydrique, le bilan d'énergie et le bilan de carbone aux bonnes échelles. La réponse du modèle pourra être évaluée sur le site mesures intensives de la région de Niamey en utilisant à la fois des données agronomiques à l'échelle de la parcelle (date de semis, variété rendements) et les stations de mesures de flux (flux de chaleur sensible, ETR, flux net de carbone). Le modèle ORCH-Mil comprenant à la fois la croissance des plantes cultivées et des plantes naturelles, la comparaison de ces deux types de plantes permettra de dégager les spécificités des plantes cultivées sur la dynamique du couvert végétal (phénologie, allocation, production de biomasse, stockage de carbone). Il sera également possible de quantifier les changements touchant le bilan hydrique et le bilan d'énergie de la surface (flux de chaleur latente, flux de chaleur sensible, albédo, ruissellement, ...), ainsi que les réserves hydriques et les stocks de carbone du sol. Ce travail sera conduit à l'échelle régionale, c'est-à-dire intermédiaire entre l'échelle continentale des modèles de climat et l'échelle locale des modèles agronomiques. Ainsi, cette étude tentera de renforcer les liens entre les communautés d'agronomes d'une part (CIRAD) et les modélisateurs de la végétation à grande échelle (IPSL). Elle se situe à cheval entre les thématiques GT 3.1 et 2.3 d'AMMA. Un projet a été déposé par le LSCE et le LOCEAN pour obtenir de la région Ile-de-France le financement d'une allocation doctorale sur ce sujet.

#### **Références externes**

- Katz, R.W., 2002. Techniques for estimating uncertainty in climate change scenarios and impact studies. *Clim. Res.*, **20**, 167-185.
- Heuvelink GBM. 1998. Uncertainty analysis in environmental modelling under a change of spatial scale. *Nutr Cycl Agroecosyst* **50**:(1-3)255-64.
- Zorita E, Von Storch H. The analog method - a simple statistical downscaling technique: comparison with more complicated methods. *J Climate* 1999 ; **12** : 2474-2489.



## ANNEXES

**A. Budget.** Le budget de fonctionnement (hors CDD) –missions est d'environ 33 kEuros / an, dont 18 KE de fonctionnement et 7 KE pour le terrain, le projet étant prévu au moins jusqu'en 2009.

**B. Laboratoires impliqués.** Ce sont initialement les équipes de modélisation agronomique (M. Dingkuhn, C. Baron, B. Muller), d'agronomie-économie (B. Barbier) du CIRAD ainsi que le CIRED (P. Quirion) pour l'économie et le LOCEAN (B. Sultan, M. Bella-Madjo et A. Berg) pour l'étude des relations climat-agronomie-économie. Par ailleurs depuis 2007 il faut ajouter les collaborations du LSCE. L'AGRHYMET (Niger) et le CERAAS (Sénégal) sont les partenaires du Sud.

### C. Références du groupe

- Berg A, Sultan B, de Noblet-Ducoudré N, Janicot S, Traoré S (2007) Including Tropical Croplands in a Terrestrial Biosphere Model: Simulation of Crop Yields in West Africa, *Agricultural and Forest Meteorology*, soumis.
- Sultan B., S. Janicot, C. Baron, M. Dingkuhn, B. Muller, S. Traoré and B. Sarr (2007) Les impacts agronomiques du climat en Afrique de l'Ouest : une illustration des problèmes majeurs, *Sécheresse*, accepté.
- Blanc E, Dewagenaere M, Quirion P and Strobl E (2006), Les déterminants météorologiques du rendement du cotonnier en Afrique de l'Ouest : une approche statistique, *en préparation*.
- Dingkuhn M., B.B. Singh, B. Clerget, J. Chantereau and B. Sultan (2006). Past, present and future criteria to breed crops for water-limited environments in West Africa, *Agricultural Water Management*, 80 (1-3), 241-261.
- Sultan B., C. Baron, M. Dingkuhn et S. Janicot (2005), La variabilité climatique en Afrique de l'Ouest aux échelles intra-saisonnières. 2ème partie : Applications à la sensibilité des rendements agricoles au Sahel, *Sécheresse*, 16(1), 23-33.
- Sultan B., C. Baron, M. Dingkuhn, B. Saar et S. Janicot (2005). Agricultural impacts of large-scale variability of the West African monsoon, *Agricultural and Forest Meteorology*, 128, 93-110.
- Sultan B. et S. Janicot (2006) [Climate and agriculture in West Africa](#), *Geoconnexion Int. Mag.*, vol.5, issue 7 , 50-51.
- Bella-Medjo M., Sultan B. and S. Janicot, (2005), Analysis of the seasonal cycle of the African monsoon. Regional applications on Cameroon, *First International AMMA Conference*, 28 Nov. – 2 Dec. 2005, Dakar, Senegal.
- Sultan B., C. Baron, M. Dingkuhn et S. Janicot (2005), Agricultural impacts of regional variability of the West African monsoon, *European Geophysical Union*, 28 april, Vienna, Austria.



## **4 Groupe de Travail « Impacts santé » GT3.2**

**Coordination : Bernard Fontaine** (CRC, Dijon)

Cette proposition concerne les études sur la santé publique » au sein d'AMMA et possède des interactions fortes avec les groupes de travail internationaux AMMA-Europe 1.1, 1.2., 1.3, 3.1, 3.4 et 5.1 et leurs équivalents AMMA-France. Elle espère pouvoir susciter de nouvelles collaborations en s'appuyant notamment sur ses affichages (publications, conférences) et les réunions de travail programmées dans le cadre de l'API-AMMA. Si des budgets spécifiques peuvent être dégagés, elle espère pouvoir financer une partie du travail technique dans le cadre d'un CDD (voir annexe). On trouvera ci-dessous un condensé des objectifs, des acquis de la période 2005-2006, ainsi que les perspectives actuelles et futures. Une courte annexe présente ensuite de façon succincte les budgets nécessaires, les équipes impliquées, les références et les besoins spécifiques pour la période 2007-2009.

### **Objectifs**

Ce groupe de travail a, depuis fin 2004, ciblé deux pathologies majeures - les méningites et le paludisme- très liées à la saisonnalité et à la variabilité climatique et environnementale associées à la mousson africaine sur plusieurs échelles.

Chaque année, l'Afrique de l'Ouest est frappée par une épidémie de méningite touchant entre 25 000 et 200 000 personnes. La chronologie de l'épidémie, qui démarre en février pour disparaître au mois de mai, et sa circonscription géographique dans la « ceinture de la méningite » entre 10°N et 15°N sont fortement influencées par les conditions climatiques et notamment la charge en aérosols d'origine désertique. Cependant au-delà de ce constat, il existe assez peu d'études quantitatives sur la relation aérosols-climat-santé. Ce projet vise à étudier les relations entre la circulation atmosphérique et les aérosols pour caractériser le soulèvement de poussières et identifier des types de temps favorables à la survenue d'une épidémie. Des travaux récents croisant les recensements hebdomadaires de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) de cas et de décès liés à la Méningite Cérébro-Spinale (MCS) au Mali et les réanalyses américaines du NCEP-NCAR (Sultan et al. 2004a ;b) ont montré un synchronisme de la dynamique été/hiver du climat avec la progression de l'épidémie dont le démarrage coïncide avec le maximum de l'hiver.

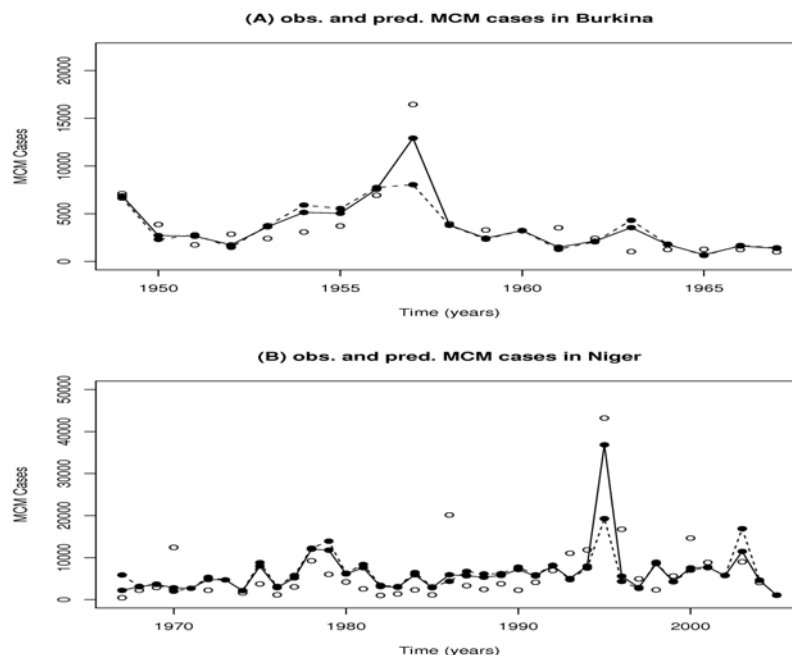
Le paludisme est un des fléaux majeurs de la planète transmis par des vecteurs particuliers (les femelles anophèles). Chaque année, de 300 à 500 millions de cas sont à l'origine de 1,5 à 2,7 millions de décès et la maladie est la cause de 90% des décès d'enfants de moins de 5 ans en Afrique. En Afrique de l'ouest elle s'exprime tant dans ses formes endémiques qu'épidémiques (Craig et al., 1999). La transmission épidémique du paludisme à *Plasmodium falciparum* par *Anopheles gambiae* est limitée par une température de 16-18°C (à 22°C la transmission est endémique ou stable), et une pluviométrie moyenne de 80 mm par mois durant 5 mois de l'année. L'augmentation des précipitations et la présence d'eau (mares) favorisent les gîtes larvaires ce qui augmente la densité en vecteurs (Aguirre et al., 2002 ; Aron and Patz, 2001, Fontenille D., et al,1997). La température joue sur le développement larvaire, la fréquence des piqûres, le temps de maturation des parasites chez le vecteur et les temps de digestion des repas de sang. Ces seuils et contraintes démontrent qu'on ne peut plus aujourd'hui se contenter de l'approche traditionnelle consistant à croiser données climatiques et épidémiologiques aux pas de temps interannuel ou intermensuel, aux échelles larges sur les plus longs historiques disponibles. L'approche doit être multi-échelles, actualisée et ciblée sur des régions-tests pertinentes.

### **Résumé des travaux et perspectives**

## Volet méningites

### *Les acquis (2005-2006)*

L'analyse de la variabilité interannuelle de la méningite en Afrique de l'Ouest a commencé au LOCEAN en collaboration avec le LOA et PRODIG. Dans le cadre de la thèse de P. Yaka, il a pu être mis en évidence que les relations statistiques entre le climat et la méningite au Burkina Faso et au Niger ne sont ni stables dans le temps ni d'un pays à l'autre. Les cas de méningites au Burkina Faso sur la période 1948-1967 et au Niger sur la période 1966-2005 semblent liés au climat à travers une corrélation entre le nombre de cas annuels de la maladie et l'intensité de la circulation associée à l'Harmattan (vent, pressions fortes, sécheresse, etc...). Cette relation confirme l'hypothèse de l'influence du climat sur la maladie. Des indices de cette circulation atmosphérique peuvent dès lors être utilisés pour mettre en place des indices de risque de la maladie (Fig. 1). En revanche, il n'existe pas de liens statistiques entre le climat et la méningite sur la période récente au Burkina Faso ce qui montre que le climat n'est qu'un facteur parmi d'autres expliquant la survenue et/ou l'intensité d'une épidémie de méningite. Cette étude devrait être poursuivie en examinant les liens entre les occurrences de poussières désertiques et la maladie en collaboration avec le LOA. Un séjour d'une semaine au LOA a déjà été réalisé par P. Yaka pour extraire les mesures de l'épaisseur atmosphérique sur le Burkina Faso. Une autre mission devrait être réalisée en 2007 pour poursuivre cet axe de travail.



**Figure 1:** *Prévisions des cas de méningite au Burkina Faso et au Niger à partir d'indices climatiques.* Nombre de cas annuels de méningite observés (blanc) et prévus (noir) au Burkina Faso entre 1948 et 1967 (A) et au Niger entre 1966 et 2005 (B). La courbe discontinue représente la prévision en validation croisée.

### **Travaux en cours et futurs**

L'étude de la variabilité interannuelle de la méningite et de ses relations avec le climat donnera lieu à la rédaction de deux articles dans le courant de l'année : une étude de cas au Burkina (PRODIG-LOCEAN) et une analyse comparative des séries de données 1939-99 sur les différents pays pour mettre en évidence les périodicités et synchronismes (PRODIG-GEMI-LOCEAN).



Au LISA, les simulations des concentrations en poussières pour les saisons sèches des périodes où des données épidémiologiques sont disponibles (1997-2001, par exemple) seront entreprises pour identifier des zones sources et éventuellement établir la corrélation entre les données épidémiologiques et les concentrations simulées. Cette démarche offre un triple intérêt par rapport à l'utilisation de produits satellite puisqu'on pourra : (1) reproduire les concentrations de surface au lieu d'utiliser des contenus intégrés sur toute la colonne atmosphérique ; (2) travailler à une meilleure résolution spatiale (développement prévu pour passer au  $1/4^\circ \times 1/4^\circ$ ) ; (3) à terme utiliser le modèle en prévision comme outil pour faciliter les stratégies de prévention.

Au CRC des analyses sont prévues en 2 temps avec un appui CDD (cf annexe)..

(1) validation des mesures aérosols (AOT) depuis l'espace. Il s'agit d'utiliser les mesures in-situ des photomètres CIMEL en Afrique de l'Ouest. Les aérosols d'origine désertique seront discriminés selon leurs propriétés optiques (faible dépendance spectrale dans le visible, absorption aux courtes longueurs d'onde).

(2) liens surface (végétation, i.e. NDVI) – aérosols (AOT). Il s'agit d'abord d'analyser cycle annuel et variabilité interannuelle du lien NDVI-AOT à deux échelles spatiales différentes ( $1^\circ$  et  $0.25^\circ$ ) de 1981 à nos jours. Il s'agit ensuite d'identifier où et quand la relation NDVI-AOT est la meilleure - la moins bonne - et de l'interpréter en croisant avec le type de surface (sols nus, zones de végétation) issu de données satellitaires exogènes, de décompositions factorielles et de classifications de type CAH.

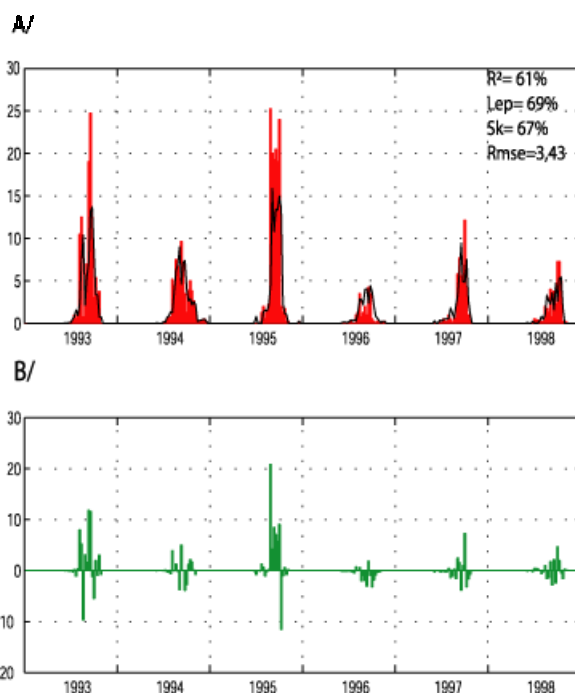
## **Volet paludisme**

### ***Les acquis (2005-2006)***

L'unité partenaire IRD-Dakar a achevé les analyses de laboratoire avec un rattrapage des quatre années de retard dans la mesure par ELISA du taux d'anophèles infectés à Dielmo et à Ndiop (Sénégal). Au CRC, les séries analysées de densité agressive des *Anopheles gambiae* s.l et *funestus* dans ces villages ont montré une franche rupture au cours de la période 1993\_2004 : au début 1999 on s'aperçoit que le nombre d'attaques d'*Anopheles* a brusquement augmenté en liaison avec celle des nappes phréatiques alentour. En conséquences les périodes 1993\_1998 et post-1999 seront étudiées séparément.

La figure ci-dessous illustre le modèle statistique établi par régression multiple en validation croisée. Ainsi, pour prévoir la densité agressive hebdomadaire des *Anopheles gambiae* S.l avec les pluies et la densité agressive de la semaine précédente, et les humidités relatives maximales et minimales de 2 semaines auparavant. Le même modèle établi sur la 2<sup>de</sup> période n'intègre pas la variable « pluie » dans les variables explicatives montrant ainsi la modification locale de l'environnement. Des notions de seuils associés à l'émergence des premières attaques ont montré que les 1<sup>ères</sup> attaques à Ndiop n'apparaissent jamais en deçà d'une humidité relative minimale sur une semaine de 40%. Laboratoires directement concernés: CRC et l'unité IRD de paludologie de Dakar (Jean-François Trape principalement).

A l'échelle plus large, l'étude de la dynamique des changements de couverture végétale a été commencée à partir de l'indice de végétation (NDVI) en utilisant des données satellites fournies par le Global Inventory Modelling and Mapping Studies (GIMMS) à l'université de Grenoble. Un des résultats a été de montrer un problème de calibration des données : un travail est en cours pour corriger ce problème.



**Figure 2: Climat-paludisme : Prédiction de l'incidence des piqûres.** A/ Les barres rouges représentent le taux de piqûres hebdomadaires d'*Anopheles gambiae s.l* dans le village de Ndiop. La courbe noire illustre l'estimation du même paramètre par le modèle. B/ La courbe verte représente les différences entre observations et estimations.

### Travaux en cours et futurs.

**Au Sénégal**, l'étude de la variabilité interannuelle du paludisme et de ses relations avec le climat sera poursuivie, la prévision des dynamiques vectorielles étant réalisée en validation croisée (type leave-out one hindcasts) et selon divers décalages temporels et seuils avec de nouvelles données plus précises issues de la base de données provient de l'IRD et de l'Institut Pasteur de Dakar. En 2007 le travail sera axé sur l'analyse statistique de l'impact des paramètres climatiques sur les vecteurs avec une modélisation statistique améliorée via l'utilisation de paramètres météorologiques plus locaux qui intègrent de nouveaux jeux de données (ex : l'activité végétative). Les débits de la rivière Néma située à proximité d'un des deux villages sont également attendus. On affinera ainsi la définition de seuils environnementaux en considérant aussi les précipitations (rythmes, séquences sèches, cumuls saisonniers, etc..), la température diurne, l'humidité relative, l'indice de végétation (NDVI), et l'humidité des sols (pas de temps pentadaire ou décadaire).

**Au Mali**, la fenêtre d'étude sera centrée sur le Gourma Malien, qui correspond à une zone de transmission variable très dépendante des conditions climatiques. Les suivis entomologiques, dans le cadre d'enquêtes de terrain (Juin 07-sept 07, Mali) seront menés principalement dans le cadre du projet ACCIES (programme GICC) et l'analyse des variations en rapport avec le climat sera menée conjointement dans ACCIES et dans AMMA. Les suivis entomologiques comprendront quatre étapes : **(1)** l'étude des populations de moustiques (vecteurs potentiels) ; **(2)** l'identification des espèces vectorielles et la détermination du rôle de chaque espèce dans la transmission. Les préférences trophiques par espèce seront étudiées par ELISA avec détermination de la source des repas de sang des femelles gorgées prises au repos dans les habitations humaines par la méthode de Beier et al., (1988); **(3)** l'estimation des paramètres de transmission - compétence vectorielle des vecteurs, diffusion spatiale des vecteurs, analyse des gîtes de reproduction, répertoire et inventaires des lieux de reproduction d'anophèles dans les strates d'étude, classification des types de gîtes selon l'origine, la nature et le



type morphologique du gîte ; (4) lors des suivis entomologiques, une validation du terrain de l'imagerie satellitale sera effectuée. Ces données seront utilisées à la fois pour le suivi de la végétation, le suivi des mares et la classification des gîtes de reproduction.

### Références citées :

- Aguirre, A.A., Ostfeld, R.S., Tabor, G.M., House, C. & Pearl, M.C. Conservation Medicine. Ecological health in practise. Oxford University Press, Oxford, UK (2002).
- Aron J.L. & Patz, J.A. Ecosystem change and public health. A global perspective. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA (2001).
- Craig M.H., Snow R.W., and le Sueur D. A climate-based distribution model of malaria transmission in sub-Saharan Africa. *Parasitology Today* 1999; 15: 105-111.
- Fontenille D., *et al*, 1997 : Four year's entomological study of the transmission of seasonal malaria in Senegal and the bionomics of *Anopheles gambiae* and *A. arabiensis*, *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 91, 647-652.
- Sultan B, K Labadi, JF Guégan and S Janicot (2004) Climate drives the meningitis onset in West Africa, *Plos-Medicine*, accepté.

## ANNEXES

**A. Budget.** Le budget (hors CDD) de fonctionnement –missions est d'environ **15 kEuros / an**, le projet étant prévu jusqu'en 2009 au moins. Des collaborations avec le programme ACCIES du GICC sont en cours pour atténuer les coûts missions. **Il est essentiel de pouvoir recruter un CDD pour travailler à plein temps sur les liens climat-aérosols-méningites** (voir Annexe : Demande de CDD).

**B. Laboratoires impliqués** : CRC, Dijon ; PRODIG, LMD, LOCEAN, Paris ; LOA, Lille ; LTHE, Grenoble ; LISA, Toulouse ; GEMI, Montpellier ; équipe IRD, Dakar ; Service de Santé des Armées, Marseille.

### C. Références du groupe

Dieng O., Analyse de la variabilité intra-saisonnière des précipitations au Sénégal, rapport et stage de Master2 recherche (CEPS).

**Fiches scientifiques de l'IRD (2005), Afrique de l'Ouest : les épidémies de méningite sous l'influence du vent. Fiche 219 , février 2005.**

Interdépartementale « Evolution climatique et Santé » de l'IRD, Montpellier les 20 et 21 septembre.

Jeannot E., Etude de la base de données épidémiologiques MARA/ARMA. Mise en relation entre survenue de cas de paludisme et paramètres climatiques en Afrique de l'Ouest Stage CRC (printemps 2005).

Kotecka M., 2005, Study of potential on meningitis in Niger and influence of dust aerosols, Internal Report and Stage at LOA (October 2004 to April 2005).

**Le Monde (28/01/05) Médecine : les épidémie de méningite en Afrique de l'Ouest**

**Libération (2/02/05) Le climat pourrait régler les méningites au Sahel**

Louvet S, Fontaine B and P. Roucou Active phases and pauses during the installation of the West African monsoon through 5-day CMAP rainfall data (1979-2001), *Geophys., Res. Letter*, 30, 24.

Louvet S., 2005, "Étude d'impact de la variabilité intra-saisonnière des paramètres environnementaux sur les vecteurs du paludisme dans les villages de Ndiop et Dielmo (Sénégal), présentation à l'Action Thématique

Louvet S., Fontaine B., Roucou P., Statistical analyses of the impact of climatic parameters on the vectors of Malaria over West-Africa., AMMA International conference, Dakar 2005.

Louvet S., Fontaine B., Roucou P., 2005 : Modulations intra-saisonnières de la pluviométrie ouest-africaine: pauses et phases actives du système de mousson, *Environnement, Risque et Santé*. Numéro 4, volume 2, 10001-3, mars-avril 2005.



- Louvet S., Statistical analyses of the impact of climatic parameters on the vectors of Malaria over West-Africa, Conférence Internationale AMMA, Dakar 28 novembre au 04 décembre 2005.
- Martiny, N., 2007, "Proposal of a CNRS research project in the frame of AMMA", Workshop on impacts of climate fluctuations and trends in West Africa, "Health Impacts" Work Packages, 26 Février - 2 mars 2007, Bamako, Mali.
- Moulin C and I Chiapello (2004) Evidence of the control of summer atmospheric transport of African dust over the Atlantic by Sahel sources from TOMS satellites (1979–2000), *Geophys. Res. Lett.*, 31, L02107, doi:10.1029/2003GL018931.
- Science et avenir (2005), Epidémiologie : le vent qui annonce les méningites, 697, mars 2005, p. 31.**
- Science et vie (2005), Epidémiologie : en Afrique, la méningite frappe au gré du vent, 1050, mars 2005, p. 29.**
- Sciences au Sud (2005), Les épidémies de méningite modélisées ! 30, Mai-Juillet 2005 p.1 (couverture).**
- Sultan B., K Labadi, G Beltrando et S Janicot (2004) L'épidémie de méningite au Mali et la circulation atmosphérique en Afrique de l'Ouest. *Environnement, Risques et Santé*, 3 : 23-34.
- Sultan B. (2005), Influence du climat sur la survenue des épidémies de méningite en Afrique de l'Ouest, Médecine / Science, 5, vol.1, 470-471.**
- Sultan B. (2005), Influence du climat sur la survenue des épidémies de méningite en Afrique de l'Ouest, *Médecine / Science*, 5, vol.1, 470-471.
- Sultan B. et S. Janicot (2007), L'épidémie de méningite et la circulation atmosphérique en Afrique de l'Ouest, Séminaire de la faculté de médecine de Necker, 12 février 2007, Paris, France.**
- Sultan B., K. Labadi, J.F. Guégan et S. Janicot (2005), Climate drives the meningitis onset in West Africa, *Plos-Medicine*, 2(1):e6.
- Sultan B., S. Janicot and J-F. Guégan (2005), Climate and meningitis epidemics onset in West Africa, *European Geophysical Union*, 28 april, Vienna, Austria
- Yaka P., Sultan B., Janicot S., Fourquet N., Philippon S., Courel M.F., Legrand M. and Chiapello I., Predicting the Meningitis epidemics in West Africa by using climate dynamics. AMMA International conference, Dakar 2005.

## **D. Demande de CDD : « Relations entre saisonnalité climatique, aérosols d'origine désertique et épidémies de Méningite Cérébro-Spinale en Afrique de l'Ouest »**

**Contexte.** Dans les sociétés africaines certaines pathologies dépendent en partie de l'évolution du climat et de l'environnement aux échelles régionales à locales. Ce projet concerne l'étude des relations fonctionnelles climat-méningites. Dans la ceinture de méningites, entre environ 10°N et 15°N, 25 000 à 250 000 personnes sont touchées chaque année : l'épidémie, qui démarre en février pour disparaître en mai, est fortement influencée par les conditions climatiques (travaux de PRODIG et du LOCEAN). Par ailleurs la morbidité est fonction de la saisonnalité et de la concentration en certains aérosols, (travaux du LOA et du CERMES sur les liens aérosol-méningite). Cette étude a pour but de préciser le lien potentiel aérosol-méningite jusqu'à là étudié de manière empirique. Ainsi, il est d'abord essentiel : (a) de valider les mesures d'épaisseurs optiques aérosol (AOT) depuis l'espace ; (b) d'analyser les facteurs environnementaux jouant un rôle sur les émissions des aérosols à des échelles régionales et locales, et particulièrement la végétation. En effet, cette dernière influe sur la stabilité des basses couches de l'atmosphère aux petites échelles, via la turbulence thermique, le réchauffement diurne, les sécheresses et donc l'émission des aérosols.

**Analyses.** Elles seront faites en 2 temps : au Burkina Faso, Niger, Sénégal et Mali.

- **validation des mesures aérosols (AOT) depuis l'espace.** Il s'agit d'utiliser les mesures in-situ des photomètres CIMEL en Afrique de l'Ouest. Les aérosols d'origine désertique seront discriminés selon leurs propriétés optiques (faible dépendance spectrale dans le visible, absorption aux courtes longueurs d'onde). La validation sera menée sur les produits aérosols issus de 3 capteurs satellitaires ayant des résolutions spatiales différentes (1° et 0.25°) et couvrant des périodes temporelles de 1979 à aujourd'hui. Les analyses seront scindées en 2 parties : (a) validation temporelle via l'étude du cycle annuel et de la variabilité inte-



rannuelle des AOT et (b) validation quantitative via l'analyse des valeurs d'AOT à différentes périodes de la saison sèche.

- **lien surface (végétation, i.e. NDVI) – aérosols (AOT).** Il s'agit d'abord d'analyser cycle annuel et variabilité interannuelle du lien NDVI-AOT à deux échelles spatiales différentes ( $1^\circ$  et  $0.25^\circ$ ) de 1981 à nos jours. Il s'agit ensuite d'identifier où et quand la relation NDVI-AOT est la meilleure - la moins bonne - et de l'interpréter en croisant avec le type de surface (sols nus, zones de végétation) issu de données satellitaires exogènes, de décompositions factorielles et de classifications de type CAH.

**Pré-requis et profil souhaités :** expertise en télédétection (surfaces continentales) et mesures in-situ (propriétés optiques des aérosols désertiques) ; maîtrise des outils d'analyses statistiques avec développement sous Unix, Matlab ou Fortran ; connaissances de base en climatologie environnement et santé publique en Afrique de l'Ouest ; anglais scientifique

**Encadrement proposé :** Bernard Fontaine du Centre de Recherches de Climatologie (UMR 5210, Dijon).

#### **Données**

**télédétection :** états de surface (CRC, Dijon): indices de végétation NDVI NOAA-AVHRR ( $1.1\text{km}$ , décadaire, 1981-2005) et type de végétation MODIS ( $500\text{m}$ , annuel, 1999-Auj.) ; aérosols (LOA, Lille) : épaisseurs optiques AOT TOMS ( $1^\circ$ , mensuelles, 1979-1993 et 1996-2000), METEOSAT ( $1^\circ$ , mensuelles, 1984-1993) ; OMI ( $0.25^\circ$ , quotidiennes, 2004-Auj).

**in-situ :** aérosols : propriétés optiques via photomètres CIMEL et réseau AERONET de la NASA. Dans la ceinture de méningites une dizaine de stations, dont celle de Banizoumbou au Niger sur 1995-2005 ;



## **5 Groupe de Travail « Impacts sur la Gestion des Ressources Naturelles » (GT3.3)**

**Coordination** : Pierre Mazzega<sup>3</sup> LMTG – Observatoire Midi-Pyrénées

Cette proposition émane d'un effort conséquent réalisé en 2006 pour élargir l'équipe engagée dans le GT 3.3, notamment par la mise en place d'un noyau de chercheurs des Sciences Humaines et Sociales. Ce cadre de collaboration nous a permis ensuite d'avoir (janvier 2007) diverses prises de contacts institutionnels à Bamako et de lancer une enquête de repérage à Hombori (Dia et al. 2007 ; Becerra 2007).

Compte tenu de ce nouveau contexte, trois points seront traités en 2007 pour assurer le futur de notre projet de recherche :

- Reformulation de l'ensemble du projet scientifique avec les nouveaux partenaires en Sciences Sociales du Nord et du Sud (voir liste des partenaires ci-dessous);
- Missions de terrain (Bamako, Hombori et Gourma) à poursuivre sur les thèmes de la socio-géographie des usages des ressources naturelles renouvelables (RNR) sur la commune de Hombori, de la vulnérabilité sociétale à la ressource en eau et sur les cadres de décentralisation de la gestion des RNR.
- Renforcement des collaborations entre les trois GTs « Impact » (avec B. Sultan et B. Fontaine) avec en particulier la tenue d'un Atelier AMMA Impact à Toulouse à l'automne.

On trouvera ci-dessous un condensé des objectifs et des travaux réalisés et prévus ainsi qu'en annexe quelques précisions quant aux budgets, équipes, références et besoins spécifiques.

### **Objectifs**

La préservation des espaces et de la « durabilité » de certaines ressources naturelles en vue de leur transmission intergénérationnelle constitue l'objectif d'une gouvernance environnementale qu'il convient de mettre au point à la demande même des décideurs nationaux et locaux, en particulier dans le cadre de décentralisation actuel. Le projet se propose d'identifier et d'étudier les conditions les plus favorables à cette transmission à travers **l'organisation sociale juridique et institutionnelle d'une gestion et d'une gouvernance appuyées sur l'analyse scientifique des dynamiques d'interactions socio-économiques et environnementales**. Il s'appuie sur trois ingrédients majeurs :

- la modélisation multi-agents et l'analyse de co-évolutions « génériques » entre la variabilité (interannuelle à intra saisonnière) de l'entrée pluviométrique, son impact sur les écosystèmes pourvoyeurs de ressources, les dynamiques micro-économiques et les cadres réglementaires et normatifs (juridiques, économiques et coutumiers) contraignant les stratégies des acteurs (modèle « **CREN** » pour climat<sup>4</sup>- ressources – économie - normes).
- la comparaison de scénarii prospectifs (établis sous hypothèses explicites contrôlées et donc « falsifiables ») issus du modèle avec certaines réalités terrain appréhendées lors d'enquêtes portant, sur les accès et usages de diverses ressources dans la boucle intérieure du Niger au Mali (transect de Hombori à Bamba/Bourem) et sur les cadres réglementaires et administratifs de l'Etat malien et des collectivités locales ainsi que sur les contraintes relevant de la coutume.

<sup>3</sup> [Pierre.Mazzega@notos.cst.cnes.fr](mailto:Pierre.Mazzega@notos.cst.cnes.fr) Directeur de Recherche CNRS *tel* : 05 61 33 29 55 *Fax* : 05 61 25 32 05

<sup>4</sup> Ici terme générique pour englober toutes les échelles de temps et d'espace des dynamiques atmosphériques.



- Les « enquêtes de terrain » visant à comprendre les mécanismes effectifs mis en jeu dans la gestion et la gouvernance des ressources naturelles renouvelables, tant d'un point de vue politico administratif (Bamako) que de celui des acteurs locaux (communes de Hombori, Gourma Rarhous).

**L'objectif** est d'explorer la possibilité de dégager, dans une diversité de contextes simulés d'interactions entre sociétés et environnements, des « règles » favorisant la durabilité des ressources et services environnementaux ainsi que la reproduction des groupes sociaux et de leurs pratiques culturelles.

### **Travaux prévus en 5 ans**

**Approche & Problématique Conceptuelle :** La durabilité des interactions sociétés - environnement, particulièrement en zone semi-aride, suppose l'intégration de la variabilité de la productivité des milieux et de celle des distributions spatiales des ressources dans une adaptabilité aux fluctuations environnementales, voire une « résilience sociétale » lors de crises. Ainsi les variabilités saisonnières, inter-annuelles et tendances du « climat », via leurs impacts sur les systèmes écologiques (bio-physiques), affectent les valeurs économiques des ressources (utilisées ou potentielles) et de l'environnement lui-même, et suscitent de continuelles adaptations du jeu des acteurs et des régulations des pratiques et usages de l'environnement. L'élaboration de nouveaux modes de gestion de l'environnement sahélien doit s'appuyer sur l'analyse de cette dimension spatio-temporelle des dynamiques foncières et environnementales et en intégrer la co-évolution dans un schéma plastique de gouvernance.

Les **rapports fonciers** expriment les modes de régulation construits par les hommes, un jeu d'acteurs pour organiser les espaces, les répartir et les exploiter, et par suite conditionnent les accès aux **ressources naturelles**, l'intensité des emprises et leurs usages. Accès, usages et re-distribution font également l'objet de régulations (juridiques, coutumières) propres dont certaines autorités reconnues localement sont garantes. Ce niveau qu'en un sens large nous qualifierons de « **juridiques** » (nous y incluons les règles de coutumes) présente de nombreuses spécificités<sup>5</sup> par rapport aux traditions de droit occidental.

Ce domaine « juridique » est néanmoins fortement perméable aux dynamiques économiques qui traversent la société. A notre échelle d'intérêt – groupement de quelques communes ou villages et campements – cette **économie** (domestique, de subsistance, d'unités d'exploitation, etc.), relève d'une hybridation d'approches scientifiques : micro-économie et anthropologie économique principalement (Mazzega et al. 2005). En effet, par exemple la formation des prix des denrées et des produits issus des ressources prélevées, dépend aussi bien de la pression de marchés extérieurs (marchés urbains, nationaux, régionaux) de « libre concurrence », que d'échanges préférentiels orientés suivant des logiques de groupes sociaux individualisés (famille, clan, genre, etc.). De même le prêt ou l'échange, non nécessairement médiatisés par la monnaie, peut sceller des alliances ou assurer une forme de contractualisation.

Les conditions de l'échange économique (au sens large que nous venons de présenter brièvement) et de l'incidence *des Droits* (et de leur propre évolution) sont fortement déterminées par les **variations climatiques** et leurs incidences sur les **écosystèmes** dont sont tirées nombres de ressources ou dérivés des services.

Enfin, les rapports de la société à son environnement ne se réduisent pas à leur projection sur les pôles « climat – ressources - économie – normes ». Les pratiques des groupes sociaux et des individus pour assurer leur subsistance, les technologies utilisées, la répartition des efforts d'exploitation, fortement soumises à des déterminants historiques et sociologiques spécifiques, *endémiques* pourrait-on dire, doivent être observées sur le terrain (e.g. Becerra 2007).

<sup>5</sup> Par ex. : la relative indépendance du droit d'Etat – légal – et des droits de la coutume – légitimes ; les statuts donnés à la terre ; les influences de l'Islam, etc.



Ainsi concevoir et proposer une **régulation consensuelle** de la gestion des ressources naturelles renouvelables, combinant légalité et légitimité, suppose de comprendre l'interdépendance et la co-évolution des dynamiques en jeu par l'analyse théorique (et son expression en terme de modèle multi-agents) et l'observation :

1. des états et de l'évolution (de l'intra saisonnier au pluriannuel) de **l'environnement « bio-physique »** ;
2. des **valeurs économiques** des biens, services et externalités environnementales pour les sociétés concernées ;
3. du **jeu des acteurs** (représentations, pratiques, stratégies et prises de décision) dans la (continue) négociation sociale des accès, usages et transmissions des ressources naturelles ;
4. des **modes de régulation** des espaces et des ressources naturelles renouvelables (où s'imbriquent diverses échelles de «gouvernance», du local à l'international) ;

Face à la complexité du système dans son entier, l'objectif ne peut être à ce stade de prévoir des évolutions mais plutôt de proposer plusieurs scénarii robustes de co-évolutions climat – ressources – économie - normes (CREN ; Mazzega et al. 2005), **scenarii prospectifs** concurrents et définis conditionnellement sur un ensemble d'hypothèses critiquables et « *falsifiables* ».

Nous nous intéresserons en particulier à la manière dont ces différents systèmes s'organisent pour tracer un chemin viable de **co-évolution** compte tenu de leurs différences de temps d'adaptations aux variabilités climatiques (saisonniers à inter-annuelles). Nous étudierons également les dispositifs sociétaux existant – et ceux à promouvoir – qui permettent d'intégrer l'idée de **risques** environnementaux et qui s'avèrent vitaux lors de crises environnementales sévères (typiquement les sécheresses récurrentes).

L'étude **au Mali du Gourma** nous permettra de mener diverses analyses sur les pratiques de gestion des ressources et de gouvernance environnementale, et sur les spécificités locales des stratégies d'adaptation socio-économiques et juridiques aux variabilités climatiques et à leurs impacts (prévention des risques ; « remédiation » de crises, etc. Cournil and Mazzega 2005). Le contexte social y est lui-même complexe avec des groupes et sous-groupes sociaux bien différenciés culturellement et dans leurs rapports à l'environnement (mode de vie, moyens de subsistance, nature des liens inter-groupes, etc.).

**Méthodologie :** Compte tenu de l'ambition de notre projet, du nombre restreint de personnes impliquées à ce jour et des moyens financiers mobilisables au moins à brève échéance, il serait illusoire de vouloir mettre en œuvre une stratégie d'étude *ex-nihilo* . Deux points doivent être soulignés :

1. **de nombreux travaux existent** depuis plus de trente ans sur l'économie de cette zone, les pratiques de production (pêche, cultures, pastoralisme), certains cadres juridiques et coutumiers, travaux que nous utilisons de manière à avoir une profondeur historique sur les situations actuelles ;
2. de même de nombreux travaux, dont plusieurs intégrés au Programme **AMMA**, en particulier sur le suivi environnemental peuvent concourir – après accord réciproque - au développement de notre WP3.3 et en retour à leur **valorisation** dans la perspective d'une gestion raisonnable des ressources renouvelables. Les produits dérivés de la télédétection spatiale seront fortement sollicités (via collaboration avec E. Mougin et al au CESBIO – travaux en cours).

L'approche interdisciplinaire nécessite d'établir une « traductibilité » conceptuelle incluant la critique croisée et constructive des formes disciplinaires d'appréhension des objets environnementaux. A cette fin nous sommes engagés dans l'explicitation des **structures et contenus d'ontologies** (ensembles de concepts mobilisés et de leurs inter-relations).



En parallèle un travail amont à la modélisation consiste à traduire un choix de règles juridiques (lois sur l'eau, charte pastorale, etc. ; usages entérinés par la coutume...) en terme de **logique déontique**. Ce volet (collaboration avec l'IRIT-UT1 ; collaboration avec G. Sartor - Univ. de Florence et D. Bourcier CERSA Paris 2) ouvre ensuite des possibilités de « calculs » sur les règles formalisées (Mazzega 2006 ; Bourcier and Mazzega 2007): évaluation d'impacts sur l'économie ou l'écosystème via le comportement des acteurs, mais aussi recherche de combinaisons de règles favorisant certaines co-évolutions.

Les éléments d'explication – quel que soit leur statut: hypothèses de travail ou « faits » avérés – des régularités des dynamiques d'interactions entre variabilité climatiques et gestion des ressources, seront explicitées sous forme de règles « simples » de comportement attribuées à des agents évoluant (a) sur un domaine spatialisé et doté de divers écosystèmes attachés à des « réservoirs » hydrologiques (fleuve, mares, plaines inondables, prairies) (b) dans des cadres institutionnels spécifiés (famille, clan, divers réseaux sociaux) d'un **modèle multi-agents**. En parallèle est développé un modèle dit « semi-agrégé » : ce modèle représente les mêmes dynamiques couplées mais non spatialisées et avec des variables d'état plus agrégées (moyennées sur des ensembles) liées par des équations aux dérivées ordinaires stochastiques.

Un certain nombre d'enquêtes de terrain focalisées sur les sites **Hombori-Agoufou** et **Gourma Rarhous** viendra compléter les informations rassemblées via nos collaborations avec nos correspondants maliens (IER, Faculté de Droit de Bamako, ONGs) et via nos collaborations « intra AMMA ». Notons en effet que nous sommes également fortement impliqués dans l'estimation de la productivité primaire au Sahel (Jarlan et al. 2007 ; Mangiarotti et al. 2007a) et dans l'analyse de sa prédiction (Mangiarotti et al. 2005 ; Mangiarotti et al. 2007b).

**Produits attendus :** Compte tenu de la couverture des disciplines promue par notre projet, la nature des produits attendus est diversifiée. Brièvement il s'agit:

- D'un ensemble de travaux rendant compte des cadres et de la **dynamique effective de la gestion et de la gouvernance des RNR du niveau national au niveau local** (approches : sociologique, géographique, juridique, politique, et modélisation) et de certains de ses impacts sociétaux (notamment les migrations de population – e.g. Cournil et Mazzega 2006, 2007) ;
- D'un **modèle semi-agrégé** des co-évolutions Climat-Ressources-Economie-Normes (CREN ½ agrégé) représentées sous formes de sous-systèmes couplés d'équations aux dérivées ordinaires stochastiques ;
- D'un **modèle multi-agents** des mêmes dynamiques mais « bottom-up » (représentations des comportements des acteurs individuels) sur un paysage spatialisé comportant des écosystèmes;
- D'une **base de données** et d'informations hétérogènes (ingrédients de l'ontologie, données d'enquêtes et d'archives ; textes juridiques ; produits dérivés par d'autres équipes, etc.) ;
- De la production d'un ensemble de **scenarii prospectifs** de co-évolutions société-environnement sous hypothèses explicites contrastées;

## ANNEXES

### **A. Budget.**

Le budget (hors CDD) de l'ensemble de l'équipe du Nord impliquée tourne autour de **27 kEuros / an** et couvre principalement les frais de mission de terrain et le fonctionnement. Le projet devrait couvrir au moins une période **2007 – 2010** pour prétendre à une certaine compréhension des dynamiques de gestion / gouvernance des RNR. (Notons que la partie « développement de la plateforme de simulation multi-agents » - avec l'IRIT et le LERNA- est et sera principalement financé dans le cadre d'autres programmes de recherche).



Suite à la reformulation de l'ensemble du projet scientifique avec les divers partenaires, nous serons en mesure dès 2007 de solliciter des programmes spécifiques pour le financement des **équipes du Sud** sur la période 2008-2010.

De plus, **il est essentiel de pourvoir recruter d'un(e) sociologue sur CDD pour travailler à plein temps sur la gouvernance et la gestion des RNR et assurer le suivi et la coordination des enquêtes de terrain** (voir Annexe : Demande de CDD).

## B. Principaux Partenaires

### Au Nord :

- **Observatoire Midi-Pyrénées : LMTG** : Aguédé A. (économiste, M2 2007 puis thèse, 100%), Becerra S. (sociologue, CR CNRS, 30%), Bonnet M.P. (hydrologue, CR IRD, 10%), Mangiarotti S. (géophysicien ; CDD 20%), Mazzega P. (géophysicien ; DR CNRS 80%) ; **LA** : Gangneron F. (thèse géographie-sociologie, 2006- 2009, 50%)
- **IRIT-UT1** : Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, antenne UT1 – Amblard F. (modélisation multi-agent, MC UT1 15%) ; Duthen Y. (informatique théorique, Prof. UT1 10%), Perrussel L. (logique déontique, MC UT1 10%), XX (informaticien, M2 2007 puis thèse)
- **Université Toulouse 2** : Barué-Pastor M. (ethno-sociologue, DR CNRS, lab. Architecture Paysage Société et Modèles, 30%), Bonnassieux A. (socio-anthropologue, CR CNRS, lab. Dynamiques Rurales, 10%), Dia H. (sociologue, CERTOP, recherche CDD, 20%)
- **LERNA –UT1** : Laboratoire d'Economie des Ressources Naturelles (INRA / UT1) Amigues JP. (économiste DR INRA 10%) XX (économiste, Master 2 en 2008 soit 40%)

Au Sud : Ces partenariats sont en cours d'élaboration et seront formalisés à l'automne 2007. Les premiers contacts ont été établis (lors de la mission de S. Becerra, F. Gangneron et H. Dia à Bamako et Hombori) en Janvier 2007. Le montage d'un mécanisme de financement pour ces équipes du Sud est à l'étude au travers de la collaboration nord-sud.

- **Institut d'Economie Rurale** (IER, Bamako) : principal interlocuteur et collaborateur institutionnel (Dr Bino Témé – Directeur ; Dr Lassine Diarra – sociologue, Dr Salmana Cissé – sociologue).
- **Faculté des Sciences Juridiques et Economiques de Bamako** : Moussa Djiré (djiremous@yahoo.fr) et collègues - Juriste, Prof., spécialiste de la mise en place de « conventions locales » au Mali pour la gestion des ressources naturelles.
- **CADIS** : Mahamane Cissé, sociologue consultant ([cadis@datatech.toolnet.org](mailto:cadis@datatech.toolnet.org)), directeur général du CADIS (Cabinet d'assistances pour le développement intégré au Sahel), spécialiste de la problématique de l'hydraulique villageoise et de l'assainissement.
- **CEPIA** : Ousmane SY, agro-économiste, Directeur du Centre d'Expertise Politique et Institutionnelle en Afrique (CEPIA, Mali), acteur de la décentralisation et de la réforme de la gouvernance dans son pays.
- **Université de Cocody (Aidjan)** : Konaré A. (climatologue, Lab. Physique de l'Atmosphère UFR SSMT, 20%) pour la production de scénarios d'évolution de certaines variables aux échelles de quelques décennies (not. Pluviométrie en Afrique de l'Ouest).

## C. Références & Activités

Becerra S. (2007) Rapport de mission - Bamako / Hombori (4/01/07 AU 3/02/07), 48 pp.

Bourcier D. and P. Mazzega (2007) Towards measures of legal complexity, 11th Conf. Artificial Intelligence and Law, ICAIL 2007 June 4-8, Stanford Univ., Palo Alto, CA USA, in press.

Dia H., Becerra S. et F. Gangneron (2007) Des crises climatiques aux ruptures politiques : effets de la désertification sur les transformations de l'action publique environnementale au Mali, *Vertigo*, en préparation (pour août 2007).

Cournil Ch. et P. Mazzega (2007) Réflexions prospectives sur une protection juridique des réfugiés écologiques, *Revue Européenne des Migrations Internationales*, *sous presse*.

Cournil Ch. et P. Mazzega (2006) Catastrophes écologiques et flux migratoires : comment protéger les « réfugiés écologiques »?, *Revue Européenne de Droit de l'Environnement*, n°4, 417-427.

Cournil Ch. & P. Mazzega (2005) Preventing and remedying socio-environmental crisis in Gourma (Mali/Sahel) : from spaceborn remote sensing to juridical instruments, AMMA Conference, Dakar 2005, <http://amma.mediasfrance.org/meetings>



- Jarlan L., Mangiarotti S., Mougin E., Mazzega P., Hiernaux P. & V. Le Dantec (2007) Assimilation of SPOT/VEGETATION NDVI data into a sahelian vegetation growth model, *Remote Sensing of Environment*, in press.
- Mangiarotti S., Mazzega P., Jarlan L., Mougin E., Baup F. & J. Demarty (2007a) Evolutionary Bi-objective Optimization of a Semi-Arid Vegetation Dynamics Model with *NDVI* and  $\sigma^0$  Satellite Data, *Remote Sensing of Environment*, in press.
- Mangiarotti S., Mazzega P., Mougin E. and P. Hiernaux (2007b) Predictability of the Vegetation Cycle over West Africa from AVHRR-NDVI data: I- Invariants *versus* Spatial Scales, en preparation (pour juin 2007).
- Mangiarotti S., P. Mazzega, E. Mougin, L. Jarlan, P. Hiernaux (2005) Predictability of the Annual Vegetation Cycles over Sahel from AVHRR-NDVI data: a preliminary nonlinear space-time analysis, AMMA Conference, Dakar 2005, <http://amma.mediasfrance.org/meetings>
- Mazzega P. (2006) Probing complexity in environmental and legal systems, in JURIX 2006, Workshop 2 *Law as a Complex Evolving System*, Univ. Paris 2, 9 décembre, invited paper.
- Mazzega P., Amigues J.P. and Ch. Cournil (2005) A first step toward a model coupling the climate and resources variability with socio-economical dynamics and legal norms, AMMA Conference, Dakar 2005, <http://amma.mediasfrance.org/meetings>

## D. Demande de CDD

**Profil** : Sociologue travaillant sur la gouvernance et la gestion des ressources naturelles renouvelables (RNR); Niveau : Post-doctorat ; Expérience requises : terrain ouest africain ; enquêtes de terrain par entretiens; travail en équipe.

**Mission** : a) Développer l'axe de recherche « organisation politico administrative, gouvernance et décentralisation de la gestion des RNR » ; b) Assurer, au niveau du WP3.3, le suivi de la coordination, conception, organisation et valorisation (publications, colloques, etc.) des enquêtes de terrain par entretiens à Bamako et dans le Gourma ; c) assurer la coordination avec les partenaires du Sud (montage de projets, missions, etc.).

Parmi les **changements politiques** l'avènement de la Troisième République, la publication depuis 1991 de lois, décrets et arrêtés portant sur la gestion des RNR (charte pastorale, gestion de l'eau, etc.) et diverses réorganisations institutionnelles créent de nouveaux cadres dans lesquels les acteurs adaptant leurs stratégies, induisent de nouvelles incidences sur les ressources, elles-mêmes étroitement dépendantes des dynamiques « climatiques » saisonnière à inter annuelle.

La **décentralisation** quant à elle restructure l'espace politique et administratif en créant la commune en remplacement des anciens arrondissements. Ainsi la délimitation même des territoires communaux fait l'objet à leurs marges de manoeuvres d'empiètement et de contestation<sup>6</sup>. De plus le transfert des compétences en matière environnementale, pourtant annoncé, n'est pas accompagné des moyens (financiers, en personnel, en formation, etc.) requis pour cette prise en main. Dès lors comment la gestion « locale » (via les communes, pouvoirs villageois, populations, Associations) des ressources est-elle appréhendée et mise en œuvre ? Ceci dans une société complexe (pluri ethnique) dont les valeurs sont ébranlées par de nouvelles pratiques (monétarisation de certains échanges ; élargissement des modes de subsistance, etc.) et de nouvelles « mobilités » (sociales, géographiques, de biens, etc.). La pauvreté chronique d'une grande partie de la population locale induit une forte pression sur toutes les ressources si bien que le développement local se trouve très lié aux politiques environnementales.

L'ensemble de ces évolutions se transcrit aussi dans une refonte **administrative**. Quels rôles jouent aujourd'hui les autorités administratives (rattachées au Ministère de l'intérieur : Région – Gouverneur ; Cercles - Chef de Cercle ou Préfet ; Arrondissements - Sous-préfet) et services techniques des ministères dans la gestion des RNR (eau, sols, foncier, pâturages, forêts, bois, ...) ? Quels rôles et fonction sont-ils déferés aux services ministériels déconcentrés impliqués dans la gestion de « l'environnement » (agriculture, hydraulique, environnement ...) ? Comment s'exercent concrètement ces pouvoirs ?

Plusieurs techniques d'enquête seront mises en œuvre en fonction des situations et des points abordés (entretiens semi-directifs, entretiens approfondis) et appuyés sur des recherches documentaires tant « locales » qu'à Bamako.

<sup>6</sup> e.g. dynamiques socio-économiques autour de la mare d'Agoufou (permanente depuis le début des années 90), entre les communes d'Hombori et de Gossi.