

Dossier à remplir pour le bilan et la labellisation 2015-2019 d'un Service National d'Observation

Nom du service : AMMA-CATCH

<http://www.amma-catch.org/>

Nom du responsable : (nom, titre) Sylvie Galle, CR IRD, LTHE,
assistée du comité exécutif suivant :
Christophe Peugeot, CR IRD, HSM
Manuela Grippa, Physicienne-adjointe CNAP, GET

Laboratoire : LTHE

OSU ou Établissement / organisme de rattachement : OSUG, OMP, OREME

Signature du responsable

Signature du directeur OSU gestionnaire (ou Établissement / organisme de rattachement)

Autres laboratoires et OSU intervenant dans le fonctionnement du service (pour chaque laboratoire concerné ou équipe impliquée, indiquer en deux lignes maximum, le mode d'intervention, hors exploitation scientifique) :

Le SO-ORE est porté depuis sa labellisation ORE en 2002 par trois laboratoires : le **GET**, **HSM** et le **LTHE**. Plusieurs chercheurs et ITAs de ces trois laboratoires sont impliqués dans la mise en œuvre sur le terrain et dans l'exploitation scientifique des données. Au Bénin la **DG-Eau**¹ participe aux tournées de terrain et l'**UAC**² est notre partenaire. Au Niger des chercheurs de l'**UAM**³, et des **Universités de Maradi** et de **Zinder** sont responsables d'instruments, et au Mali l'**USTTB/FAST**⁴ est responsable des données météorologiques. En complément de nos observations et en étroite collaboration scientifique et logistique, l'**IPGS** a mis en place des observations gravimétriques sur nos sites. Enfin des chercheurs des UMRs, **CNRM**, **CESBIO**, **LA**, **LOCEAN**, **LSCE**, **METIS**, et de l'**IRSTEA/HLLY** ont participé à des opérations Calibration/Validation (Cal/Val) de mission satellitaires ou à des études de modélisation impliquant des mesures spécifiques, en collaboration avec les chercheurs des trois laboratoires pré-cités et souhaitent maintenir leur activité dans le futur.

¹ DG-Eau : Direction Générale de l'Eau, Cotonou, Bénin

² UAC : Université d'Abomey-Calavi, Bénin

³ UAM : Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

⁴ USTTB/FAST : Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Bamako, Mali



BILAN 2010-2014

1- Le contexte, les motivations et les objectifs scientifiques.

Le cinquième rapport du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat [IPCC, 2013] confirme les précédents rapports du GIEC, alertant la communauté internationale sur les possibles impacts du réchauffement climatique causés par l'augmentation des gaz à effet de serre (GES). Notamment, il est attendu que de nombreuses composantes du cycle de l'eau soient affectées par le changement climatique, modifiant ainsi la disponibilité spatiale et temporelle de la ressource en eau et les risques hydrologiques [Huntington, 2006].

La protection des populations face aux potentiels impacts négatifs du changement global (changement climatique et impacts anthropiques sur les éco-hydro-systèmes) est désormais un enjeu majeur pour les décideurs. Elle nécessite de pouvoir évaluer de façon fiable (i) les spécificités régionales du changement climatique global, (ii) l'impact des changements climatiques régionaux aux échelles spatiales et temporelles des préoccupations sociétales (notamment aux échelles des éco-hydro-systèmes pour ce qui concerne les extrêmes hydro-météorologiques), (iii) les modifications locales (changements d'occupation des sols, barrages, etc.) des éco-hydro-systèmes et (iv) la vulnérabilité des populations face à ces changements.

Néanmoins, il est à l'heure actuelle très difficile de proposer des stratégies d'adaptation au changement climatique à cause de la forte incertitude des simulations futures des modèles de climat notamment concernant le cycle de l'eau et la variable précipitation. Ces incertitudes sont renforcées dans certaines régions du monde notamment celles de la zone inter-tropicale considérées comme un des 'hot spots' de la recherche sur le climat [IPCC, 2013; Toreti et al., 2013]. D'une part, les enjeux sociétaux sont importants dans ces régions où les populations sont en général très vulnérables aux aléas du climat. D'autre part, la circulation atmosphérique de la bande inter-tropicale est au cœur de la redistribution de l'énergie et de l'eau atmosphérique à l'échelle globale, une modification de son fonctionnement aura probablement un impact sur la circulation et le climat des zones extra-tropicales [Hu and Fu, 2007; Seidel et al., 2008]. Pourtant, les modèles de climat produisent des projections très discordantes dans les tropiques soulignant des difficultés à représenter les signaux climatiques spécifiques à ces régions. De plus la réponse des éco-hydrosystèmes tropicaux aux changements climatiques, est non linéaire et encore mal connue. Enfin la climatologie des régions inter-tropicales est de manière générale mal documentée car les études basées sur les observations souffrent d'un manque de données, particulièrement en Afrique subsaharienne.

La forte incertitude des modèles de climat, leur difficulté inhérente à capter certaines spécificités régionales et les enjeux autour des impacts de la variabilité du climat sur les sociétés montrent qu'il est nécessaire de continuer à développer des stratégies d'observation multi-échelle du système éco-hydro-climatique. En effet, l'observation multi-échelle du cycle de l'eau et de la végétation est un élément clé qui contribue à nos 3 objectifs (i) documenter la variabilité du climat et de l'hydrologie sur la base de séries de référence nécessaire pour l'évaluation des simulations de modèles et de la télédétection, (ii) mieux comprendre les mécanismes atmosphériques et de surface à l'origine de cette variabilité, (iii) étudier les impacts de la variabilité du climat et anthropique sur la réponse des éco-hydro-systèmes et sur la dynamique des écosystèmes.

En octobre 2013 lors de son atelier annuel qui regroupe tous les responsables d'instruments (*Principal Investigators- PIs*) et un représentant des partenaires de chaque pays, le SO a défini trois axes thématiques sur lesquels ses forces seront engagées et qui piloteront la stratégie d'observation et d'instrumentation, et donc les mesures réalisées sur les 3 sites : (1) Evolution des systèmes à long terme



avec une portée régionale ; (2) Etude des processus ; (3) Réponse aux besoins socio-économiques et de développement. Ces axes comprennent chacun différentes actions de recherche.

Axe 1 : Evolution long terme des éco-hydro-systèmes à portée régionale

Une des priorités de l'observatoire est de fournir une vision régionale des changements environnementaux (climat, hydrologie, végétation) à long-terme en Afrique de l'Ouest. L'objectif de cet axe est de documenter les évolutions à la fois climatique et anthropique en Afrique de l'Ouest et leurs impacts sur le cycle hydrologique et la dynamique de la végétation sur le long terme. On s'interroge à la fois sur:

- les évolutions climatiques: les tendances à long terme, l'intensification du régime pluviométrique, l'occurrence des événements extrêmes (sécheresses, vagues de chaleur) et les liens entre ces tendances et d'éventuelles modifications des mécanismes météorologiques;
- l'évolution des états de surface: la dynamique de la végétation herbacée et ligneuse, l'évolution des sols sahéliens (évolution des sols peu profonds, érosion, encroutement);
- l'évolution du cycle hydrologique: les crues des rivières (Niger, Ouémé), leur intensification récente et le lien avec les risques d'inondations, l'évolution des eaux de surfaces et des mares sahéliennes, les eaux souterraines et les ressources en eaux.

La stratégie multi-site et multi-échelle du S.O. est mise en place pour pouvoir extrapoler les observations acquises sur les sites à l'échelle régionale en s'appuyant sur la télédétection et sur la modélisation.

Axe 2 : Etude des processus

Le second axe thématique concerne les études de processus visant à mieux comprendre et modéliser les interactions entre les forçages atmosphériques et la réponse des hydro-systèmes. Cet axe aborde les problématiques du fonctionnement éco-hydro(géo)logique des bassins versants et des agro-écosystèmes ouest africains, et de ses évolutions sous contraintes des changements globaux. Toutes les actions menées dans le cadre du SO dans le but de parvenir à une meilleure connaissance des processus de surface impliqués dans le couplage des cycles hydrologiques, de l'énergie et du carbone d'une part et, à analyser les impacts climatiques et anthropiques sur ce fonctionnement d'autre part, entrent ainsi dans le périmètre de l'axe. Les actions suivantes sont particulièrement concernées :

- Etudes des processus éco-hydro-géologiques de surface par l'observation in situ, en laboratoire ou par télédétection. Ces observations (flux d'échange surface-atmosphère & écoulements de surface et souterrains; flux de sève ; phénologie), peuvent être soit supportées directement par le SO, soit acquises de manière complémentaire dans le cadre de collaborations ou de projets associés au SO et financés de façon externe au SO.
- Développement ou adaptation de modèles de type mécanistes par intégration des processus de surface clés, selon des conceptualisations adaptées à l'échelle considérée, aux différents zones et/ou contextes environnementaux suivis.
- Application et évaluation des modèles en regard de l'expertise du terrain et des observations acquises sur sites (ex : Exercice d'intercomparaison ALMIP-2).
- Etudes de transfert d'échelles spatio-temporelles, allant par exemples de l'individu du peuplement végétal, le bassin versant à la méso-échelle pour les aspects spatiaux, et de l'infra-horaire à l'interannuel pour les aspects temporels.
- Analyse d'impacts climatiques et anthropiques, par exemple par extrapolation des modélisations éprouvées,



Axe 3 : Répondre aux besoins socio-économiques et de développement

Au-delà de sa vocation d'appui à la recherche, le SO entend contribuer à répondre à certaines interrogations d'ordre socio-économique et aider (même si indirectement) au développement des pays du Sud. L'objectif de cet axe est de valoriser les résultats de la recherche AMMA-CATCH à travers un transfert vers les décideurs, les organisations non gouvernementales, les communautés, les étudiants. Ceci permet de développer un dialogue entre ces différents acteurs et la communauté scientifique AMMA-CATCH pour une meilleure prise en compte de leurs besoins de développement en la matière par la recherche, mais aussi l'intégration des résultats de la recherche dans les politiques de développement socio-économique. Ceci doit se traduire par :

- La communication par la mise à disposition d'articles de vulgarisation aux différents acteurs (décideurs, ONG et communautés);
- Le soutien et le développement des écoles de terrain à l'endroit des étudiants (formation à la recherche) et des techniciens (formation continue)
- l'approfondissement des connaissances autour des événements hydro-météorologiques à fort impact (e.g. prévision des crues, analyses statistiques, etc.). À titre d'exemple, l'observatoire travaille actuellement sur le risque inondation à Cotonou

Sur cet axe, il faut souligner que le SO entretient une forte collaboration avec des partenaires du Sud tels que le centre AGRHYMET (CILSS), la Direction Générale de l'Eau (Bénin), les Directions Météorologiques Nationales (Bénin, Mali, Niger), l'Université Abomey-Calavi (Bénin), l'Université Abdou Moumouni (Niger), l'Université de Bamako (Mali). De par sa tutelle IRD, l'observatoire est engagé dans la formation de ses partenaires du Sud.

2- Les missions du Service d'Observation

Description exhaustive du service en termes de sites et paramètres. Privilégier une présentation concise (tableau, carte). Justification des sites/paramètres par rapport aux objectifs. Cette description doit se limiter au périmètre du service labélisé en 2010

Approche multi-échelles

AMMA-CATCH est un service d'observation (SO) qui vise à documenter sur le long terme les évolutions climatiques, hydrologiques et écologiques en Afrique de l'Ouest. Il s'appuie sur trois sites densément instrumentés, certains fonctionnant depuis le milieu des années 1980 sur la partie sahélienne de l'observatoire. La superficie de chacun de ces trois sites de méso-échelle est comprise entre 10 000 et 36 000 km² ; ils sont étagés en latitude de manière à échantillonner les gradients éco-climatiques caractéristiques de la région (figure 1). A l'intérieur de chaque site de méso-échelle, on réalise des observations plus fines sur des super-sites et des sites intensifs locaux.



Figure 1 : Position des 3 sites de méso échelle et des super-sites en Afrique de l'Ouest



Sites de méso-échelle

Trois sites de méso échelle (environ 100*100 km²) ont été équipés pour échantillonner des régions contrastées : de par leur zone climatique et écologique, leur géographie, leur fonctionnement hydrologique, l'aménagement et l'occupation des sols. Ces sites sont dédiés à l'étude du couplage entre la dynamique de la végétation et le cycle de l'eau, les rétroactions continent-atmosphère et des estimations de bilans d'eau.

Tableau 1 : Caractéristiques des sites de méso-échelle

Nom du site	Pays	climat	Pluviométrie	Superficie	Occupation des sols	Début mesures
Gourma	Mali	sahélien à nord-sahélien	100-400 mm/an	36 000 km ²	Milieu pastoral	1984
Degré Carré de Niamey	Niger	sahélien	450-600 mm/an	10 000 km ²	Milieu cultivé, savane	1990
Haute Vallée de l'Ouémé	Bénin	soudanien	1200-1300 mm/an	15 000 km ²	Milieu cultivé forêt claire	1996

Super sites

A l'intérieur de chaque site de méso échelle, des supersites d'une centaine de km² ont été équipés plus densément pour des études de processus et de fermeture du bilan hydrique. Ces observations à très fine échelle permettent d'analyser la transposabilité d'échelle dans les modèles hydrologiques ou d'étudier en détail les processus physiques.

- Le super site Hombori - Mali
- Le super site Niger Central - Niger
- Le super site Donga - Bénin

Sites intensif locaux

Le cœur des super-sites est constitué par des sites intensifs dont le couvert végétal et la topographie sont représentatifs des principaux milieux rencontrés dans la région. Ces sites intensifs sont équipés, outre les mesures de base qui constituent l'ossature du suivi aux échelles supérieures, de stations météorologiques, de mesures d'humidité des sols et de mesures des flux turbulents de chaleur sensible et de H₂O/CO₂.

- Sites intensif locaux d'Agoufou, d'Eguerit et de Kelma – Mali
- Sites intensifs locaux de Wankama et Tondikiboro – Niger
- Sites intensifs locaux de Nalohou, Béléfoungou et Bira – Bénin

Paramètres mesurés

Sur ces trois sites, le suivi simultané de la dynamique du couvert végétal, de sa phénologie et des différents composantes du cycle de l'eau (pluie, infiltration, recharge des aquifères, ruissellement de surface) permet d'appréhender les interactions entre bilan hydrologique, dynamique de la végétation et variabilité du climat aux échelles intra-saisonnières à pluri-annuelles sur cette région hautement vulnérable aux impacts du changement climatique.



Le set de mesure est autant que possible identique sur les 3 sites. Il est évidemment adapté suivant les conditions locales, ainsi le ruissellement de surface est mesuré dans des rivières (au Bénin) ou dans les mares où il se concentre en zone endoréique (au Mali et au Niger). De même les stations de mesure de flux sont installées sur des types de couverts différents sur les 3 sites.

Les 900 appareils de mesures répartis sur les 3 sites sont groupés en 54 « instruments ». Un instrument est un appareil ou groupe d'appareil qui répond à une question scientifique et qui porte sur une échelle spatiale et temporelle précise. Chaque instrument est sous la responsabilité scientifique d'un PI (*Principal Investigator*) et correspond à un jeu de données de la base de données du SO. Actuellement 38 instruments sont en fonction, 12 sont arrêtés car ils correspondaient à des objectifs qui ont été atteints (caractérisation, étude de processus) et 4 sont suspendus pour des raisons de sécurité.

Au moins un instrument de chaque catégorie est présent sur chaque site, excepté au Mali où les mesures automatiques ont dues être suspendues après 2011 pour cause d'insécurité. Seules les mesures manuelles continuent sur ce site grâce aux observateurs locaux qui transmettent leurs données à Nogmana Soumaguel, le technicien en PLT⁵ IRD au centre de Bamako, qui gère toute la logistique et l'acquisition des données sur le site. Nos partenaires de l'Université de Bamako (FAST) prévoient de remettre en fonction une station météorologique complète à Hombori en 2015.

Tableau 2 : Pour chaque catégorie d'instrument sont indiquées les variables mesurées et le nombre d'instrument en fonction sur chaque site en 2014. Les instruments arrêtés sont indiqués entre parenthèses.

Catégorie	variables	Bénin	Niger	Mali
Pluie	Pluie (5 min)	3	4 (1*)	1 (2)
Météo	Bilan radiatif, température et humidité de l'air, vitesse du vent, pression atmosphérique	1	1	1**
Eaux de surface	Débit de rivière ou hauteur de mare, parcelles de ruissellement, conductivité, turbidité, campagne géochimie	3	2 (1)	1
Eaux souterraines	Hauteur de nappe, température, conductivité, campagne géochimie	2 (2)	2	1
Humidité des sols	Profil automatique d'humidité et de température sur au moins 1 m, sonde à neutrons	2	2 (1)	(2)
Flux (H, ETR et CO2)	Flux de chaleur sensible et latente, CO2, flux de chaleur dans le sol	2 (1)	2	(2)
Suivi de végétation	Occupation des sols, hauteur, biomasse, LAI, phénologie, flux de sève	1 (1)	4*	3 (3*)

* : dont un jeu de données historique, démarrant avant 1990

** : réinstallation prévue en 2015 par notre partenaire de la FAST de Bamako.

⁵ PLT : Personnel Local Temporaire



3- Les protocoles de mesure

Description rigoureuse des protocoles de mesures conduisant à des précisions à même de répondre aux questionnements scientifiques (y compris les stratégies d'échantillonnage dans l'espace et le temps). Description des procédures de contrôle qualité. Lien avec les procédures de qualité utilisées dans les réseaux internationaux

Le déploiement instrumental vise à échantillonner le paysage à différentes échelles spatiales, selon l'approche multi-échelle décrite ci-dessus, ce qui rend les mesures effectuées particulièrement adaptées pour la validation des produits de télédétection à différentes résolutions spatiales et aux exercices de modélisation à différentes échelles (ALMIP2) et qui facilite les études régionales.

Pour chaque site de méso-échelle, les instruments sont répartis afin d'échantillonner les composantes principales du paysage (en terme d'occupation/usage du sol, des types des sols, de la topographie et des réseaux hydrographiques) (voir l'exemple du site du Niger, Fig. 2)

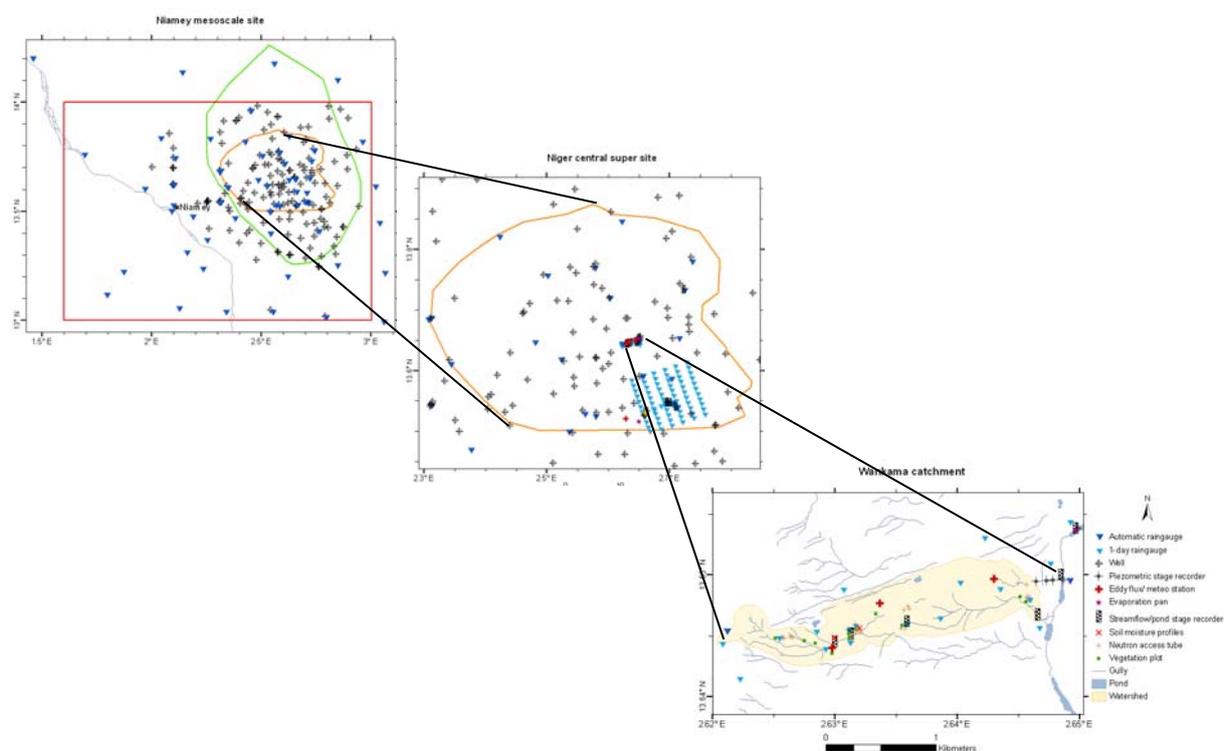


Fig. 2 Exemple de répartition des instruments sur le site du Niger selon la stratégie multi-échelle du S.O.

Concernant les échelles temporelles, l'échantillonnage est adapté pour chaque variable à la variabilité des processus à observer (allant de 20Hz pour les flux à 5 ans pour l'inventaire des ligneux). L'idée de base est d'avoir des observations cohérentes sur des longues périodes de temps, qui puissent être utilisées pour des études sur l'évolution à long terme des éco-hydro-systèmes.

Chaque instrument est décrit dans une fiche instrument qui détaille la localisation des appareils, la période d'observation, le type d'instrument, le type d'enregistreur, la procédure de collecte de données, la procédure d'étalonnage et la procédure de contrôle qualité, (voir l'exemple dans la fig. 3). Les fiches sont disponibles sur le site du SO et dans les métadonnées du portail de la base de données. La rédaction des fiches est sous la responsabilité des PI.

AMMA-CATCH Instrument Form				
Code AE.H2OFlux_Ncw 2 full-flux stations, Wankama, Niger	PI (Nom, E-Mel) Bernard Cappelaere bernard.cappelaere@ird.fr	Catégorie de variable Flux, météo, précip., sol	Site / resp. Niger B. Cappelaere	Operation Period 2005 → ongoing
OVERVIEW				
<p>Title : "Full-fledged" EC-Flux stations in Niger, for 2 typical land cover types (fallow and cultivated millet)</p> <p>Summary : Flux stations including a sonic anemometer CSAT3 and a gas analyzer Licor 7500 and meteorological and soil data.</p> <p>Keywords : Turbulent and radiative exchanges, evapotranspiration, net carbon exchange, water budget</p> <p>Scientific and technical team_ (2015): B. Cappelaere, J. Demarty, I. Mainassara, F. Arpin-Pont, JP. Chazarin, M. Oi (HSM), A. Koné, M. Aliko (IRD Niamey)</p> <p>Partners : Dr. Bil Issoufou (Univ. de Maradi, Niger).</p>				
SCIENCE JUSTIFICATION				
<p>Scientific Objectives: Measure the mass (water, carbon), heat and radiation fluxes at the plot scale. Contribute to the flux station network over the AMMA-CATCH regional transect.</p> <p>Observing Strategy: Direct measurements of micrometeorological variables u, v, w, T°, q, CO2, at 20Hz. Direct eddy correlation measurements, over herbaceous fallow and millet crop typical of the SO Niger landscape, of sensible heat, momentum, evapotranspiration, and CO2 fluxes.</p> <p>Similar A.-CATCH instruments: flux stations in Benin (AE.H2OFlux_Odc) and Mali/Senegal (AE.H2OFlux_G).</p>				
INFORMATION				
<p>Site and position of sensor(s): Fallow: lat = 13.647°N ; lon = 2.634°E ; 4.95m AGL Millet: lat = 13.644°N ; lon = 2.630°E ; 5.10m AGL</p> <p>Deployment: June 2005</p> <p>Type of instrument (producer): 1) 3D sonic anemometer (CSAT3-Campbell) operating at 20Hz 2) open path infrared gaz analyzer for H2O and CO2 (Li7500- LiCor) operating at 20Hz + meteo ...</p> <p>Data logger: Campbell CR1000 and CR5000 dataloggers with compact flash memory card to log raw data</p> <p>Measured variables : 3D wind components, sonic temperature, H2O and CO2 concentrations, 4-comp. radiation fluxes, met. and soil variables (temp., humidity), 2D wind, rainfall.</p> <p>Variables provided to database : turbulent and radiation fluxes (H, Le, FCO2, 4 radiation components), meteorology and soil variables, over 2 specific land covers (fallow & crop)</p> <p>Collection procedure: Data collection every 2 weeks; data are saved on hard drives and forwarded to HSM.</p> <p>Information about calibration: return to factory every 3 years</p> <p>Quality control: CarboEurope protocol.</p>				
				
REFERENCES				
<p>Velluet C., Demarty J. Cappelaere B, et al. (2014). Building a field- and model-based climatology of local water and energy cycles in the cultivated Sahel - annual budgets and seasonality. <i>Hydrol. and Earth System Sciences</i>, 18(12): 5001-24. 🔗</p> <p>Ramier D., Boulain N., Cappelaere B., Timouk F., Rabanit M., Lloyd C.R., Bouakraoui S., Métayer F., Descroix L., Wawrzyniak V. (2009). Towards an understanding of coupled physical and biological processes in the cultivated Sahel- 1. energy and water. <i>J. of Hydrology</i>, 375, 204-216. 🔗</p> <p>Boulain N., Cappelaere B., Ramier D., Halilou O., Bil-Assanou I. H., Seghieri J., Gignoux J., Timouk F. (2009). Towards an understanding of coupled physical and biological processes in the cultivated Sahel - 2. vegetation and carbon dynamics. <i>J. of Hydrology</i>, 375 (1-2), 190-203. 🔗</p> <p>Cappelaere B, Descroix L., Lebel T., et al. (2009). The AMMA-Catch experiment in the cultivated Sahelian area of south-west Niger - Strategy, implementation, site description, main results. <i>J. of Hydrology</i>, 375, 34-51. 🔗</p>				

Fig. 3 Exemple de fiche instrument.

Les protocoles de mesure visent à avoir un set d'instruments et des niveaux des traitements homogènes sur les différents sites et sont détaillés pour les principales variables dans le tableau ci-dessous (tab. 3)

La qualité des données dans ces milieux reste très liée à la fréquence des tournées sur le terrain. Les problèmes les plus souvent rencontrés étant les pannes d'alimentation, les pluviographes bouchés et les l'encrassement des capteurs dus à l'environnement très poussiéreux de ces zones. Les lectures manuelles (pluviomètres et niveaux d'eau sur le site du Mali) sont vérifiées avec des prises de photos.



Tableau 3: Détails du protocole des mesures pour les principales variables mesurées.

Variable	Type d'instrument et enregistreur	Procédure d'étalonnage	Contrôle qualité et traitement	Référence aux procédures de réseaux internationaux	Référence aux publications AMMA-CATCH
Pluie	Pluviographes à basculement d'augets (à 0,5 mm ou 0.2 mm)	Calibration au laboratoire avant installation et ensuite tous les mois sur le terrain. La majorité des pluviographes sont enlevés après la saison de pluie et ré-installés avant la saison suivante.	Vérification des cumuls avec cumul seuil		Vischel et al. 2011
Météo	air temp./humidité relative (Campbell Sci., CS215), anémomètre : Gill Windsonic, ou Young 04103 baromètre Druck RPT410F ou Vaisala WXT510	Remplacement des capteurs d'humidité relative et température de l'air tous les 2 ans. Anémomètre, baromètre : étalonnage constructeurs	Estimation/correction des biais par rapport aux sites voisins (inter-comparaison des capteurs)		Orlhac, Rapport de stage 2011. Montpellier Supagro.
Météo/ bilan radiatif	Capteurs de rayonnement 4 voies : (Kipp & Zonen, CNR1) capteurs de rayonnement incident (Kipp & Zonen SP-Lite2 ou Skye SP1110) , rayonnement net (Kipp & Zonen NR- Lite)	Calibration tous les 2 ans par comparaison avec des capteurs étalons (Kipp & Zonen CMP 21, capteur étalon secondaire ISO 9060) pour les courtes longueurs d'onde et (Kipp & Zonen CGR 4) pour les grandes longueurs d'onde		Le BSRN ⁶ recommande un capteur étalon secondaire ISO 9060 pour les courtes longueurs d'onde.	Guichard et al. 2009.
Eaux de surface	Limnimètres par différents constructeurs (OTT MESSTECHNIK, Thamimèdes, STS) et conductivimètres (HANNA)	Courbes niveau-débit pour chaque station (ADCP, OTT S31 moulinet). Etalonnage conductivimètres avec solutions standards (1413 uS/cm)	Comparaison des lectures manuelles et automatiques. Traitement avec Hydraccess		Séguis et al., 2011
Eaux souterraine	Réseaux de piézomètres (Eijkelkamp) + limnimètres (OTT MESSTECHNIK) et conductivimètres (HANNA) dans les puits	Etalonnage conductivimètres avec solutions standards (1413 uS/cm)			Kamagaté et al., 2007

⁶ BSRN : Baseline Surface Radiation Network



Humidité des sols	Capteur d'humidité (Campbell Sci., CS616) probes ou Thetaprobes, Delta T Devices) Capteurs de température (Campbell Sci. T108, CS616) Capteurs de succion (Watermark)	Humidité : étalonnage par prélèvement d'échantillons gravimétriques et de densité, et courbes dérivées en labo Etalonnage constructeur pour les sondes de températures (thermistances)	Inter-étalonnage CS616-thetaprobes	Protocole International soil moisture network (ISMN)	De Rosnay et al. 2009
Flux (H, ETR et CO2)	1) 3D anémomètres soniques (CSAT3-Campbell) à 20Hz 2) analyseur de gaz infra-rouge open path pour H2O et CO2 (Li7500-LiCor) à 20Hz	Envoi périodique au constructeur pour étalonnage (Chaque 3 ans). Mesure du point de rosée tous les 2 ans	Traitement avec EdiRe ⁷	Protocole de contrôle qualité CarboEurope	Aubinet et al., 1999, Timouk et al. 2009, Mamadou et al. 2014
Suivi de végétation	Dynamique biomasse herbacées, dynamique ligneux, LAI		Traitement LAI par photo-hémisphérique : CanEye	Protocole VALERI	Mougin et al. 2014; Hiernaux et al. 2009a; Hiernaux et al. 2009b

⁷ EdiRe : Logiciel libre développé par l'Université d'Edimbourg pour le traitement des mesures d'eddy covariance.



4- La durée d'observation

Justifier la nécessité des observations (observables, sites) sur des durées de 10 ans ou plus. Préciser les périodes d'acquisition pour les séries préexistantes (début d'acquisition, interruption de service...)

La forte variabilité climatique et la non stationnarité des éco-hydrosystèmes étudiés, à la fois due au contexte climatique et aux des activités humaines, nécessitent des stratégies d'observation à long terme (plus de 10 ans). Elles permettent de documenter la variabilité d'échelle décennale qui affecte le cycle hydrologique et les écosystèmes, et de détecter des éventuelles tendances. Les séries longues de pluie et de débit disponibles sur l'Afrique de l'Ouest pour le XX^{ème} siècle ont montré la grande richesse d'information que l'on pouvait en tirer, notamment le diagnostic de la sécheresse démarrée en 1970 et l'évolution des éco-hydrosystèmes. Les observations de pluie plus récentes (AMMA-CATCH et réseaux nationaux) suggèrent une intensification de pluies en cours depuis le début des années 2000 (Panthou et al, 2014, 14-19). Dans le contexte des changements globaux (réchauffement climatique, intensification hydrologique et changement d'usage des sols), il est essentiel de documenter en continu les termes du cycle hydrologique et la dynamique des écosystèmes, sur des échelles de temps cohérentes avec celles de ces changements. L'observatoire AMMA-CATCH se positionne ainsi comme un dispositif d'observation de référence sur le long terme. A ce titre, il joue un rôle de sentinelle vis à vis des changements globaux.

Ces observations de long terme sont complétées par observations sur des échelles de temps plus petites:

- échelles saisonnière, intra-saisonnière, journalière pour alimenter les études de processus,
- campagnes « coup de poing » destinées à documenter des propriétés statiques du milieu (propriétés hydrodynamiques des sols, des aquifères, ...)

La plupart de ces observations de court terme ont été réalisées au cours de la campagne de terrain du projet AMMA : période d'observation spéciale (2006) et période d'observation renforcée (2005-2007).

L'observatoire sous sa forme actuelle a été bâti, à partir de 2002 en agrégeant des réseaux d'observation pré-existants :

- Mali : données de production végétale sur 35 sites depuis 1984.
- Niger : réseaux de pluviographes EPSAT-Niger et Hapex-Sahel (début des séries en 1991) ; bassins versants pilotes HAPEX-Sahel, devenus super-site AMMA-CATCH (début des séries en 1991) ; réseau de suivi de la végétation de l'ILRI (International Livestock Research Institute) sur 72 sites (début des séries en 1994).
- Bénin : réseaux de pluviographes, limnigraphes, piézographes installés à partir de 1995 lors de l'équipement d'un site de climat soudano-guinéen, en prévision d'une expérience de type AMMA (début des séries 1996 à 1999 selon le type de données)

Les séries de données acquises à partir de 1990 n'ont subi pratiquement aucune interruption de service, même si certains jeux de données peuvent contenir des lacunes liées à des dysfonctionnements temporaires de capteurs.

5- L'archivage des données et leur mise à disposition

Données brutes et/ou élaborées, structure, support, validation, archivage, séries disponibles, métadonnées, statut juridique, accessibilité, modes de distribution, intégration dans des bases de données nationales et internationales éventuelles, responsable technique. Lien avec les Pôles de données existants

Spécificités IRD/Sud : Réalité de l'accès aux données pour les partenaires / utilisateurs du Sud.

La base de données AMMA-CATCH regroupe les données brutes d'observation de long terme d'environ 900 stations de mesures déployées sur les 3 sites de mesures en Afrique de l'Ouest (Mali, Niger et Bénin), les données élaborées de flux établies à partir des mesures d'eddy covariance, et des données spatialisées élaborées à partir des données sol et/ou satellite, sur les thématiques de l'hydrologie, de la météorologie et du suivi de la végétation. Elle couvre une période temporelle de 25 ans (début des



observations dans les années 1990) et compte une cinquantaine de jeux de données. Cela représente un volume de données autour de 100 Go pour la base de données ponctuelles et 50 Go pour la base de données spatialisée.

Depuis 2002 les données du SO AMMA-CATCH étaient disponibles sur le portail de données du programme AMMA international. Ce portail, développé pour la période d'observation intensive de AMMA porte essentiellement sur la période 2005-2009 et n'évolue plus depuis. Nous avons souhaité développer un portail propre pour (i) faciliter l'accès aux données via une interface cartographique conviviale, (ii) valoriser les données du SO et leur composante de long terme et (iii) améliorer notre visibilité. Ce projet de portail a été conçu et mis en œuvre par V. Chaffard, ingénieur Base de données, assistée d'un comité d'utilisateurs. Le projet a été financé par un projet Spirales de l'IRD. Depuis avril 2014 le portail Web d'accès aux données, [AMMA-CATCH DB](#)⁸, est en production. Il permet de :

- consulter les données contenues dans la base et les informations associées (métadonnées sur le jeu et les stations),
- Extraire tout ou une sous partie des données (station, période, variable) et les télécharger sous différents formats standards (csv, netcdf)
- Gérer les droits afférents aux téléchargements des données en fonction des profils utilisateur

Son originalité réside dans la mise à disposition d'une interface cartographique permettant de localiser les lieux de mesure des données contenues dans la base.

Un certain nombre de fonctionnalités ont été mises en œuvre pour permettre la traçabilité des utilisateurs et du téléchargement des données. Le responsable scientifique d'un jeu de données est informé par mail lors du téléchargement des données. Les requêtes d'extractions réalisées sur la base sont sauvegardées ce qui permet dresser des statistiques d'utilisation du système. Sur la période d'avril 2014 à février 2015, l'utilisation du portail par des utilisateurs non membres du ORE/SO AMMA-CATCH croît progressivement (représentant 44 % des requêtes totales) avec des utilisateurs originaires d'institutions africaines, européennes et américaines.

La base de données est aisément moissonnable par d'autres systèmes grâce à l'implémentation de standards d'échanges des données facilitant leur découverte et l'échange. En effet, le système d'information met œuvre des protocoles d'inter-opérabilité et des normes de description standard définis par le consortium international « Open Geospatial Consortium » (OGC) :

- pour les métadonnées sur les jeux de données : webservice CSW (Catalog Service for the Web) + norme ISO 19115 et ISO 19139 (INSPIRE).
- pour les métadonnées sur les capteurs et données elles-mêmes : webservice SOS (Sensor Observation Service) + normes O&M et SensorML

Un certain nombre de portails Web ou plateforme de modélisation intégrée profitent aujourd'hui de ces technologies pour récupérer dans leur système les données et métadonnées de l'observatoire: le portail de métadonnées du [SOERE RBV](#), le portail cartographique de [l'OSU Montpellier OREME](#), la plateforme Web intégrée de modélisation [OLES](#) de l'OSUG.

Les données du SO AMMA-CATCH s'intègrent dans plusieurs bases de données nationales et internationales :

- [Portail de base de données AMMA](#) : il distribue les **données** AMMA-CATCH sur la période phare du projet AMMA 2005-2009.
- [Portail de métadonnées du SOERE RBV](#) : il publie des **métadonnées** sur l'observatoire AMMA-CATCH, ses 3 sites de mesure et sur les [jeux de données disponibles en ligne](#).
- [Portail du réseau européen eLTER DEIMS](#) « european Long-Term Ecosystem Research »: il publie des **métadonnées** sur les 3 sites de mesure de l'observatoire : [Site du Mali](#), [Site du Niger](#),

⁸ <http://bd.amma-catch.org/amma-catch2>



[Site du Bénin](#). Les 3 sites AMMA-CATCH sont inclus dans le projet eLTER par l'intermédiaire du SOERE RBV.

Le SO AMMA-CATCH fournit des données aux réseaux de mesures spécialisés suivants qui les distribuent ensuite directement à leurs utilisateurs, avec des formats spécifiques:

- [FLUXNET](#) : Integrating Worldwide CO₂, Water and Energy Flux Measurements
- [ISMN](#) : The International Soil Moisture Network.

Accessibilité des données

Le portail de données prévoit 3 statuts d'accessibilité :

- Accès Public : les données sont disponibles pour tout membre inscrit sur le portail
- Accès restreint : les données sont publiques après un embargo de 3 ans. Les 3 dernières années sont réservées aux partenaires du SO.
- Accès privé : les données ne sont pas publiques : il s'agit de données de recherche à haute valeur ajoutée, disponibles uniquement via une requête au PI.

Pour notre SO, 40% des jeux de données sont publics et 60% restreints. Aucun jeu n'est privé.

Le téléchargement des données implique l'enregistrement de l'utilisateur qui doit préciser son organisme, son adresse et ses motivations. Le téléchargement n'est pas autorisé pour un usage commercial. Pour une publication dans un article, il est demandé de mentionner l'origine des données et des financements dans les remerciements⁹ et de proposer au PI d'être associé aux auteurs.

Malgré nos efforts de mise à disposition, certains partenaires ont parfois rencontré des difficultés à télécharger les données du portail à cause des déficiences du réseau. Dans ce cas nous avons fourni un CD aux partenaires de l'observatoire.

6- L'exploitation et la valorisation des données

Pour la période 2010-2014, donner :

- *La liste des équipes ayant exploité les données du Service d'observation*
- *Les programmes (régionaux, nationaux, européens, internationaux) réalisés avec l'aide des données du SO.*
- *La production scientifique associée (articles de rang A et manuscrits de thèse portant une date de publication entre 2010 et 2014). Au sein de cette production, identifier clairement les publications où le service d'observation est explicitement mentionné.*
- *Indiquer si les données du SO sont utilisées par des modèles, et si oui lesquels et pour quel objectif. Les données sont-elles utilisées dans d'autres contextes que la recherche (enseignement, bureau d'études...)?*

6.1-Liste des équipes ayant exploité les données du Service d'observation

Cette liste a été établie à partir des téléchargements de données du site AMMA et du portail AMMA-CATCH (Annexe 3). Il y a environ 200 demandes de téléchargement par an (hors partenaires du SO) qui proviennent de tous les continents (figure 4a). Près de la moitié des données demandées concernent la pluviométrie (figure 4b). Il faut toutefois nuancer les statistiques de téléchargement par catégories de données car (i) ils ne concernent que les téléchargements faits sur le portail AMMA-CATCH et (ii) ils

⁹ "The AMMA-CATCH regional observing system was set up thanks to an incentive funding of the French Ministry of Research that allowed pooling together various pre-existing small scale observing setups. The continuity and long term perenity of the measurements are made possible by an undisrupted IRD funding since 1990 and by a continuous CNRS-INSU funding since 2005."



ne portent que sur l'année 2014/2015, date d'ouverture du portail web. Avant 2014 nous n'avions pas d'instrument qui nous permette de faire ces statistiques.

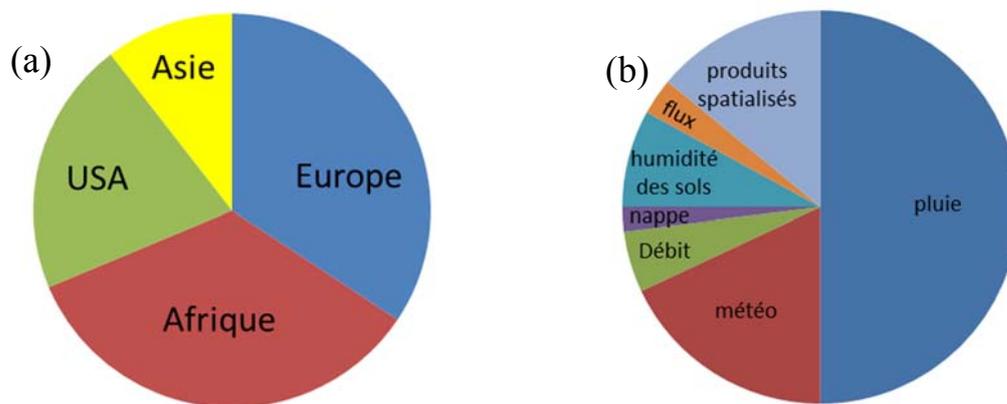


Figure 4 : Téléchargement des données du SO (hors partenaires) : (a) origine des demandes; (b) nombre de téléchargements par catégories d'instruments en 2014/2015.

6.2-Programmes (régionaux, nationaux, européens, internationaux) réalisés avec l'aide des données du SO.

Programmes de recherche (2010-2015)

- EU (H2020/INFRAIA) [eLTER](#) “European Long-Term Ecosystem and socio-ecological Research Infrastructure”. Ce projet “starting community” a pour objectif de construire une infrastructure de recherche européenne. Il s'appuie sur un réseau d'environ 480 sites de recherche sur les écosystèmes déjà constitué (LTER), complétés par environ 30 observatoires de la zone critique. C'est sur la zone critique et dans le cadre du SOERE RBV que nous sommes associés à ce projet récemment accepté (jan. 2015).
- EU Development Fund [GRIBA](#) (2012-2015): Groundwater Resources in Basement Rocks of Africa.
- ANR [ACASIS](#) (2013-2016): Alerte aux Canicules Au Sahel et à leurs Impacts sur la Santé.
- ANR [CAVIARS](#) (2013-en cours): Climate, Agriculture and Vegetation : Impacts on Aeolian EROsion in the Sahel.
- ANR [ESCAPE](#) (2011-2015): Environmental and Social Changes in Africa : Past, present and future.
- ANR [ECLIS](#) (2008-2011): Elevage-Climat-Société.
- ANR [GHYRAF](#) (2008-2010): Gravity and HYdrology in Africa.
- AIRD [SAFSE](#) (2013-en cours): Recherche de compromis entre productions et services écosystémiques fournis par les systèmes agroforestiers tropicaux.
- LEFE/EC2CO [ALMIP-2](#) (2011-2015): AMMA Land Surface Model Intercomparison Project Phase-2.
- FSP RIPIECSA [OUEME-2025](#) (2007-2011): Analyse de la dynamique et de la disponibilité des ressources en eau du bassin de l'Ouémé à l'horizon 2025
- Equipex [CRITEX](#) (2010-2020) : Parc national d'équipements innovants pour l'étude spatiale et temporelle de la Zone Critique des Bassins Versants. CRITEX est porté par les SOERE **RBV** et **H+**. Il associe 4 organismes de recherche (CNRS, IRD, ISTREA, INRA) et plus de 20 Universités. L'expertise des équipes du SO en matière d'instrumentation est valorisée dans l'EQUIPEX CRITEX par le pilotage de 2 work-packages (Géophysique et Flux).

Cal/val de missions satellitales

La zone intertropicale présente des conditions climatiques et écologiques particulières qui sont rarement documentées *in situ*. La position du SO en Afrique de l'Ouest est donc stratégique pour les missions spatiales nouvelles qui documentent le cycle de l'eau (Figure 5). Le SO AMMA-CATCH a été retenu comme site de calibration/validation de plusieurs missions spatiales :

- [SMOS](#) : « Soil Moisture and Ocean Salinity » (lancement : 2/11/2009). Ce satellite ESA-CNES mesure l'humidité de surface des sols par télédétection micro-onde passive. Nous avons porté le volet « Multiscale validation of SMOS brightness temperature and products over West Africa ».
- [Megha Tropiques](#) : « Water cycle in the tropical atmosphere » (lancement : 12/10/2011). Satellite franco indien dédié à l'observation du cycle de l'eau en zone intertropicale. Nous avons été porteur du volet « MT Ground validation Super site and gages networks in West Africa ».
- [SMAP](#) : « Soil Moisture Active And Passive » (lancement : 31/1/2015). Satellite NASA en télédétection active et passive pour le suivi de l'humidité des sols. Notre site est retenu pour la validation de SMAP.

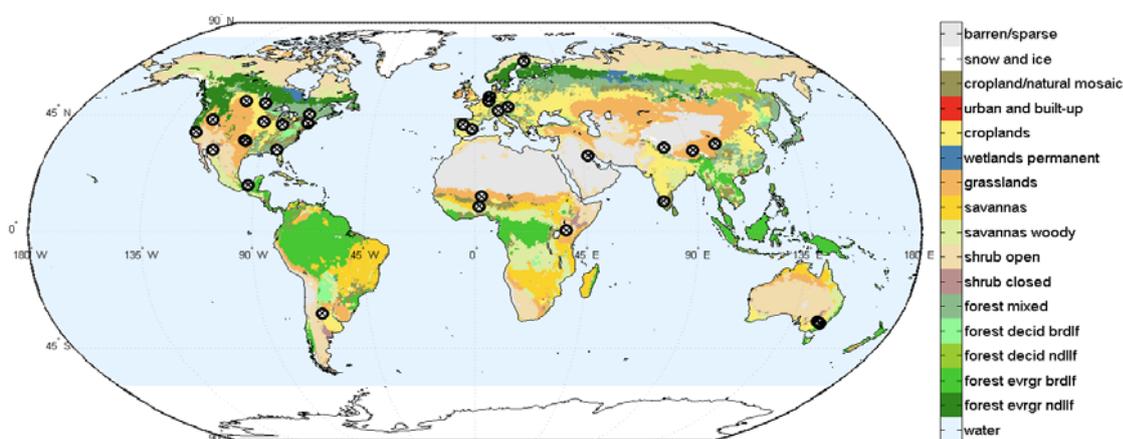


Figure 5 : Location of all SMAP soil moisture core validation site candidates (d'après Colliander et al., 2015)

6.3-Production scientifique associée

La liste des 117 articles de rang A et des 24 thèses et HDR soutenues entre 2010 et 2014 est donnée en annexe-1. Les références se trouvent également sur la page web du SO : <http://www.amma-catch.org/spip.php?rubrique23>. Nous leur apportons ici quelques informations synthétiques.

- Liste des publications de rang A (cités dans Web of Science)

Dans toutes ces publications le SO est explicitement mentionné, c'est une condition d'utilisation des données du SO. Pour certaines d'entre elles il n'y a aucun auteur membre du SO, ce qui prouve la diffusion internationale des données. Ce sont généralement des articles d'échelle globale, qui dépassent l'Afrique de l'Ouest. Il y a une seule exception et elle vient d'un jeu de données distribuées via le portail ISMN. Les auteurs ont mentionné cette base de données et non le SO. Il peut y avoir d'autres articles, par définition il est très difficile de traquer ce genre de publication.



Tableau 4 : 9 journaux concentrent 60% des articles publiés (période 2010-2015)

Titre du journal	nb d'articles publiés
Hydrology and Earth System Sciences	14
Remote Sensing of Environment	13
Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society	10
Atmospheric Science Letters	8
Agricultural and Forest Meteorology	7
Journal of Hydrology	7
Journal of Geophysical Research	6
Atmospheric Chemistry and Physics	4
Water Resources Research	4

- Liste des autres articles et chapitres d'ouvrages

Les revues francophones (Sécheresse, La météorologie) sont un moyen important de diffusion des données à la communauté scientifique d'Afrique de l'Ouest. Il est d'ailleurs regrettable que la revue « Sécheresse » ait dû cesser sa parution en décembre 2013 car elle était beaucoup consultée et portait sur des thématiques adaptées au SO.

- Liste des thèses soutenues

Tableau 5 : Nombre de thèses et origine des étudiants et des bourses

	Total	Dont Sud	Dont Femme	Bourse MESR	Bourse IRD	Bourse Pays d'origine
Période 1990-2001	14	2	2			
Période 2002-2005	14	4	3			
Période 2006-2009	14	5	2			
Période 2010-2014	22	11	10	6	6	4
en cours	12	9	2	1	2	2

Le pourcentage d'étudiants provenant du Sud tend à se renforcer dans les années récentes (tableau 5). Un petit nombre d'entre eux ne sont pas africains (Vietnam, Vénézuéla). Le pourcentage de femme reste en moyenne faible (25%). Les cinq thèses soutenues par des femmes du Sud l'ont été dans la dernière période.

Les bourses IRD sont souvent intervenues en complément ou à la suite d'une bourse du pays d'origine, du SCAC ou de l'AUF. La souplesse de gestion des bourses IRD et l'écoute offerte pour résoudre les différents problèmes imprévus des étudiants du Sud sont particulièrement appréciées par le SO.

Parmi les étudiants du Sud ayant soutenu leur thèse sur la période 2010-2014, un est en post-doc et sept ont été recrutés comme maître de conférence ou chercheur dans un institut de recherche de leur pays. Ce taux de recrutement élevé nous permet d'avoir une implantation renforcée dans les universités Ouest-Africaine. L'école de terrain HYDRUS (voir plus bas) à laquelle la plupart d'entre eux participe en tant qu'enseignant est un moyen de maintenir une dynamique internationale entre ces jeunes chercheurs.

6.4-Indiquer si les données du SO sont utilisées par des modèles, et si oui lesquels et pour quel objectif. Les données sont-elles utilisées dans d'autres contextes que la recherche (enseignement, bureau d'études...)?

Les données du SO sont utilisées pour la modélisation à deux niveaux. Tout d'abord pour répondre aux questions scientifiques qui sont à la base de sa mise en place par le biais de modèles hydrologiques simples ou couplés à des modèles prenant en compte la dynamique de la végétation



voir par exemple 14-27, 13-18, 12-2,11-3 dans la liste de références de l'annexe II). Les données sont aussi utilisées dans les exercices de validation de schémas de surface (e.g. 13-7, 13-19, 12-14, 12-18, 12-20, 10-6). Un numéro spécial portant sur l'expérience d'intercomparaison de schémas de surface d'ALMIP-2 à l'échelle régionale est en cours de préparation (A. Boone et C. Peugeot eds.).

7- L'ouverture et l'insertion du Système d'observation

Liens avec d'autres SO, insertion du SO dans le dispositif de recherche français (régional, national), insertion européenne et internationale, appartenance à un réseau européen ou international d'observation. Distinguer ce qui existait avant 2010 de ce qui a été entrepris sur 2010-2014.

Spécificités IRD/Sud : Description des collaborations avec les partenaires du Sud, préciser le degré d'implication et l'insertion des partenaires dans les actions d'observation. Préciser l'éventuelle dimension régionale. Préciser le cas échéant la dimension interdisciplinaire du SO.

Projets de recherche internationaux et régionaux

Le SO-ORE AMMA-CATCH est la composante éco-hydrologique de long terme du programme **AMMA** (2002-2017), actuellement en phase 2. Dans ce cadre, des collaborations ont été nouées avec les SOs **IDAF** et **PHOTON** : des stations IDAF ont été installées sur les 3 sites AMMA-CATCH pour bénéficier de la co-localisation de mesures complémentaires (pluie, bilan d'énergie, suivi de la végétation environnante). Depuis 2004, AMMA-CATCH fait partie de **GEWEX**.

A l'échelle de l'Afrique de l'Ouest, la Plateforme Pluridisciplinaire Régionale (PPR) dédiée aux Sociétés Rurales, à l'Environnement et au Climat en Afrique de l'Ouest (**SREC**) a pour objectif de favoriser la production de solutions innovantes pour la sécurité alimentaire et la préservation des ressources naturelles face aux changements climatiques. Elle s'appuie sur des observatoires comme le SO AMMA-CATCH.

Réseaux de mesure internationaux, régionaux et nationaux

Le SO AMMA-CATCH est membre du **SOERE Réseaux de Bassins Versants** (RBV) qui fédère une quinzaine d'observatoires élémentaires qui étudient la zone critique. Ce SOERE créé en 2010 est porté par J. Gaillardet. Il a récemment porté sa candidature à l'**Infrastructure de Recherche européenne eLTER**. Le projet « starting community » INFRAIA a été accepté (2015), il devrait être suivi par un projet ESFRI. Pour cela une Infrastructure de Recherche miroir française est en train d'être créée, portée par l'INSU et J. Gaillardet.

Le SO fournit ses données à plusieurs réseaux internationaux de mesures:

- FLUXNET : un « réseau de réseaux régionaux » qui intègre les mesures de flux d'eau et d'énergie au niveau mondial
- International Soil Moisture Network (ISMN), est une initiative internationale coordonnée par GEWEX en coordination avec GEO et CEOS pour les mesures d'humidité des sols lancé en 2011 (Dorigo et al., 2011).

Certains réseaux de mesures ont un ou plusieurs sites colocalisés et entretiennent des relations scientifiques régulières avec AMMA-CATCH. Actuellement ces relations ne sont pas formalisées.

- GGP : The "Global Geodynamics Project", avec le gravimètre de Nalohou (Bénin)
- GPS : Ground-Based global Positioning System
- IDAF : observatoire de recherche sur les dépôts atmosphériques en Afrique de l'Ouest
- Photons : observatoire de recherche sur les aérosols, membre du réseau mondial Aerosol Robotic Network (AERONET)



Au plan national, les mesures produites sont intégrées dans la base nationale de la Direction Générale de l'Eau au Bénin et dans celle du Réseau National de Surveillance Environnemental au Mali. Nos données météorologiques et pluviométriques sont fournies en routine aux directions nationales de la météorologie des pays concernés. Enfin, les chercheurs impliqués dans AMMA-CATCH ont accordé une attention particulière à la formation des jeunes scientifiques africains, au travers des masters, des doctorats et des post-doctorats où ils représentent 50% des stagiaires encadrés sur la période 2010-2014. Enfin les Laboratoires Mixtes Internationaux (LMI) PICASS'EAU et ECLAIRS ont permis d'apporter un soutien financier à des projets de recherche portés par nos partenaires du Sud, ou encore de financer les missions d'étudiants du Sud.

8- Autres services rendus / outils de coopération

Spécificités IRD/Sud : fédération de moyens / adossement des projets de recherche / offre de formation et de transfert technique

L'observatoire AMMA-CATCH génère des services induits à différents titres :

Adossement de projets

Les réseaux de mesure sur les sites, les jeux de données disponibles, et le réseau de partenaires rendent l'Observatoire attractif pour d'autres projets de recherche. Ainsi différents projets se sont adossés aux sites de l'observatoire (projets ANR, INSU/EC2CO, voir liste complète en section 6.2). Associé aux infrastructures de l'IRD (parc de véhicules, régie comptable, cadre juridique du partenariat), l'observatoire a permis la réalisation d'opérations lourdes telles que l'implantation sur le site de Nalohou (Supersite Donga, Bénin) d'un gravimètre supraconducteur (le second en Afrique) dans le cadre de l'ANR **GHYRAF**¹⁰ (2008-2010). La base de données de l'observatoire fournit des données à haute valeur ajoutée pour la modélisation, et permet la réalisation du projet d'inter-comparaison de modèles **ALMIP-2**¹¹ (2011-en cours), qui contrairement à la plupart des projets de ce type, bénéficie d'observations pour forcer et évaluer les modèles.

Offre de formation

Les équipes de l'observatoire sont impliquées dans la formation à plusieurs niveaux :

- participation à des enseignements : Master de Géographie (Université Abdou Moumouni, Niger) ; Master OPA (UPS/ Université d'Abomey-Calavi), Bénin ; Master de Géophysique (Université d'Abomey-Calavi), Bénin ; Master d'Hydrologie Appliquée (Université d'Abomey-Calavi), Bénin ; Master Génie rural, eau, pêche et aquaculture (Université d'Abomey-Calavi), Bénin ; Master d'hydrologie (Université Nangui Abrougoua), Côte d'Ivoire ; Interventions dans les cours de L3/M1/M2 (Université Paul Sabatier, Toulouse) sur des thématiques du S.O, en particulier télédétection en Afrique de l'Ouest.
- écoles de terrain ouvertes à des étudiants de Master de la sous-région et à quelques étudiants du Nord : école de terrain HYDRUS organisée par le LMI PICASS'EAU sur le site AMMA-CATCH du Bénin (<http://www.amma-catch.org/spip.php?article178>), école de terrain HYDARIDE au Cameroun (participation de plusieurs chercheurs d'AMMA-CATCH).
- Accueil et encadrement d'étudiants de master et de doctorat du Nord et du Sud sur les thématiques scientifiques de l'observatoire (<http://www.amma-catch.org/spip.php?rubrique26>). Le LMI PICASS'EAU apporte des co-financements pour certains étudiants.
- Formation continue à destination des partenaires du Sud (météorologie, veille technologique).

Appui à la structuration de la recherche au sud

¹⁰ <http://eost.unistra.fr/recherche/institut-de-physique-du-globe-de-strasbourg/dynamique-globale-et-deformation-active/projet-anr-ghyraf/>

¹¹ http://www.cnrm.meteo.fr/amma-moana/amma_surf/almip2/



Les chercheurs et ingénieurs de l'observatoire apportent un appui aux partenaires du Sud dans le montage de projets structurants utilisant les données du SO : dispositif IRD/JEAI (AquiBénin au Bénin, SAPALOTE au Niger), projet « Ouémé-2025 » (Bénin) dans le cadre du FSP RIPIECSA, projet PARRAF« Crues et inondations urbaines au Sahel » (Niger).

9- Le fonctionnement

Fournir un organigramme présentant l'organisation du Service sur la période 2010-2014. Pour les personnels il s'agit de ceux impliqués dans la réalisation de la mission du SO (à distinguer des personnels assurant l'exploitation scientifique).

Le SO est organisé autour de ses 3 sites d'observation situés dans 3 pays. Chaque site a un capitaine, responsable de la cohérence des mesures locales et de la logistique à mettre en œuvre pour atteindre ces objectifs. La figure 6 présente l'organigramme fonctionnel du SO (hors exploitation scientifique). On trouvera en annexe 2 la liste complète des personnels, leur organisme d'appartenance, leur corps et leur fonction dans le SO (hors exploitation scientifique).

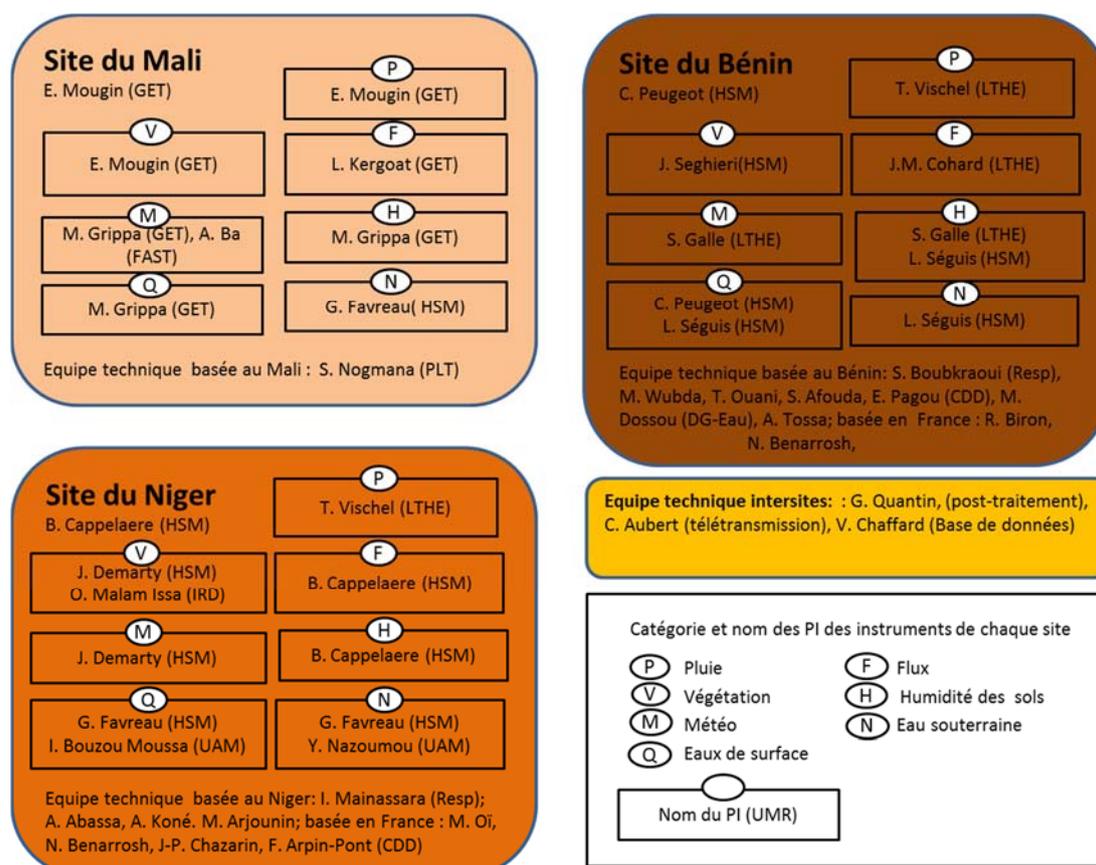


Figure 6: Organigramme fonctionnel du SO AMMA-CATCH : noms et fonctions des personnels impliqués sur chaque site et dans l'équipe technique intersite (en jaune). Sur chaque site on présente le capitaine, les différentes catégories de variables et les PI des instruments, ainsi que l'équipe technique présente sur place ou en appui en France.

Spécificités IRD /Sud : Rôle de l'IRD, des organismes du Nord et du Sud impliqués / Éventuel processus de transfert du dispositif vers un opérateur du Sud / Réalité du transfert technique et d'expertise vers les homologues



des institutions Sud concernées par le service Degré d'appropriation du service par les acteurs techniques, scientifiques et institutionnels du Sud.

Le rôle des différentes tutelles et organismes impliqués dans l'observatoire s'apprécie selon 2 niveaux :

- Les tutelles françaises (IRD, INSU, OSUs) apportent l'essentiel des moyens financiers et institutionnels de l'observatoire : crédits de fonctionnement récurrents, ressources humaines et salaires, logistique (parc de véhicules, régie comptable,...). L'effort financier consolidé de l'IRD est prépondérant dans cet ensemble. L'INSU, par la labellisation de l'observatoire comme Service National d'Observation conforte son positionnement dans le paysage national et international.
- Il n'existe pas d'institution du Sud « coiffant » l'ensemble de l'observatoire. L'implication institutionnelle des organismes du Sud et la nature du partenariat est spécifique à chaque pays d'accueil, et dépend du contexte national. Une convention, encadrant les activités de l'observatoire est signée entre l'IRD et chaque institution partenaire du pays d'accueil : Université de Bamako au Mali, Université Abdou Moumouni au Niger, Direction Générale de l'eau au Bénin.
- L'observatoire a depuis plusieurs années une politique sincère et pro-active pour favoriser le transfert de compétence et d'expertise vers les homologues des institutions du Sud :
 - La responsabilité d'un des 3 axes du SO est confiée à I. Bouzou Moussa, enseignant-chercheur à Niamey. A ce titre il fait partie des 7 membres du comité de direction (mise en œuvre en 2014) ;
 - responsabilité des mesures et des données confiées à des binômes Nord et Sud (« co-PIs ») : 4 co-PIs du Sud identifiés. Même si ce nombre semble faible, les personnes investies le sont réellement. Certains instruments ont uniquement un PI du Sud.
- Cette politique de transfert se heurte à la capacité limitée des institutions partenaires à mobiliser des ressources (humaines, financières matérielles) sur des tâches d'observation (voir aussi section 11 ci-dessous). Certains de nos collègues du Sud sont également très sollicités sur de nombreux autres projets, ce qui limite d'autant plus leur capacité d'investissement sur l'observatoire. A ces difficultés s'ajoute le taux de rotation relativement élevé de nos partenaires à leur poste, ce qui fait que les dispositions doivent changer régulièrement.

L'appropriation du service par les acteurs du Sud existe (30% des demandes) mais reste somme toute mesurée, en deçà des attentes de l'observatoire. Les services opérationnels disposent des données et peuvent les utiliser ; elles sont aussi utilisées dans certains travaux académiques. Deux éléments clé favorisent l'appropriation et le transfert du dispositif : le recrutement dans les structures nationales d'anciens étudiants formés au sein des équipes du SO (sept actuellement), et la présence sur place et au long terme de l'IRD via les expatriations. La direction de l'observatoire fait le pari que, d'une part, la mise à disposition de données en temps réel grâce au développement de la télétransmission (voir section 3 de la partie Prospective), et , d'autre part, le besoin accru de réseaux d'observations qui émerge dans le contexte de services climatiques, vont accroître l'attractivité et l'appropriation du service par les acteurs techniques, scientifiques et institutionnels du Sud.

10-La gouvernance

Fournir un organigramme présentant les instances et leurs liens dans la gouvernance et le fonctionnement du SO, distinguer l'environnement interne du SO de son environnement externe (par exemple relations avec les instances d'un TGIR, d'un SOERE....). Indiquer les personnels impliqués dans ces instances.

Préciser également le fonctionnement des instances (fréquence de réunion...).

D'autres aspects pourront être évoqués tels que la stratégie de communication, les actions programmes de formation associés....

L'organigramme du SO a évolué en 2013. Le responsable du SO a changé et 3 axes structurants ont été définis. Depuis cette date l'animation du SO est basée sur les 3 axes « dynamique long terme régionale », « étude des processus » et « Applications sociétales ». A cette logique scientifique correspond une



déclinaison opérationnelle locale, coordonnée par un capitaine de site. L'organisation du SO est donc matricielle (Figure 7). Le comité de direction du SO regroupe les responsables d'axes et les capitaines de site. L'ensemble des mesures faites dans le cadre du SO est mis à disposition sur un portail de base de données.

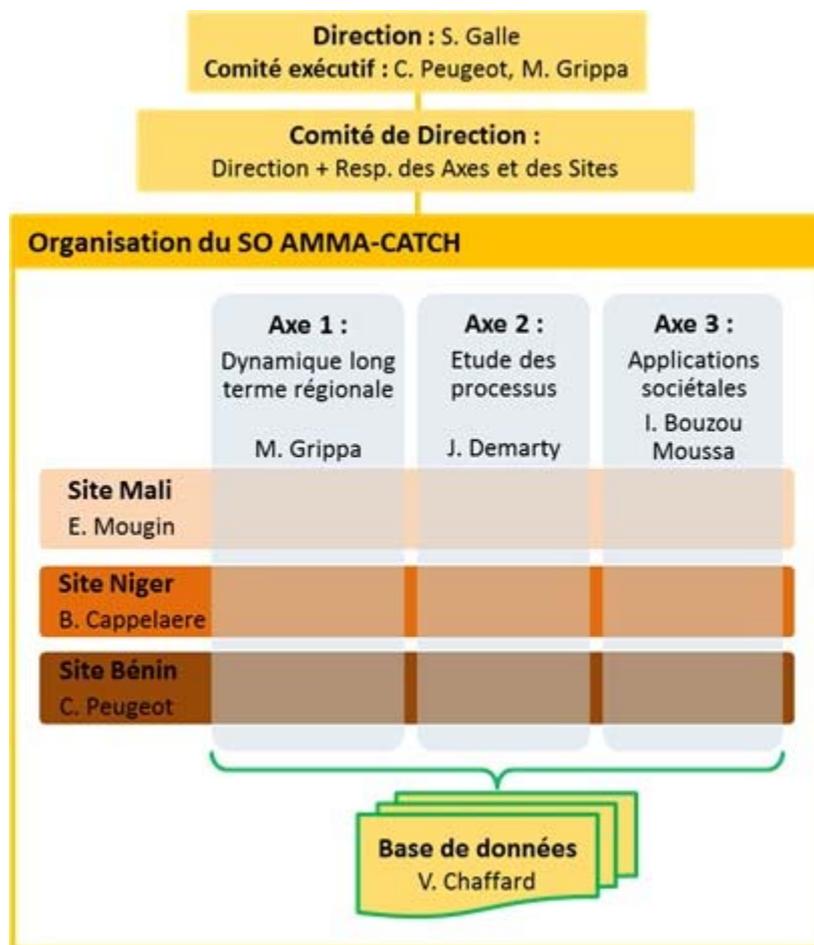


Figure 7 : organigramme du SO AMMA-CATCH

La gouvernance du SO est organisée de la manière suivante :

Direction

La direction est formée du responsable du SO assisté d'un comité exécutif. La direction est en charge de la réflexion prospective, de la communication interne et externe, de la base de données, du secrétariat scientifique et du suivi budgétaire. Elle assure les relations avec les tutelles et l'environnement programmatique utile pour les objectifs du SO (SOERE, TGIR, LMI, etc.). La direction se réunit toutes les deux semaines et plus fréquemment suivant les besoins. Elle est assistée d'un comité de direction.

Comité de direction (CD)

Le comité de direction est composé des responsables des axes et des capitaines de site. Il lance les appels d'offre et arbitre les budgets. Il organise la réflexion prospective et la réunion annuelle du SO. Il se réunit mensuellement.

Responsable d'axe de recherche

Le responsable d'Axe assure l'animation scientifique de son axe. Il initie et pilote l'évolution des dispositifs d'observation ainsi que leur cohérence intersites en fonction des objectifs scientifiques du SO. Il suscite des valorisations intersites et veille au lien avec les partenaires et les actions de formation relatives à l'observation.

Capitaine de Site

Le capitaine de site assure la cohérence scientifique et logistique du réseau instrumental. Il coordonne les actions de terrain nécessaires à l'évolution du dispositif d'observation. Il coordonne la demande budgétaire en fonction des instruments déployés et il est responsable de la gestion financière du site. Il veille aussi à la coordination avec les mesures qui ne font pas partie du SO.

Instrument

Un instrument est un appareil ou groupe d'appareil qui répond à une question scientifique. Chaque instrument correspond à un jeu de données de la base de données du SO.

Investigateur principal ou Principal Investigator (PI)

Le PI est responsable d'un instrument. Le PI détermine la stratégie d'observation et le budget associé. Il rédige et met à jour annuellement la fiche instrument. Il est chargé du contrôle de qualité des données avant leur envoi annuel au responsable de la base de données. Il est automatiquement informé du téléchargement des données dont il est responsable. Le financement d'un instrument est subordonné au remplissage de la base par des données validées par le PI.

Administrateur de la base de données

La responsable de la base de données gère la base de données, et de métadonnées et son évolution. Elle assure la coordination avec les autres centres de données (OSUs, SOERE, eLTER). Elle fait un appel annuel aux PIs, vérifie la compatibilité des données et les intègre à la base.

Spécificité IRD/sud : Liens institutionnels (accords bilatéraux, multilatéraux, approche par consortium) entre le service et les partenaires du Sud

Sur chaque site, les liens entre le SO et les partenaires fait l'objet d'une convention entre l'IRD et l'institution hôte : Université de Bamako/Faculté des Sciences et Techniques (Mali), Université Abdou Moumouni (Niger), Direction Générale de l'Eau (Bénin). Ces liens sont également formalisés dans le cadre de laboratoires mixtes internationaux (LMI PICAS'EAU, LMI ECLAIRS) ou de jeune équipe associée (JEAI SAPALOTE, Niger, JEAI AQUI-Bénin).

11-Difficultés rencontrées

Difficultés internes et externes auxquels a fait face le SO pour son fonctionnement depuis sa dernière labellisation

Difficultés internes

- Les ressources humaines dont dispose l'observatoire (sous sa forme actuelle et avec les ambitions affichées) sont sous-dimensionnées ou fragiles (personnel sous statut précaire) pour les tâches de qualification des jeux de données. Ces limitations affectent l'alimentation de la base de données dans des délais raisonnables. Les besoins sont évalués à 1 ETP (poste CNAP) et 1 ETP (poste IR). Une réflexion est en cours pour revoir les ambitions de l'observatoire en



termes de service de données si ces renforcements en personnel ne peuvent pas avoir lieu (voir par exemple section 4 de la partie Prospective).

- Sur chacun des sites, les moyens humains et matériels des partenaires Nord et Sud de l'observatoire sont mutualisés le plus possible, en fonction du contexte très différent d'un site à l'autre. Mais les partenaires du Sud ne disposent pas de suffisamment de ressources pour affecter de manière récurrente du personnel sur les opérations de terrain, les tâches de qualification des données, ou d'autres fonctions. Le fonctionnement au quotidien du service d'observation repose donc sur du personnel local IRD (statut PLP ou PLT), sans lequel l'observatoire ne peut plus fonctionner. La pérennisation de ces postes est essentielle, malgré l'effort important de l'IRD et des représentations engagé depuis 2006 pour faire passer les agents indispensables en statut de PLP, nous avons encore 2 agents en PLT.

Difficultés externes

- Les restrictions liées au risque géopolitique au Sahel rendent impossibles (Mali) ou difficiles (Niger) les déplacements sur le terrain pour le personnel expatrié ou représentant directement des intérêts français. Les partenaires de l'observatoire (universités, services opérationnels) et le personnel local peuvent, dans certaines conditions, se rendre sur le terrain. Cette situation a imposé de modifier la manière de travailler, et d'arrêter certaines mesures. Le contexte géopolitique n'affecte pas, à ce jour, le site du Bénin.
- La direction de l'observatoire reconnaît l'effort des tutelles pour pérenniser les financements dans un contexte budgétaire contraint. Néanmoins, il faut mentionner que les coûts du fonctionnement normal du service d'observation dépassent les budgets alloués chaque année, ce qui implique des limitations préjudiciables sur la jouvence de matériel et sur les missions des PI depuis la France. Les moyens alloués par les UMRs pallient partiellement ces besoin, mais de manière insatisfaisante, car elles n'ont pas vocation à supporter des charges récurrentes d'observation.
- L'observatoire doit donc rechercher des ressources complémentaires. Mais il est très difficile d'identifier des guichets permettant de financer des observations. Il est paradoxalement plus facile d'obtenir des financements (en général modestes) pour de la mise en réseau ou le financement de l'accessoire, que pour la réalisation du cœur de la science et la production du matériau de base que sont les observations !!
- Respect de la charte de la base de données. L'effort d'ouverture de la base de données donne de la visibilité à l'observatoire, mais les contreparties auxquelles sont tenus les utilisateurs des données (selon les termes de la charte de la base) ne sont pas toujours respectées, et l'on constate que l'observatoire ou les responsables de jeux de données ne sont pas toujours cités, notamment lorsque les données distribuées via un réseau mondial (ISMN).

12-Les ressources humaines (hors exploitation scientifique).

Les ressources humaines seront comptabilisées en ETP (homme mois) sur la base du temps réel effectué (i.e. un maître de conférences travaillant effectivement 1 mois à plein temps sur le service sera compté 1 ETP). Les organismes d'appartenance et les corps des personnels seront précisés à l'aide d'un tableau du type suivant

Le SO AMMA-CATCH bénéficie de la participation de 50 personnes avec un total de 14.3 ETP hors exploitation scientifique c'est à dire dédiées aux tâches d'observation, à l'animation du SO, à la critique des données ou à la base de données. Cette somme se décompose en 4.0 ETP chercheurs et enseignants chercheurs (dont 0.7 Sud), 7.9 ETP soutien technique (dont 0.65 Sud), et 2.5 ETP en CDD (dont 1.5 ETP Sud). Même si elle est faible on voit une montée en puissance de l'implication des partenaires du Sud notamment via le soutien technique de la DG-Eau au Bénin.

Le tableau complet des ressources humaines du SO AMMA-CATCH et leur évolution sur la période 2010-2014 se trouve en annexe 2.





13- Ressources Financières

Les ressources financières de toutes origines doivent être prises en compte dans le tableau suivant, en distinguant les ressources récurrentes sur les 5 dernières années et occasionnelles

Ressources récurrentes sur 2010-2014*			Ressources occasionnelles		
origine	Montant annuel (k€) : moyenne 2010-2014	commentaire	Origine	Montant (k€) (années concernées)	commentaire
IRD	86	Avec un maximum en 2011(100 k€) la dotation IRD est en diminution sur la période (75 k€ en 2014)	Megha Tropiques	40 k€ (2010/2012)	Pour la période de Cal/Val : 3 ans
INSU	44	La dotation a augmenté de 2010 à 2012 pour se stabiliser à 50 k€ depuis cette date	SMOS	23 k€ (2010-2011)	Pour la période de Cal/Val : 2 ans
OSUG	11	Soutien constant sur la période	Labex OSUG@2020	6.9 k€ (2012)	dispositif de mesure innovant
OMP	4.5	Montants variant de 4.2 à 6 k€	Labex OSUG@2020	10.4 k€ (2014)	Jouvence 10 centrales d'acquisition (Bénin)
OREME	3	Le soutien de OREME au SO date de 2012(5 k€/an)	OREME	15 k€ (2010-2014)	Soutien de mesures complémentaires au cœur du SO (Bénin & Niger)
DG-Eau (Bénin)	7.25	Comprend la mise à disposition d'un véhicule avec chauffeur et d'un technicien pour 10 tournées/an.	ANR GHYRAF	7.1 k€ (2010-2011)	
Niger	1	Indemnité de terrain des enseignants chargés de l'instrument (PI)	ANR ECLIS	12.6 k€ (2010-2011)	
UMRs	13.25	soutien direct à l'observation (missions des PI)	IRD Spirales	41.2 k€ (2010-2012)	Construction du portail web
			IRD Colloques et séminaires	10 k€ (2012)	Organisation de l'atelier « Les 10 ans de AMMA-CATCH au Bénin »
			LEFE AMMA	2 k€ (2014)	Mission partenaire en France
			LMI Eclairs et Picass'eau	0 k€	Pas de soutien à l'observation
TOTAL	170 k€/an	Moyenne sur la période 2010-2014	TOTAL	168 k€soit ~34 k€/an	Ces ressources ont varié de 0 k€ à 51 k€ suivant les années

*Spécificités IRD/Sud : Estimation des financements directs et indirects et des moyens mis par les partenaires du Sud pour contribuer au fonctionnement du service (logistique, laboratoires, équipements, ressources techniques, ...)



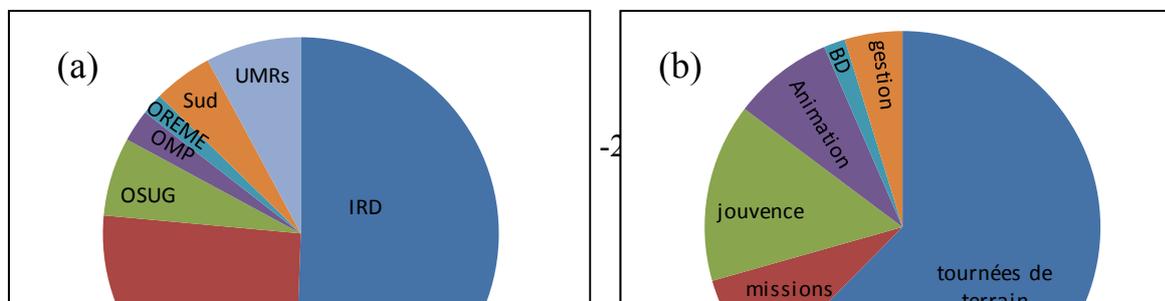
Utilisation des ressources financières :

dépenses récurrentes sur 2010-2014			dépenses occasionnelles		
Nature**	Montant (k€/an)	commentaire	Nature	Montant 2010-14	commentaire
Tournées de terrain et petit équipement	106	Relevé des mesures et suivi des appareils	Participation aux frais de tournées de terrain.	20	ANR Eclis et Ghyraf
Missions	2 12	Mission étalonnage Mission des PI			
Jouvence globale	25	Le montant global nécessaire est de 70 k€/an.	Jouvence pluviomètres	40.5	Megha Tropiques SMOS
			Jouvence humidité des sols	23	
			Jouvence centrales d'acquisition	10.4	OSUG@2020
Equipement			Equipt.: simulateur de ruissellement	6.9	OSUG@2020
			Mesures complémentaires	15	OREME
Animation du SO	5 9	Journées annuelles du SO (2-3 journées) Mission échange/ formation des partenaires	Organisation du 10 ^{ème} anniversaire du SO au Bénin	10	IRD Colloques
			Mission partenaire	2	LEFE AMMA
Base de données	3	fonctionnement	Conception portail BD	41.2	IRD Spirales
Frais de gestion	8	sur crédits INSU	Frais de gestion	Pour mémoire	Variables suivant UMRs et crédits
TOTAL annuel	170 k€/an		TOTAL 2010-2014	168 k€	

** A regrouper par grands types (fonctionnement, missions, petits équipements...)

Depuis 2010 le SO est dans une phase de suivi de long terme, sans déploiement d'instrument supplémentaire. La majeure partie du budget récurrent est allouée aux tournées de terrain. Le second poste le plus important est la jouvence des équipements. Les 900 appareils installés sur les 3 sites ont une valeur totale estimée à environ 700 k€. La jouvence annuelle est financée par le récurrent (25 k€/an) complété avec des ressources exceptionnelles (MT, SMOS, OSUG@2020). Le montant annuel de la jouvence d'équipement a été de 40 k€/an sur la période 2010-2014 ce qui est important mais encore insuffisant pour renouveler l'équipement tous les 10 ans comme souhaité (70 k€/an).

A ces dépenses de fonctionnement il faut ajouter les dépenses de personnel. Le profil de poste « Mise en œuvre et Coordination des opérations de post-traitement pour les Systèmes d'Observation et d'Expérimentation pour la Recherche en Environnement » est un besoin structurel du SO reconnu par l'IRD. Ce poste a été affiché trois fois en mobilité interne IRD, sans succès. Durant ces années nous avons financé un ingénieur en CDD, G. Quantin, pour remplir ces tâches. Le SO finance également 3 autres CDD pour ses besoins d'observation : deux CDD de techniciens locaux (PLT) au Mali (100% ETP) et au Bénin pour la végétation (50% ETP), nous avons enfin un CDD pour le traitement des données de flux du Niger (20% ETP), soit un total de 55 k€/an en CDD. Le total des rémunérations des permanents listés en annexe 2 représente un total de 495 k€/an. Soit un coût total du SO AMMA-CATCH pour la période 2010-2014 égal à 550 k€/an en personnel et 200 k€/an en fonctionnement, avec un équipement installé de 700 k€.



(a)

Figure 8 : (a) Ressources et (b) dépenses récurrentes du SO pendant la période 2010-2014 (170 k€/an)

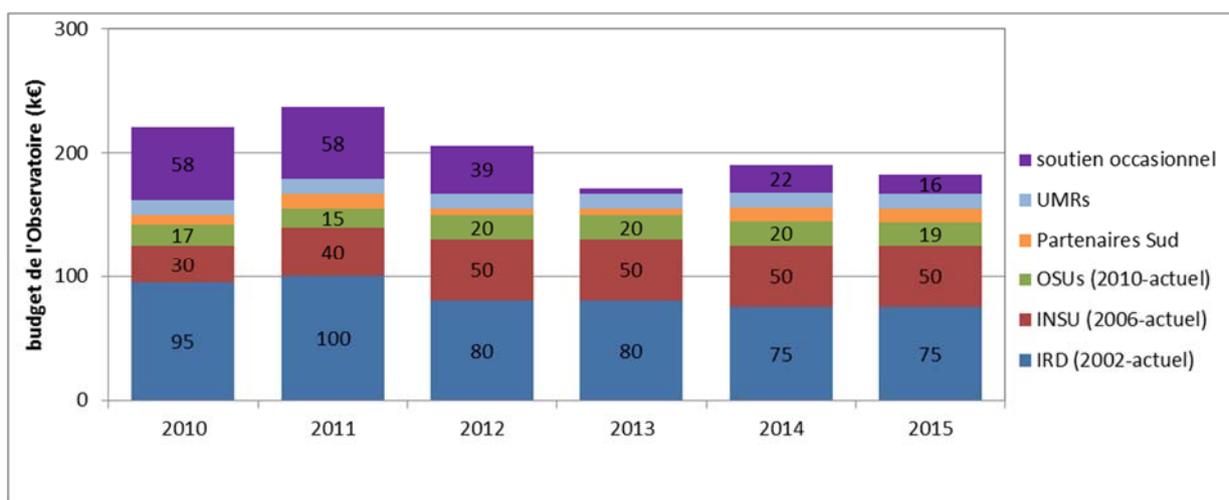


Figure 9: Evolution des ressources de l'observatoire AMMA-CATCH (2010-2014). On a distingué l'origine des contributions récurrentes, le soutien occasionnel est globalisé. Seuls les montants supérieurs à 15 k€ sont indiqués.

EVOLUTION/CREATION

Cette partie du document doit contenir toutes les évolutions du SO proposées. Cela concerne donc tous les critères du bilan, si aucune évolution n'est proposée, mentionner clairement « identique bilan ».

Cette partie du document est également dédiée aux nouvelles propositions de labellisation

1- Évolution du contexte scientifique et des objectifs justifiant des modifications en termes de paramètres et de sites d'observation.

Ou, pour un nouveau service, le contexte, les motivations et les objectifs scientifiques

Les problèmes sécuritaires qui touchent la zone sahélienne nous ont obligés à modifier notre mode d'intervention. Au Niger nous n'avons plus de technicien expatrié ni de VI mais des équipes locales (UAM et Univ. Maradi et Zinder) assurent une partie des mesures et un ingénieur, I. Mainassara, a été embauché en contrat local pour assurer le support technique très spécialisé des données de flux et pour jouer le rôle de coordination logistique. Au Mali, situé en zone rouge les conséquences ont été beaucoup plus fortes encore. Depuis fin 2011 ni les techniciens IRD ni les partenaires ne peuvent se rendre sur le terrain, les mesures automatiques ont été stoppées et seules les mesures manuelles continuent. Etant donné l'importance stratégique de certaines mesures pour faire des calibrations ou des bilans régionaux souligné par plusieurs articles récents (15-2, 15-4, 15-5, 15-6, 14-2, 14-3, 14-11, 14-15, 14-20, 14-24), un nouveau site temporaire a été choisi au Sénégal.

Nouveau site au Sénégal :

Une partie des observations du site du Mali ont été transférées dans la région du Ferlo au nord du Sénégal, une zone pastorale avec des conditions éco-climatique similaires (bien adaptée, en particulier, à la validation des produits de télédétection et aux activités de modélisation des ressources végétales qui ont été déjà développées pour la région du Gourma). L'investissement du SO dans ce site vient en complément de l'instrumentation déjà installée à la station du Centre de Recherche Zootechnique de Dahra par différentes équipes européennes (Universités de Copenhague au Danemark, de Lund en Suède, Institut de technologie de Karlsruhe en Allemagne) avec lesquelles plusieurs collaborations sont déjà en cours. A niveau local, les partenaires principaux sont l'Institut des Sciences et Environnement (ISE) de l'Université de Dakar (UCAD) et le l'Institut Sénégalais de Recherche Agronomique (ISRA) qui gère la station de Dahra. Une convention de collaboration IRD a été signée entre l'UCAD (ISE) et l'IRD (GET et LA) et un atelier de démarrage a eu lieu en Novembre 2014 à Dakar.

Pour l'instant, dans le cadre du SO AMMA-CATCH, deux stations d'humidité du sol et des pluviomètres ont été installés dans la région du Ferlo et une campagne de mesure a été menée sur la radiométrie de pailles en saison sèche (Kergoat et al. 2014). Des autres projets sont en cours sur le même site sur la dendrochronologie des arbres (projet EC2CO porté par le GET), sur l'estimation de l'humidité du sol à partir de la réflectométrie GNSS (projet RTRA porté par le GET), les cycles biogéochimiques (carbone, azote) en collaboration avec le LA qui intervient également sur Dahra. L'installation d'une station de flux sur une plantation de gomme arabique est envisagée à Dahra.

2- Les missions du Service d'Observation

Les missions du service d'observation **restent identiques** à celle de la période 2010-2014.

Pas d'évolution par rapport à la période 2010-2014



Évolution des paramètres observés et/ou des sites d'observation

Justification : évolutions (paramètres et sites) en reprenant les critères mentionnés dans le bilan (**voir ci-dessous**)

Pour un nouveau service, description de la mission du service (Description exhaustive du service en termes de sites et paramètres. Privilégier une présentation concise (tableau, carte). Justification des sites/paramètres par rapport aux objectifs)

3- Les protocoles de mesure

Description rigoureuse des protocoles des nouvelles mesures conduisant à des précisions à même de répondre aux questionnements scientifiques (y compris les stratégies d'échantillonnage dans l'espace et le temps). Description des procédures de contrôle qualité. Lien avec les protocoles utilisés dans les réseaux internationaux.

Spécificités IRD/Sud : développement de méthodologies / technologies adaptés au contexte du sud ou de milieu très isolé

La direction de l'observatoire souhaite développer la télétransmission de données depuis les stations de mesure (pour les variables qui s'y prêtent). L'objectif est d'automatiser le rapatriement des données brutes depuis le terrain, en conservant les mêmes protocoles d'acquisition. La télétransmission répond à plusieurs objectifs :

- répondre aux besoins de données en temps réel ou peu différé exprimé par les partenaires (prévention du risque d'inondation par exemple),
- favoriser le traitement plus rapide des données et leur qualification pour la base de données
- optimiser les coûts de fonctionnement de l'observatoire en réduisant les tournées de terrain systématiques et en privilégiant les interventions sur alerte.

Un projet pilote de télétransmission par réseau de téléphonie mobile est en cours sur le site du Bénin depuis mi 2014, avec l'appui du labex OSUG@2020 pour l'équipement de sites pilotes et du dispositif IRD/SPIRALES pour le développement de la plate-forme logicielle permettant de gérer le flux de données (projet GeDHyT, 2015). La télétransmission sera progressivement étendue aux autres sites de l'observatoire. Ce projet se fait en coordination avec le projet PNUD Système d'Alerte Précoce (SAP) dont nos partenaires béninois assurent la coordination.

De nouvelles données concernant des proxies de qualité de l'eau sont également prévues : mesures automatiques de turbidité et conductivité électrique des eaux de surface. Cette évolution est réalisée en lien avec des initiatives du SOERE RBV. Ces mesures sont déjà partiellement mises en place sur certains sites. Il s'agit de coordonner et systématiser cette acquisition sur les 3 sites étant donné leur fort potentiel pour un coût marginal faible.

4- La durée d'observation

Justifier la nécessité des **nouvelles observations** (observables, sites) sur des durées de 10 ans ou plus. Préciser les périodes d'acquisition pour les séries préexistantes (début d'acquisition, interruption de service...)

- Les nouvelles mesures de turbidité et conductivité électrique sont des proxies de l'érosion et de l'évolution des états de surface. La turbidité est un paramètre important aussi pour les enjeux sanitaires, les bactéries comme l'E. Coli se fixant plus facilement sur des eaux turbides. Il est donc particulièrement intéressant de les maintenir sur le long terme étant donné le contexte de fort changement de l'occupation des sols. La difficulté est d'identifier des capteurs robustes et adaptés aux conditions locales (climat tropical, sites isolés, maintenance peu fréquente).
- terminer l'harmonisation entre les 3 sites des variables observées pour certains jeux de données (par exemple végétation dont certaines variables ne sont pas suivies au Bénin).
- Avec les objectifs du GIEC et l'absence de données de long terme sur l'Afrique de l'Ouest il est évident que des données de flux d'eau et de carbone de long terme sont un atout considérable de notre SO. Cependant, étant donné le travail nécessaire au traitement de ces données (estimé à 1.25 ETP/station) nous ne sommes pas certains de pouvoir maintenir ces instruments avec le



personnel actuel. La livraison des données de flux dans les délais demandés par le SO sont un véritable problème sans personnel dédié.

Pour les autres instruments de l'observatoire, nous prévoyons le maintien des réseaux et protocoles existants. L'Observatoire s'est donné pour ambition de pérenniser les observations de manière à disposer de 30 ans de données au moins sur toutes les séries, ce qui sera le cas autour de 2030.

5- L'archivage des données et leur mise à disposition

Données brutes et/ou élaborées, structure, support, validation, archivage, séries disponibles, métadonnées, statut juridique, accessibilité, modes de distribution, intégration internationale éventuelle, responsable technique. Lien avec les Centres de données nationaux et Internationaux. Quelles actions sont envisagées pour favoriser l'utilisation des données par des utilisateurs extérieurs.

Spécificités IRD/Sud : Réalité de l'accès aux données pour les partenaires / utilisateurs du Sud.

Les DOIs (Digital Object Identifiers) de données sont une notion nouvelle qui permet la citation de jeux de données de façon définitive, unique et standardisée. Ils vont devenir incontournables, au même titre que le sont actuellement les DOIs pour les articles de revue. Il est prévu de mettre en place des DOIs pour les jeux de données du SO AMMA-CATCH d'ici fin 2015, il convient de les définir avec soin et de façon appropriée. Une concertation est en cours avec la direction de l'IRD (département, DSI, service juridique) à ce sujet.

Par la définition de DOIs le SO vise les objectifs suivants :

- favoriser la découverte des données sur Internet et donc leur utilisation par des utilisateurs extérieurs
- permettre de citer concrètement les données dans les articles
- permettre la valorisation du travail d'observation effectué par les chercheurs et IT du SO

Au cours des 5 prochaines années, les données du SO AMMA-CATCH pourront s'intégrer dans le centre de données international du projet European Long Term Ecosystem and socio-ecological Research Infrastructure (eLTER), Call H2020 INFRAIA, Integrating and opening research infrastructures of European interest, accepté début 2015. Cette infrastructure intégrée comporte un volet conception et développement d'une infrastructure de ressources distribuées pour le partage et la découverte des données qui met en avant les standards de l'OGC déjà mis en œuvre sur le SI AMMA-CATCH (CSW, SOS, WMS). Les 3 sites AMMA-CATCH sont inclus dans ce projet par l'intermédiaire du SOERE RBV.

Le département SIC de l'INSU travaille actuellement à un TGIR sur la zone critique qui sera le miroir de ce projet européen. Les contours de ce TGIR sont en cours de définition. Le porteur pressenti est J. Gaillardet.

Enfin l'observatoire suit les réflexions en cours menées par le CNES et l'INSU sur la construction de pôles thématiques nationaux, et prendra toute sa place le moment venu dans les pôles « surface continentale » et « atmosphère » (pour les données concernant la couche limite).

6- L'ouverture et l'insertion du Système d'observation

Liens avec d'autres SO, insertion du SO dans le dispositif de recherche français (régional, national), insertion européenne et internationale, appartenance à un réseau européen ou international d'observation.

Actions mises en œuvre pour ouvrir le SO à des équipes extérieures.

Spécificités IRD/Sud : Description des collaborations avec les partenaires du Sud, préciser le degré d'implication et l'insertion des partenaires dans les actions d'observation. Préciser l'éventuelle dimension régionale. Préciser le cas échéant la dimension interdisciplinaire du SO.



Le projet principal du SO est l'**intégration dans le TGIR français** sur la zone critique avec comme objectif d'intégrer un projet **INFRAIA eLTER**.

7- Autres services rendus / outils de coopération

Spécificités IRD/Sud : fédération de moyens / adossement des projets de recherche / offre de formation et de transfert technique

L'investissement dans les actions de formation sera également maintenu, en développant particulièrement trois aspects :

- participation à des enseignements, notamment dans le cadre d'un projet de la DPF/IRD (E. Montet) pour le montage d'un master « Eau » à vocation régionale (Cotonou – Abidjan) pour lequel les équipes AMMA-CATCH ont été sollicitées.
- Renforcement des interventions des personnels de l'observatoire dans des écoles thématiques : HYDRARIDE au Cameroun, ECOTROP au Gabon, projet d'école thématique en modélisation en Côte d'Ivoire (LMI PICASS'EAU) ; accueil d'écoles de terrain sur les sites de l'observatoire : HYDRUS, organisée au Bénin par le LMI PICASS'EAU. L'organisation d'écoles thématiques sur les autres sites de l'observatoire au Niger et au Mali est impossible pour raisons de sécurité.
- Expertise concernant la mise en place d'observatoires. Les équipes AMMA-CATCH sont identifiées comme partenaires dans le montage de l'observatoire de l'Ogooué et de l'Observatoire de la Zone Critique du Parc National de la Lopé, au Gabon.

8- Le fonctionnement

Si évolution ou création

Fournir un organigramme présentant l'organisation du Service sur la période 2010-2014. Pour les personnels il s'agit de ceux impliqués dans la réalisation de la mission du SO (à distinguer des personnels assurant l'exploitation scientifique).

Spécificités IRD /Sud : Rôle de l'IRD, des organismes du Nord et du Sud impliqués / Éventuel processus de transfert du dispositif vers un opérateur du Sud / Réalité du transfert technique et d'expertise vers les homologues des institutions Sud concernées par le service. Degré d'appropriation du service par les acteurs techniques, scientifiques et institutionnels du Sud.

L'organigramme modifié en octobre 2013 a été présenté ci-dessus. Nous ne souhaitons pas le modifier.

9- La gouvernance

Si évolution ou création

Fournir un organigramme présentant les instances et leurs liens dans la gouvernance et le fonctionnement du SO, distinguer l'environnement interne du SO de son environnement externe (par exemple relations avec les instances d'un TGIR, d'un SOERE....). Indiquer les personnels impliqués dans ces instances. Préciser également le fonctionnement des instances (fréquence de réunion...).

D'autres aspects pourront être évoqués tels que la stratégie de communication, les actions programmes de formation associés.....Les évolutions par rapport à l'organigramme présenté dans le bilan devront être clairement identifiées.

La gouvernance modifiée en 2013 a été présenté ci-dessus. Nous ne souhaitons pas la modifier.

Nous souhaitons organiser un colloque régional sur le thème de l'observation du changement climatique en Afrique de l'Ouest pour présenter nos travaux récents à la communauté d'Afrique de l'Ouest. Cet atelier sera organisé en Afrique au cours des 3 prochaines années.



10- Moyens nécessaires pour mettre en œuvre ces évolutions (redistribution des ressources existantes, nouvelles ressources (obtenues ou demandées)).

Pour des raisons de sécurité les expatriations ne sont plus possibles au Niger et au Mali. Au Niger, le problème a été largement réglé avec le recrutement en PLP d'un ingénieur, I. Mainassara. Il supervise avec efficacité les tâches techniques, logistiques et financières de l'ensemble des activités du SO au Niger depuis la fin de l'expatriation de M. Arjounin en 2014. Il vient tous les ans en mission en France pour une bonne coordination avec les PIs des instruments et le capitaine de site.

Au Mali, les enregistreurs automatiques sont arrêtés mais les mesures manuelles continuent grâce à des observateurs dévoués qui continuent les observations depuis 2012, alors qu'aucun agent IRD n'est autorisé à se déplacer dans la région du Gourma. Les données sont ensuite rapatriées sur des cahiers/cartes mémoires qui transitent dans les cars de ligne et récupérées par N. Soumaguel (PLT IRD) qui gère la collecte des données depuis Bamako. Pouvoir **pérenniser la position de N. Soumaguel** (en PLP) est fondamental pour la continuation des mesures sur ce site. En 2015 une légère amélioration devrait permettre à notre partenaire de l'Université de Bamako de prévoir de se déplacer pour réinstaller une station météo à Hombori (en test à Bamako actuellement).

Au Sénégal, le réseau instrumental étant assez réduit, deux missions par an (mutualisées avec les autres projets en cours au GET) et la collaboration avec l'ISE sont pour l'instant suffisantes pour l'acquisition des données. L'aide d'un ingénieur de terrain serait toutefois fondamentale pour renforcer les activités sur ce site (en particulier dans la perspective de l'installation d'une tour de flux).

Au Bénin, paradoxalement le contexte est aussi inquiétant. En effet nos **demandes 2015 de VI et d'expatriation (M. Arjounin)** n'ont pas été satisfaites malgré la fin d'expatriation de S. Boubkraoui (juin 2015), et au départ du précédent VI (sept.2014). A partir de juillet nous n'aurons donc plus de personnel technique expatrié pour superviser notre réseau de mesure. Notre réseau tient uniquement grâce à un ingénieur en PLP : M. Wubda, qui prépare actuellement une thèse. Ce dernier a fait savoir son intention de quitter son poste après sa soutenance. Notre service d'observation est donc très directement menacé à court terme au Bénin car nos partenaires ne sont pas encore au point pour prendre cette charge et la vitesse de rotation des personnels de la DG-Eau n'améliore pas cet état de fait.

11- Les ressources humaines (hors exploitation scientifique)

Si de nouvelles ressources humaines sont nécessaire par rapport au tableau bilan, indiquer leur origine et si elles sont obtenue ou demandée.

Le point faible identifié lors du précédent quadriennal est le manque de personnel pour le post-traitement des données. Notre **priorité de recrutement** est donc toujours la même un poste d'IR BAP E « **Mise en œuvre et coordination des opérations de post-traitement** pour les Systèmes d'Observation et d'Expérimentation pour la Recherche en Environnement». Ce besoin structurel du SO reconnu par l'IRDe a été affiché par trois fois en mobilité interne IRD, sans succès. Nous espérons une ouverture de concours externe.

L'autre point faible de notre SO est le faible nombre de **CNAP**. En effet avec 3 sites sur 3 pays, 900 appareils de mesure et 40 instruments en fonction nous n'avons qu'un seul CNAP. Ce sont donc des chercheurs et enseignants chercheurs qui assurent la majeure partie des tâches de service, au détriment parfois de leurs tâches de recherche.

Depuis le départ de Franck Timouk, IE IRD, nous manquons également d'un **ingénieur de terrain** qui puisse assurer le bon fonctionnement de l'instrumentation *in-situ*. Si la maintenance de routine



(nettoyage des capteurs) et la collecte des données peuvent-être assurés par les partenaires locaux, l'installation et l'intervention sur les instruments nécessitent du personnel qualifié si l'on garde l'objectif de maintenir les observations au niveau des standards internationaux.

Enfin le support apporté par les VI est un complément très utile aux équipes techniques de terrain et forme des jeunes à la mesure et la gestion logistique.

Ressources humaines **demandées** (hors exploitation scientifique):

Corps	Organisme	ETP observat ion	Candidat potentiel	Fonction d'observation
IR	IRD BAP E	100%	Quantin Guillaume	Mise en œuvre et Coordination des opérations de post-traitement pour les Systèmes d'Observation et d'Expérimentation pour la Recherche en Environnement portés par l'IRD
PhyS. Adj.	CNAP SCOA	30%	Panthou Gérémy	PI pluie et météo intersite. Création de produits élaborés
IE	IRD ou CNRS BAP C	100%		Supervision instrumentation sites Mali et Sénégal
VI	IRD site Bénin	100%		Mise en place de la télétransmission. Supervision technique du site Bénin

12- Ressources Financières

Budget prévisionnel : Les ressources financières de toutes origines doivent être prises en compte dans le tableau suivant, en distinguant les ressources attendues comme récurrentes sur les 5 prochaines années et de celles occasionnelles

Ressources récurrentes prévues pour 2015-2019*			Ressources occasionnelles		
<i>origine</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>	<i>origine</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>
<i>IRD</i>	<i>85 k€</i>	<i>Moyenne du précédent quadriennal</i>	<i>OSUG@2020</i>	<i>9.3 k€</i>	<i>Equipement site pilote de télétransmission (acquis)</i>
<i>INSU</i>	<i>50 k€</i>		<i>AO national</i>	<i>80 k€</i>	<i>Télétransmission site du Bénin</i>
<i>OSUs</i>	<i>20 k€</i>		<i>AO national</i>	<i>80 k€</i>	<i>Télétransmission site du Niger</i>
<i>DG-Eau</i>	<i>8 k€</i>	<i>Mise à disposition d'un véhicule avec chauffeur et d'un technicien</i>	<i>Spirales</i>	<i>15 k€</i>	<i>Développement plateforme de gestion des données télétransmises (2.5 k€ acquis, projet GeDHyT 2015)</i>
<i>Niger</i>	<i>1 k€</i>	<i>Financement indirect (logistique, ressources techniques)</i>	<i>AO national</i>	<i>50 k€</i>	<i>Equipement site Sénégal</i>
<i>Mali</i>	<i>1 k€</i>	<i>Financement indirect (logistique, ressources techniques)</i>	<i>Mission satellitaire SMAP</i>	<i>10 k€</i>	<i>Site de Cal/Val</i>
<i>UMRs</i>	<i>5 k€</i>	<i>Complément suivant besoins (idéalement nul)</i>	<i>Colloques et séminaires</i>	<i>25 k€</i>	<i>Organisation d'un colloque régional</i>
TOTAL	170 k€		TOTAL	270 k€	



Utilisation des ressources financières :

dépenses récurrentes prévues pour 2015-2019			dépenses occasionnelles		
<i>Nature**</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>	<i>Nature</i>	<i>montant</i>	<i>commentaire</i>
<i>tournées</i>	106k€		<i>tournées</i>	0	
<i>missions</i>	14 k€		<i>missions</i>	0	
<i>jouvence</i>	25 k€		<i>jouvence</i>	0	
<i>équipement</i>			<i>équipement</i>	170 k€	<i>Télétransmission sites Niger et Bénin</i>
				50 k€	<i>Equipement site Sénégal</i>
<i>animation</i>	14 k€		<i>animation</i>	25 k€	<i>Colloque régional</i>
<i>Base de données</i>	3 k€		<i>Base de données</i>	15 k€	<i>Plateforme de gestion télétransmission</i>
<i>Frais de gestion</i>	8 k€	<i>Les UMRs augmentent leurs prélèvements</i>			
TOTAL	170 k€		TOTAL		

*Spécificités IRD/Sud : Estimation des financements directs et indirects et des moyens mis par les partenaires du Sud pour contribuer au fonctionnement du service (logistique, laboratoires, équipements, ressources techniques, ...)

** A regrouper par grands types (fonctionnement, missions, petits équipements...) distinguer ce qui est fonctionnement de la jouvence de l'équipement

Références citées (hors SO) :

Hu, Y. & Fu, Q. [2007]. "Observed poleward expansion of the Hadley circulation since 1979". *Atmospheric Chemistry and Physics*. P. 5229–5236.

Huntington, T.G. [2006]. "Evidence for intensification of the global water cycle : Review and synthesis". *Journal of Hydrology*. P. 83–95.

IPCC [2013]. "Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom & New York, NY, USA : Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)

Seidel, Dian J., Fu, Qiang, Randel, William J. & Reichler, Thomas J. [2008]. "Widening of the tropical belt in a changing climate". *Nature Geoscience*. P. 21–24.

Toreti, A., Naveau, P., Zampieri, M., Schindler, A., Scoccimarro, E., Xoplaki, E., Dijkstra, H.A., Gualdi, S. & Luterbacher, J. [2013]. "Projections of global changes in precipitation extremes from Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 models". *Geophysical Research Letters*. P. 4887–4892.



Annexe 1

Publications

Journaux internationaux à comité de lecture

Journaux référencés dans WoS : <http://www.amma-catch.org/spip.php?article177>

In press

- p-1 Dorigo, W. A., Gruber, A., De Jeu, R. A. M., Wagner, W., Stacke, T., Loew, A., Albergel, C., Brocca, L., Chung, D., Parinussa, R. M. and Kidd, R., In press: [Evaluation of the ESA CCI soil moisture product using ground-based observations](#). *Remote Sensing of Environment*.
- p-2 Frappart F., Fatras C., Mougin E., Marieu V., Diepkilé T.A., Blarel F., Borderies P., 2015. [Radar altimetry backscattering signatures at Ka, Ku, C and S bands over West-Africa](#). *Physics and Chemistry of the Earth special issue "Emerging Science and Applications with Microwave Remote Sensing Data"*.
- p-3 Veenendal E., Torello-Raventos M., Feldpausch T. R., T. F. Domingues, France G., F. Schrodte, G. Saiz, C. A. Quesada, G. Djangbletey, A. Ford, J. Kemp, B. S. Marimon, B. H. Marimon-Junior, E. Lenza, J.A Ratter, L. Mercahipes, D. Sasaki, B. Sonké, L. Zapfack, D. Villarroel, M. Schwarz, Y. Ishida, G. B.Nardoto, K. Affum-Baffoe, L. Arroyo, G. Ceca, H. Compaore, K. Davies, A. Diallo, N.N. Fyllas, J. Gignoux, F. Hien, M. Johnson, E. Mougin, P. Hiernaux, T. Killeen, D. Metcalfe, H.S. Miranda, M. Steininger, K. Sykora, M.I. Bird, J. Grace, S. Lewis, O.L. Philipps and J. Lloyd, 2015. [Structural, physiognomic and aboveground biomass variation in savanna-forest transition zones on three continents. How different are co-occurring savanna and forest formations?](#) *Biogeosciences*.

2015

- 15-1 Amogu, O., Esteves, M., Vandervaere, J-P, Malam Abdou, M., Panthou, G., Rajot, J-L., Souley Yéro, K., Boubkraoui, S., Lapetite, JM., Dessay, N., Zin, I., Bachir, A., Bouzou Moussa, I., Faran Maïga, O., Gautier, E., Mamadou, I. and Descroix, L., 2015: [Runoff evolution according to land use change in a small Sahelian catchment](#). *Hydrological Sciences Journal*, **60**.
- 15-2 Fatras, C., Frappart, F., Mougin, E., Frison, P.-L., Faye, G., Borderies, P. and Jarlan, L., 2015: [Spaceborne altimetry and scatterometry backscattering signatures at C- and Ku-bands over West Africa](#). *Remote Sensing of Environment*, **159**, 117--133.
- 15-3 Issoufou, H. B.-A., Rambal, S., Le Dantec, V., Oi, M., Laurent, J.-P., Saadou, M. and Seghier, J., 2015: [Is the WBE model appropriate for semi-arid shrubs subjected to clear cutting?](#) *Tree Physiology*, **35**, 197--208.
- 15-4 Kergoat, L., Hiernaux, P., Dardel, C., Pierre, C., Guichard, F. and Kalilou, A., 2015: [Dry-season vegetation mass and cover fraction from SWIR1.6 and SWIR2.1 band ratio: Ground-radiometer and MODIS data in the Sahel](#). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **39**, 56--64.
- 15-5 Llargeron, Yann, Guichard, Françoise, Bouniol, Dominique, Couvreur, Fleur, Kergoat, Laurent and Marticorena, Béatrice, 2015: [Can we use surface wind fields from meteorological reanalyses for Sahelian dust emission simulations?](#) *Geophysical Research Letters*.



- 15-6 Louvet, Samuel, Pellarin, Thierry, al Bitar, Ahmad, Cappelaere, Bernard, Galle, Sylvie, Grippa, Manuela, Gruhier, Claire, Kerr, Yann, Lebel, Thierry, Mialon, Arnaud, Mougine, Eric, Quantin, Guillaume, Richaume, Philippe and de Rosnay, Patricia, 2015:
[SMOS soil moisture product evaluation over West-Africa from local to regional scale.](#)
Remote Sensing of Environment, **156**, 383--394.
- 15-7 Schrodte, Franziska, Domingues, Tomas F., Feldpausch, Ted R., Saiz, Gustavo, Quesada, Carlos Alberto, Schwarz, Michael, Ishida, F. Yoko, Compaore, Halidou, Diallo, Adamo, Djangbletey, Gloria, Hien, Fidele, Sonké, Bonaventure, Toedoumg, Herman, Zapfack, Loius, Hiernaux, Pierre, Mougine, Eric, Bird, Michael I., Grace, John, Lewis, Simon L., Veenendaal, Elmar M. and Lloyd, Jon, 2015:
[Foliar trait contrasts between African forest and savanna trees: genetic versus environmental effects.](#)
Functional Plant Biology, **42**, 63.
- 15-8 Vouillamoz, J.M., Lawson, F.M.A., Yalo, N. and Descloitres, M., 2015:
[Groundwater in hard rocks of Benin: Regional storage and buffer capacity in the face of change.](#)
Journal of Hydrology, **520**, 379--386.

2014

- 14-1 Ago, Expedit Evariste, Agbossou, Euloge Kossi, Galle, Sylvie, Cohard, Jean-Martial, Heinesch, Bernard and Aubinet, Marc, 2014:
[Long term observations of carbon dioxide exchange over cultivated savanna under a Sudanian climate in Benin \(West Africa\).](#)
Agricultural and Forest Meteorology, **197**, 13--25.
- 14-2 Dardel, C., Kergoat, L., Hiernaux, P., Mougine, E., Grippa, M. and Tucker, C.J., 2014:
[Re-greening Sahel: 30years of remote sensing data and field observations \(Mali Niger\).](#)
Remote Sensing of Environment, **140**, 350--364.
- 14-3 Dardel, Cécile, Kergoat, Laurent, Hiernaux, Pierre, Grippa, Manuela, Mougine, Eric, Ciaï, Philippe and Nguyen, Cam-Chi, 2014:
[Rain-Use-Efficiency: What it Tells us about the Conflicting Sahel Greening and Sahelian Paradox.](#)
Remote Sensing, **6**, 3446--3474.
- 14-4 de Jeu, Richard A. M., Holmes, Thomas R. H., Parinussa, Robert M. and Owe, Manfred, 2014:
[A spatially coherent global soil moisture product with improved temporal resolution.](#)
Journal of Hydrology, **516**, 284--296.
- 14-5 Doumounia, Ali, Gosset, Marielle, Cazenave, Frederic, Kacou, Modeste and Zougmore, François, 2014:
[Rainfall monitoring based on microwave links from cellular telecommunication networks: First results from a West African test bed.](#)
Geophysical Research Letters, **41**, 2014GL060724.
- 14-6 Getirana, Augusto C. V., Boone, Aaron and Peugeot, Christophe, 2014:
[Evaluating LSM-Based Water Budgets over a West African Basin Assisted with a River Routing Scheme.](#)
Journal of Hydrometeorology, **15**, 2331--2346.
- 14-7 Guilloteau, Clement, Gosset, Marielle, Vignolles, Cecile, Alcoba, Matias, Tourre, Yves M. and Lacaux, Jean-Pierre, 2014:
[Impacts of Satellite-Based Rainfall Products on Predicting Spatial Patterns of Rift Valley Fever Vectors.](#)
Journal of Hydrometeorology, **15**, 1624--1635.
- 14-8 He, Xiaogang, Kim, Hyungjun, Kirstetter, Pierre-Emmanuel, Yoshimura, Kei, Chang, Eun-Chul, Ferguson, Craig R., Erlingis, Jessica M., Hong, Yang and Oki, Taikan, 2014:
[The Diurnal Cycle of Precipitation in Regional Spectral Model Simulations over West Africa: Sensitivities to Resolution and Cumulus Schemes.](#)
Weather and Forecasting.
- 14-9 Hector, Basile, Hinderer, Jacques, Séguis, Luc, Boy, Jean-Paul, Calvo, Marta, Descloitres, Marc, Rosat, Séverine, Galle, Sylvie and Riccardi, Umberto, 2014:



[Hydro-gravimetry in West-Africa: First results from the Djougou \(Benin\) superconducting gravimeter.](#)
Journal of Geodynamics, **80**, 34--49.

- 14-10 Ibrahim, Maïmouna, Favreau, Guillaume, Scanlon, Bridget R., Seidel, Jean Luc, Le Coz, Mathieu, Demarty, Jérôme and Cappelaere, Bernard, 2014:
[Long-term increase in diffuse groundwater recharge following expansion of rainfed cultivation in the Sahel West Africa.](#)
Hydrogeology Journal, **22**, 1293--1305.
- 14-11 Jacques, Damien Christophe, Kergoat, Laurent, Hiernaux, Pierre, Mougin, Eric and Defourny, Pierre, 2014:
[Monitoring dry vegetation masses in semi-arid areas with MODIS SWIR bands.](#)
Remote Sensing of Environment, **153**, 40--49.
- 14-12 Koffi, A. K., Gosset, M., Zahiri, E. -P., Ochou, A. D., Kacou, M., Cazenave, F. and Assamoi, P., 2014:
[Evaluation of X-band polarimetric radar estimation of rainfall and rain drop size distribution parameters in West Africa.](#)
Atmospheric Research, **143**, 438--461.
- 14-13 Lee, J. H., Pellarin, T. and Kerr, Y. H., 2014:
[Inversion of soil hydraulic properties from the DEnKF analysis of SMOS soil moisture over West Africa.](#)
Agricultural and Forest Meteorology, **188**, 76--88.
- 14-14 Lehmann, C. E. R., Anderson, T. M., Sankaran, M., Higgins, S. I., Archibald, S., Hoffmann, W. A., Hanan, N. P., Williams, R. J., Fensham, R. J., Felfili, J., Hutley, L. B., Ratnam, J., San Jose, J., Montes, R., Franklin, D., Russell-Smith, J., Ryan, C. M., Durigan, G., Hiernaux, P., Haidar, R., Bowman, D. M. J. S. and Bond, W. J., 2014:
[Savanna Vegetation-Fire-Climate Relationships Differ Among Continents.](#)
Science, **343**, 548--552.
- 14-15 Lohou, F., Kergoat, L., Guichard, F., Boone, A., Cappelaere, B., Cohard, J.-M., Demarty, J., Galle, S., Grippa, M., Peugeot, C., Ramier, D., Taylor, C. M. and Timouk, F., 2014:
[Surface response to rain events throughout the West African monsoon.](#)
Atmospheric Chemistry and Physics, **14**, 3883--3898.
- 14-16 Mamadou, O., Cohard, J. M., Galle, S., Awanou, C. N., Diedhiou, A., Kounouhewa, B. and Peugeot, C., 2014:
[Energy fluxes and surface characteristics over a cultivated area in Benin: daily and seasonal dynamics.](#)
Hydrol. Earth Syst. Sci., **18**, 893--914.
- 14-17 Manfreda, S., Brocca, L., Moramarco, T., Melone, F. and Sheffield, J., 2014:
[A physically based approach for the estimation of root-zone soil moisture from surface measurements.](#)
Hydrol. Earth Syst. Sci., **18**, 1199--1212.
- 14-18 Masih, I., Maskey, S., Mussá, F. E. F. and Trambauer, P., 2014:
[A review of droughts on the African continent: a geospatial and long-term perspective.](#)
Hydrol. Earth Syst. Sci., **18**, 3635--3649.
- 14-19 Mbow, Cheikh, Fensholt, Rasmus, Nielsen, Thomas Theis and Rasmussen, Kjeld, 2014:
[Advances in monitoring vegetation and land use dynamics in the Sahel.](#)
Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography, **114**, 84--91.
- 14-20 Mougin, E., Demarez, V., Diawara, M., Hiernaux, P., Soumaguel, N. and Berg, A., 2014:
[Estimation of LAI fAPAR and fCover of Sahel rangelands \(Gourma Mali\).](#)
Agricultural and Forest Meteorology, **198-199**, 155--167.
- 14-21 Panthou, G., Vischel, T., Lebel, T., Quantin, G. and Molinié, G., 2014:
[Characterising the space-time structure of rainfall in the Sahel with a view to estimating IDAF curves.](#)
Hydrology and Earth System Sciences, **18**, 5093--5107.



- 14-22 Panthou, G., Vischel, T. and Lebel, T., 2014:
[Recent trends in the regime of extreme rainfall in the Central Sahel.](#)
International Journal of Climatology, **34**, 3998--4006.
- 14-23 Paulik, Christoph, Dorigo, Wouter, Wagner, Wolfgang and Kidd, Richard, 2014:
[Validation of the ASCAT Soil Water Index using in situ data from the International Soil Moisture Network.](#)
International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, **30**, 1--8.
- 14-24 Pierre, C., Bergametti, G., Marticorena, B., Kergoat, L., Mougin, E. and Hiernaux, P., 2014:
[Comparing drag partition schemes over a herbaceous Sahelian rangeland.](#)
Journal of Geophysical Research: Earth Surface, **119**, 2014JF003177.
- 14-25 Schepanski, K., Knippertz, P., Fiedler, S., Timouk, F. and Demarty, J., 2014:
[The sensitivity of nocturnal low-level jets and near-surface winds over the Sahel to model resolution, initial conditions and boundary-layer set-up.](#)
Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.
- 14-26 Tremoy, Guillaume, Vimeux, Françoise, Soumana, Salifou, Souley, Ide, Risi, Camille, Favreau, Guillaume and Oï, Monique, 2014:
[Clustering mesoscale convective systems with laser-based water vapor \$\delta\$ 18-O monitoring in Niamey \(Niger\).](#)
Journal of Geophysical Research: Atmospheres, **119**, 5079--5103.
- 14-27 Velluet, C., Demarty, J., Cappelaere, B., Braud, I., Issoufou, H. B.-A., Boulain, N., Ramier, D., Mainassara, I., Charvet, G., Boucher, M., Chazarin, J.-P., Oï, M., Yahou, H., Maidaji, B., Arpin-Pont, F., Benarros, N., Mahamane, A., Nazoumou, Y., Favreau, G. and Seghieri, J., 2014:
[Building a field- and model-based climatology of local water and energy cycles in the cultivated Sahel – annual budgets and seasonality.](#)
Hydrol. Earth Syst. Sci., **18**, 5001--5024.
- 14-28 Vouillamoz, J. M., Lawson, F. M. A., Yalo, N. and Descloitres, M., 2014:
[The use of magnetic resonance sounding for quantifying specific yield and transmissivity in hard rock aquifers: The example of Benin.](#)
Journal of Applied Geophysics, **107**, 16--24.

2013

- 13-1 Dorigo, W. A., Xaver, A., Vreugdenhil, M., Gruber, A., Hegyiová, A., Sanchis-Dufau, A. D., Zamojski, D., Cordes, C., Wagner, W. and Drusch, M., 2013:
[Global Automated Quality Control of In Situ Soil Moisture Data from the International Soil Moisture Network.](#)
Vadose Zone Journal, **12**.
- 13-2 Fan, Y., Li, H. and Miguez-Macho, G., 2013:
[Global Patterns of Groundwater Table Depth.](#)
Science, **339**, 940--943.
- 13-3 Frison, P.-L., Mercier, G., Faye, G., Mougin, E., Hiernaux, P., Lardeux, C. and Rudant, J.-P., 2013:
[Analysis of L- and C-Band SAR Image Time Series Over a Sahelian Area.](#)
IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, **10**, 1016--1020.
- 13-4 García, Monica, Sandholt, Inge, Ceccato, Pietro, Ridler, Marc, Mougin, Eric, Kergoat, Laurent, Morillas, Laura, Timouk, Franck, Fensholt, Rasmus and Domingo, Francisco, 2013:
[Actual evapotranspiration in drylands derived from in-situ and satellite data: Assessing biophysical constraints.](#)
Remote Sensing of Environment, **131**, 103--118.
- 13-5 Gosset, Marielle, Viarre, Julien, Quantin, Guillaume and Alcoba, Matias, 2013:
[Evaluation of several rainfall products used for hydrological applications over West Africa using two high-resolution gauge networks.](#)
Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, **139**, 923--940.



- 13-6 Hector, B., Seguis, L., Hinderer, J., Descloitres, M., Vouillamoz, J.-M., Wubda, M., Boy, J.-P., Luck, B. and Le Moigne, N., 2013:
[Gravity effect of water storage changes in a weathered hard-rock aquifer in West Africa: results from joint absolute gravity, hydrological monitoring and geophysical prospection.](#)
Geophysical Journal International.
- 13-7 Hernández-Díaz, Leticia, Laprise, René, Sushama, Laxmi, Martynov, Andrey, Winger, Katja and Dugas, Bernard, 2013:
[Climate simulation over CORDEX Africa domain using the fifth-generation Canadian Regional Climate Model \(CRCM5\).](#)
Climate Dynamics, **40**, 1415--1433.
- 13-8 Issoufou, Hassane Bil-Assanou, Delzon, Sylvain, Laurent, Jean-Paul, Saâdou, Mahamane, Mahamane, Ali, Cappelaere, Bernard, Demarty, Jérôme, Oi, Monique, Rambal, Serge and Seghier, Josiane, 2013:
[Change in water loss regulation after canopy clearcut of a dominant shrub in Sahelian agrosystems, *Guiera senegalensis* J. F. Gmel.](#)
Trees - Structure and Function, **27**, 1011--1022.
- 13-9 Kirstetter, Pierre-Emmanuel, Viltard, Nicolas and Gosset, Marielle, 2013:
[An error model for instantaneous satellite rainfall estimates: evaluation of BRAIN-TMI over West Africa.](#)
Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, **139**, 894--911.
- 13-10 Mahe, G., Lienou, G., Descroix, L., Bamba, F., Paturel, J. E., Laraque, A., Meddi, M., Habaieb, H., Adeaga, O., Dieulin, C., Kotti, F. Chahnez and Khomsi, K., 2013:
[The rivers of Africa: witness of climate change and human impact on the environment.](#)
Hydrological Processes, **27**, 2105--2114.
- 13-11 Marshall, M., Tu, K., Funk, C., Michaelsen, J., Williams, P., Williams, C., Ardo, J., Boucher, M., Cappelaere, B., de Grandcourt, A., Nickless, A., Nouvellon, Y., Scholes, R. and Kutsch, W., 2013:
[Improving operational land surface model canopy evapotranspiration in Africa using a direct remote sensing approach.](#)
Hydrology and Earth System Sciences, **17**, 1079--1091.
- 13-12 Olsen, Jørgen, Ceccato, Pietro, Proud, Simon, Fensholt, Rasmus, Grippa, Manuela, Mougin, Eric, Ardö, Jonas and Sandholt, Inge, 2013:
[Relation between Seasonally Detrended Shortwave Infrared Reflectance Data and Land Surface Moisture in Semi-Arid Sahel.](#)
Remote Sensing, **5**, 2898--2927.
- 13-13 Oswald, R., Behrendt, T., Ermel, M., Wu, D., Su, H., Cheng, Y., Breuninger, C., Moravek, A., Mougin, E., Delon, C., Loubet, B., Pommerening-Röser, A., Sörgel, M., Pöschl, U., Hoffmann, T., Andreae, M. O., Meixner, F. X. and Trebs, I., 2013:
[HONO Emissions from Soil Bacteria as a Major Source of Atmospheric Reactive Nitrogen.](#)
Science, **341**, 1233--1235.
- 13-14 Panthou, Jeremy, Vischel, Theo, Lebel, Thierry, Quantin, Guillaume, Pugin, Anne-Catherine Favre, Blanchet, Juliette and Ali, Abdou, 2013:
[From pointwise testing to a regional vision: An integrated statistical approach to detect nonstationarity in extreme daily rainfall. Application to the Sahelian region.](#)
Journal of Geophysical Research-Atmospheres, **118**, 8222--8237.
- 13-15 Pellarin, Thierry, Louvet, Samuel, Gruhier, Claire, Quantin, Guillaume and Legout, Cedric, 2013:
[A simple and effective method for correcting soil moisture and precipitation estimates using AMSR-E measurements.](#)
Remote Sensing of Environment, **136**, 28--36.
- 13-16 Pfeffer, Julia, Champollion, Cedric, Favreau, Guillaume, Cappelaere, Bernard, Hinderer, Jacques, Boucher, Marie, Nazoumou, Yahaya, Oi, Monique, Mouyen, Maxime, Henri, Christopher, Le Moigne, Nicolas, Deroussi, Sebastien, Demarty, Jerome, Boulain, Nicolas, Benarrosh, Nathalie and Robert, Olivier, 2013:
[Evaluating surface and subsurface water storage variations at small time and space scales from relative](#)



[gravity measurements in semiarid Niger.](#)
Water Resources Research, **49**, 3276--3291.

- 13-17 Ramarohetra, Johanna, Sultan, Benjamin, Baron, Christian, Gaiser, Thomas and Gosset, Marielle, 2013:
[How satellite rainfall estimate errors may impact rainfed cereal yield simulation in West Africa.](#)
Agricultural and Forest Meteorology, **180**, 118--131.
- 13-18 Richard, A., Galle, S., Descloitres, M., Cohard, J.-M., Vandervaere, J.-P., Séguis, L. and Peugeot, C., 2013:
[Interplay of riparian forest and groundwater in the hillslope hydrology of Sudanian West Africa \(northern Benin\).](#)
Hydrol. Earth Syst. Sci., **17**, 5079--5096.
- 13-19 Roehrig, Romain, Bouniol, Dominique, Guichard, Françoise, Hourdin, Frédéric and Redelsperger, Jean-Luc, 2013:
[The Present and Future of the West African Monsoon: A Process-Oriented Assessment of CMIP5 Simulations along the AMMA Transect.](#)
Journal of Climate, **26**, 6471--6505.
- 13-20 Sjöström, M., Zhao, M., Archibald, S., Arneth, A., Cappelaere, B., Falk, U., de Grandcourt, A., Hanan, N., Kergoat, L., Kutsch, W., Merbold, L., Mougín, E., Nickless, A., Nouvellon, Y., Scholes, R.J., Veenendaal, E.M. and Ardö, J., 2013:
[Evaluation of MODIS gross primary productivity for Africa using eddy covariance data.](#)
Remote Sensing of Environment, **131**, 275--286.
- 13-21 Torello-Raventos, Mireia, Feldpausch, Ted R., Veenendaal, Elmar, Schrodte, Franziska, Saiz, Gustavo, Domingues, Tomas F., Djagbletey, Gloria, Ford, Andrew, Kemp, Jeanette, Marimon, Beatriz S., Hur Marimon Junior, Ben, Lenza, Eddie, Ratter, James A., Maracahipes, Leandro, Sasaki, Denise, Sonké, Bonaventure, Zapfack, Louis, Taedoumg, Hermann, Villarroel, Daniel, Schwarz, Michael, Quesada, Carlos A., Yoko Ishida, F., Nardoto, Gabriela B., Affum-Baffoe, Kofi, Arroyo, Luzmilla, M.J.S. Bowman, David, Compaore, Halidou, Davies, Kalu, Diallo, Adama, Fyllas, Nikolaos M., Gilpin, Martin, Hien, Fidèle, Johnson, Michelle, Killeen, Timothy J., Metcalfe, Daniel, Miranda, Heloisa S., Steininger, Mark, Thomson, John, Sykora, Karle, Mougín, Eric, Hiernaux, Pierre, Bird, Michael I., Grace, John, Lewis, Simon L., Phillips, Oliver L. and Lloyd, Jon, 2013:
[On the delineation of tropical vegetation types with an emphasis on forest/savanna transitions.](#)
Plant Ecology & Diversity, **6**, 101--137.
- 13-22 Torou, Bio Mohamadou, Favreau, Guillaume, Barbier, Bruno, Pavelic, Paul, Illou, Mahamadou and Sidibé, Fatoumata, 2013:
[Constraints and opportunities for groundwater irrigation arising from hydrologic shifts in the Iullemeden Basin south-western Niger.](#)
Water International, **38**, 465--479.

2012

- 12-1 Borbon, Agnès, Ruiz, M., Bechara, J., Aumont, B., Chong, M., Huntrieser, H., Mari, C., Reeves, C. E., Scialom, Georges, Hamburger, T., Stark, H., Afif, C., Jambert, C., Mills, G., Schlager, H. and Perros, P. E., 2012:
[Transport and chemistry of formaldehyde by mesoscale convective systems in West Africa during AMMA 2006.](#)
Journal of Geophysical Research: Atmospheres, **117**.
- 12-2 Boucher, Marie, Favreau, Guillaume, Nazoumou, Yahaya, Cappelaere, Bernard, Massuel, Sylvain and Legchenko, Anatoly, 2012:
[Constraining Groundwater Modeling with Magnetic Resonance Soundings.](#)
Ground Water, **50**, 775--784.
- 12-3 Descroix, L., Laurent, J. -P., Vauclin, M., Amogu, O., Boubkraoui, S., Ibrahim, B., Galle, S., Cappelaere, B., Bousquet, S., Mamadou, I., Le Breton, E., Lebel, T., Quantin, G., Ramier, D. and Boulain, N., 2012:



[Experimental evidence of deep infiltration under sandy flats and gullies in the Sahel.](#)
Journal of Hydrology, **424–425**, 1--15.

- 12-4 Descroix, Luc, Genthon, Pierre, Amogu, Okechukwu, Rajot, Jean-Louis, Sighomnou, Daniel and Vauclin, Michel, 2012:
[Change in Sahelian Rivers hydrograph: The case of recent red floods of the Niger River in the Niamey region.](#)
Global and Planetary Change, **98–99**, 18--30.
- 12-5 Fatras, C., Frappart, F., Mougin, E., Grippa, M. and Hiernaux, P., 2012:
[Estimating surface soil moisture over Sahel using ENVISAT radar altimetry.](#)
Remote Sensing of Environment, **123**, 496--507.
- 12-6 Guyot, Adrien, Cohard, Jean-Martial, Anquetin, Sandrine and Galle, Sylvie, 2012:
[Long-term observations of turbulent fluxes over heterogeneous vegetation using scintillometry and additional observations: A contribution to AMMA under Sudano-Sahelian climate.](#)
Agricultural and Forest Meteorology, **154–155**, 84--98.
- 12-7 Hinderer, J., Pfeffer, J., Boucher, M., Nahmani, S., Linage, C. De, Boy, J.-P., Genthon, P., Seguis, L., Favreau, G., Bock, O. and Descloitres, M., 2012:
[Land Water Storage Changes from Ground and Space Geodesy: First Results from the GHYRAF \(Gravity and Hydrology in Africa\) Experiment.](#)
Pure and Applied Geophysics, **169**, 1391--1410.
- 12-8 Laouali, D., Galy-Lacaux, C., Diop, B., Delon, C., Orange, D., Lacaux, J. P., Akpo, A., Lavenu, F., Gardrat, E. and Castera, P., 2012:
[Long term monitoring of the chemical composition of precipitation and wet deposition fluxes over three Sahelian savannas.](#)
Atmospheric Environment, **50**, 314--327.
- 12-9 Lesnoff, Matthieu, Corniaux, Christian and Hiernaux, Pierre, 2012:
[Sensitivity analysis of the recovery dynamics of a cattle population following drought in the Sahel region.](#)
Ecological Modelling, **232**, 28--39.
- 12-10 Liu, Y. Y., Dorigo, W. A., Parinussa, R. M., de Jeu, R. A. M., Wagner, W., McCabe, M. F., Evans, J. P. and van Dijk, A. I. J. M., 2012:
[Trend-preserving blending of passive and active microwave soil moisture retrievals.](#)
Remote Sensing of Environment, **123**, 280--297.
- 12-11 Mangiarotti, S., Mazzega, P., Hiernaux, P. and Mougin, E., 2012:
[Predictability of vegetation cycles over the semi-arid region of Gourma \(Mali\) from forecasts of AVHRR-NDVI signals.](#)
Remote Sensing of Environment, **123**, 246--257.
- 12-12 Panthou, G., Vischel, T., Lebel, T., Blanchet, J., Quantin, G. and Ali, A., 2012:
[Extreme rainfall in West Africa: A regional modeling.](#)
Water Resources Research, **48**.
- 12-13 Pavelic, P., Smakhtin, V., Favreau, G and Villholth, Kg, 2012:
[Water-balance approach for assessing potential for smallholder groundwater irrigation in Sub-Saharan Africa.](#)
Water SA, **38**.
- 12-14 Pedinotti, V., Boone, A., Decharme, B., Cretaux, J. F., Mognard, N., Panthou, G., Papa, F. and Tanimoun, B. A., 2012:
[Evaluation of the ISBA-TRIP continental hydrologic system over the Niger basin using in situ and satellite derived datasets.](#)
Hydrology and Earth System Sciences, **16**, 1745--1773.
- 12-15 Pierre, C., Bergametti, G., Marticorena, B., Mougin, E., Bouet, C. and Schmechtig, C., 2012:
[Impact of vegetation and soil moisture seasonal dynamics on dust emissions over the Sahel.](#)
Journal of Geophysical Research, **117**.



- 12-16 Ridler, Marc E., Sandholt, Inge, Butts, Michael, Lerer, Sara, Mougin, Eric, Timouk, Franck, Kergoat, Laurent and Madsen, Henrik, 2012:
[Calibrating a soil–vegetation–atmosphere transfer model with remote sensing estimates of surface temperature and soil surface moisture in a semi arid environment.](#)
Journal of Hydrology, **436-437**, 1--12.
- 12-17 Seghieri, Josiane, Carreau, Julie, Boulain, Nicolas, De Rosnay, Patricia, Arjounin, Marc and Timouk, Franck, 2012:
[Is water availability really the main environmental factor controlling the phenology of woody vegetation in the central Sahel?.](#)
Plant Ecology, **213**, 861--870.
- 12-18 Tanguy, M., Baille, A., Gonzalez-Real, M. M., Lloyd, C., Cappelaere, B., Kergoat, L. and Cohard, J.-M., 2012:
[A new parameterisation scheme of ground heat flux for land surface flux retrieval from remote sensing information.](#)
Journal of Hydrology, **454**, 113--122.
- 12-19 Verhoef, Anne, Otlé, Catherine, Cappelaere, Bernard, Murray, Ty, Saux-Picart, Stephane, Zribi, Mehrez, Maignan, Fabienne, Boulain, Nicolas, Demarty, Jerome and Ramier, David, 2012:
[Spatio-temporal surface soil heat flux estimates from satellite data: results for the AMMA experiment at the Fakara \(Niger\) supersite.](#)
Agricultural and Forest Meteorology, **154-155**, 55--66.
- 12-20 Xue, Yongkang, Boone, Aaron and Taylor, Christopher M., 2012:
[Review of Recent Developments and the Future Prospective in West African Atmosphere/Land Interaction Studies.](#)
International Journal of Geophysics, **2012**.

2011

- 11-1 Baup, F., Mougin, E., de Rosnay, P., Hiernaux, P., Frappart, F., Frison, P. L., Zribi, M. and Viarre, J., 2011:
[Mapping surface soil moisture over the Gourma mesoscale site \(Mali\) by using ENVISAT ASAR data.](#)
Hydrol. Earth Syst. Sci., **15**, 603--616.
- 11-2 Crow, W. T., van den Berg, M. J., Huffman, G. J. and Pellarin, T., 2011:
[Correcting rainfall using satellite-based surface soil moisture retrievals: The Soil Moisture Analysis Rainfall Tool \(SMART\).](#)
Water Resources Research, **47**.
- 11-3 Descloitres, 2011:
[The contribution of MRS and resistivity methods to the interpretation of actual evapo-transpiration measurements: a case study in metamorphic context in north Bénin.](#)
Near Surface Geophysics, **9**, 187--200.
- 11-4 Dorigo, W. A., Wagner, W., Hohensinn, R., Hahn, S., Paulik, C., Xaver, A., Gruber, A., Drusch, M., Mecklenburg, S., van Oevelen, P., Robock, A. and Jackson, T., 2011:
[The International Soil Moisture Network: a data hosting facility for global in situ soil moisture measurements.](#)
Hydrol. Earth Syst. Sci., **15**, 1675--1698.
- 11-5 Fontaine, Bernard, Roucou, Pascal, Gaetani, Marco and Marteau, Romain, 2011:
[Recent changes in precipitation, ITCZ convection and northern tropical circulation over North Africa \(1979–2007\).](#)
International Journal of Climatology, **31**, 633--648.
- 11-6 Grippa, M., Kergoat, L., Frappart, F., Araud, Q., Boone, A., Rosnay, P. de, Lemoine, J.-M., Gascoïn, S., Balsamo, G., Otlé, C., Decharme, B., Saux-Picart, S. and Ramillien, G., 2011:
[Land water storage variability over West Africa estimated by Gravity Recovery and Climate Experiment \(GRACE\) and land surface models.](#)
Water Resources Research, **47**.



- 11-7 Haas, Eva Maria, Bartholomé, Etienne, Lambin, Eric F. and Vanacker, Veerle, 2011: [Remotely sensed surface water extent as an indicator of short-term changes in ecohydrological processes in sub-Saharan Western Africa.](#) *Remote Sensing of Environment*, **115**, 3436--3445.
- 11-8 Hein, L., de Ridder, N., Hiernaux, P., Leemans, R., de Wit, A. and Schaepman, M., 2011: [Desertification in the Sahel: Towards better accounting for ecosystem dynamics in the interpretation of remote sensing images.](#) *Journal of Arid Environments*, **75**, 1164--1172.
- 11-9 Kergoat, Laurent, Grippa, Manuela, Baille, Alain, Eymard, Laurence, Lacaze, Roselyne, Mougin, Eric, Ottlé, Catherine, Pellarin, Thierry, Polcher, Jan, de Rosnay, Patricia, Roujean, Jean-Louis, Sandholt, Inge, Taylor, Christopher M., Zin, Isabella and Zribi, Mehrez, 2011: [Remote sensing of the land surface during the African Monsoon Multidisciplinary Analysis \(AMMA\).](#) *Atmospheric Science Letters*, **12**, 129--134.
- 11-10 Lafore, J.-P., Flamant, C., Guichard, F., Parker, D. J., Bouniol, D., Fink, A. H., Giraud, V., Gosset, M., Hall, N., Höller, H., Jones, S. C., Protat, A., Roca, R., Roux, F., Saïd, F. and Thorncroft, C., 2011: [Progress in understanding of weather systems in West Africa.](#) *Atmospheric Science Letters*, **12**, 7--12.
- 11-11 Lebel, Thierry, Parker, Douglas J., Flamant, Cyrille, Höller, Hartmut, Polcher, Jan, Redelsperger, Jean-Luc, Thorncroft, Chris, Bock, Olivier, Bourles, Bernard, Galle, Sylvie, Marticorena, Béatrice, Mougin, Eric, Peugeot, Christophe, Cappelaere, Bernard, Descroix, Luc, Diedhiou, Arona, Gaye, Amadou and Lafore, Jean-Philippe, 2011: [The AMMA field campaigns: accomplishments and lessons learned.](#) *Atmospheric Science Letters*, **12**, 123--128.
- 11-12 Marteau, Romain, Sultan, Benjamin, Moron, Vincent, Alhassane, Agali, Baron, Christian and Traoré, Seydou B., 2011: [The onset of the rainy season and farmers' sowing strategy for pearl millet cultivation in Southwest Niger.](#) *Agricultural and Forest Meteorology*, **151**, 1356--1369.
- 11-13 Massuel, S., Cappelaere, B., Favreau, G., Leduc, C., Lebel, T. and Vischel, T., 2011: [Integrated surface water-groundwater modelling in the context of increasing water reserves of a regional Sahelian aquifer.](#) *Hydrological Sciences Journal*, **56**, 1242--1264.
- 11-14 Paeth, Heiko, Hall, Nicholas M.J., Gaertner, Miguel Angel, Alonso, Marta Dominguez, Moumouni, Sounmaila, Polcher, Jan, Ruti, Paolo M., Fink, Andreas H., Gosset, Marielle, Lebel, Thierry, Gaye, Amadou T., Rowell, David P., Moufouma-Okia, Wilfran, Jacob, Daniela, Rockel, Burkhardt, Giorgi, Filippo and Rummukainen, Markku, 2011: [Progress in regional downscaling of west African precipitation.](#) *Atmospheric Science Letters*, **12**, 75--82.
- 11-15 Peugeot, C., Guichard, F., Bock, O., Bouniol, D., Chong, M., Boone, A., Cappelaere, B., Gosset, M., Besson, L., Lemaître, Y., Séguis, L., Zannou, A., Galle, S. and Redelsperger, J.-L., 2011: [Mesoscale water cycle within the West African Monsoon.](#) *Atmospheric Science Letters*, **12**, 45--50.
- 11-16 Pfeffer, Julia, Boucher, Marie, Hinderer, Jacques, Favreau, Guillaume, Boy, Jean-Paul, de Linage, Caroline, Cappelaere, Bernard, Luck, Bernard, Oi, Monique and Le Moigne, Nicolas, 2011: [Local and global hydrological contributions to time-variable gravity in Southwest Niger.](#) *Geophysical Journal International*, **184**, 661--672.
- 11-17 Pierre, Caroline, Bergametti, Gilles, Marticorena, Béatrice, Mougin, Eric, Lebel, Thierry and Ali, Abdou, 2011: [Pluriannual comparisons of satellite-based rainfall products over the Sahelian belt for seasonal vegetation modeling.](#) *Journal of Geophysical Research*, **116**.



- 11-18 Polcher, Jan, Parker, Douglas J., Gaye, Amadou, Diedhiou, Arona, Eymard, Laurence, Fierli, Federico, Genesisio, Lorenzo, Höller, Hartmut, Janicot, Serge, Lafore, Jean-Philippe, Karambiri, Harouna, Lebel, Thierry, Redelsperger, Jean-Luc, Reeves, Claire E., Ruti, Paolo, Sandholt, Inge and Thorncroft, Chris, 2011:
[AMMA's contribution to the evolution of prediction and decision-making systems for West Africa.](#)
Atmospheric Science Letters, **12**, 2--6.
- 11-19 Séguis, L., Boulain, N., Cappelaere, B., Cohard, J.M., Favreau, G., Galle, S., Guyot, A., Hiernaux, P., Mougou, E., Peugeot, C., Ramier, D., Seghieri, J., Timouk, F., Demarez, V., Demarty, J., Descroix, L., Descloitres, M., Grippa, M., Guichard, F., Kamagaté, B., Kergoat, L., Lebel, T., Le Dantec, V., Le Lay, M., Massuel, S. and Trichon, V., 2011:
[Contrasted land-surface processes along the West African rainfall gradient.](#)
Atmospheric Science Letters, **12**, 31--37.
- 11-20 Séguis, L., Kamagaté, B., Favreau, G., Descloitres, M., Seidel, J.-L., Galle, S., Peugeot, C., Gosset, M., Le Barbé, L., Malinur, F., Van Exter, S., Arjounin, M., Boubkraoui, S. and Wubda, M., 2011:
[Origins of streamflow in a crystalline basement catchment in a sub-humid Sudanian zone: The Donga basin \(Benin West Africa\): Inter-annual variability of water budget.](#)
Journal of Hydrology, **402**, 1--13.
- 11-21 Sjöström, M., Ardö, J., Arneth, A., Boulain, N., Cappelaere, B., Eklundh, L., de Grandcourt, A., Kutsch, W.L., Merbold, L. and Nouvellon, Y., 2011:
[Exploring the potential of MODIS EVI for modeling gross primary production across African ecosystems.](#)
Remote Sensing of Environment, **115**, 1081--1089.
- 11-22 Taylor, Christopher M., Parker, Douglas J., Kalthoff, Norbert, Gaertner, Miguel Angel, Philippon, Nathalie, Bastin, Sophie, Harris, Phil P., Boone, Aaron, Guichard, Françoise, Agusti-Panareda, Anna, Baldi, Marina, Cerlini, Paolina, Descroix, Luc, Douville, Hervé, Flamant, Cyrille, Grandpeix, Jean-Yves and Polcher, Jan, 2011:
[New perspectives on land-atmosphere feedbacks from the African Monsoon Multidisciplinary Analysis.](#)
Atmospheric Science Letters, **12**, 38--44.
- 11-23 Uijlenhoet, R., Cohard, J.-M. and Gosset, M., 2011:
[Path-Average Rainfall Estimation from Optical Extinction Measurements Using a Large-Aperture Scintillometer.](#)
Journal of Hydrometeorology, **12**, 955--972.
- 11-24 Vischel, T., Quantin, G., Lebel, T., Viarre, J., Gosset, M., Cazenave, F. and Panthou, G., 2011:
[Generation of High-Resolution Rain Fields in West Africa: Evaluation of Dynamic Interpolation Methods.](#)
Journal of Hydrometeorology, **12**, 1465--1482.

2010

- 10-1 Abdou, Kassimou, Parker, Douglas J., Brooks, Barbara, Kalthoff, Norbert and Lebel, Thierry, 2010:
[The diurnal cycle of lower boundary-layer wind in the West African monsoon.](#)
Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, **136**, 66--76.
- 10-2 Adon, M., Galy-Lacaux, C., Yoboué, V., Delon, C., Lacaux, J. P., Castera, P., Gardrat, E., Pienaar, J., Al Ourabi, H., Laouali, D., Diop, B., Sigha-Nkamdjou, L., Akpo, A., Tathy, J. P., Lavenu, F. and Mougou, E., 2010:
[Long term measurements of sulfur dioxide, nitrogen dioxide, ammonia, nitric acid and ozone in Africa using passive samplers.](#)
Atmospheric Chemistry and Physics, **10**, 7467--7487.
- 10-3 Amogu, Okechukwu, Descroix, Luc, Souley Yéro, Kadidiatou, Le Breton, Eric, Mamadou, Ibrahim, Ali, Abdou, Vischel, Theo, Bader, Jean-Claude, Moussa, Ibrahim Bouzou, Gautier, Emmanuele, Boubkraoui, Stephane and Belleudy, Philippe, 2010:



[Increasing River Flows in the Sahel?](#)

Water, **2**, 170--199.

- 10-4 Bain, Caroline L., Parker, Douglas J., Taylor, Christopher M., Kergoat, Laurent and Guichard, Françoise, 2010:
[Observations of the Nocturnal Boundary Layer Associated with the West African Monsoon.](#)
Monthly Weather Review, **138**, 3142--3156.
- 10-5 Barthe, Christelle, Asencio, Nicole, Lafore, Jean-Philippe, Chong, Michel, Campistron, Bernard and Cazenave, Frédéric, 2010:
[Multi-scale analysis of the 25-27 July 2006 convective period over Niamey: Comparison between Doppler radar observations and simulations.](#)
Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, **136**, 190--208.
- 10-6 Boone, Aaron Anthony, Pocard-Leclercq, Isabelle, Xue, Yongkang, Feng, Jinming and Rosnay, Patricia, 2010:
[Evaluation of the WAMME model surface fluxes using results from the AMMA land-surface model intercomparison project.](#)
Climate Dynamics, **35**, 127--142.
- 10-7 Cairo, F., Pommereau, J. P., Law, K. S., Schlager, H., Garnier, A., Fierli, F., Ern, M., Streibel, M., Arabas, S., Borrmann, S., Berthelmer, J. J., Blom, C., Christensen, T., D'Amato, F., Di Donfrancesco, G., Deshler, T., Diedhiou, A., Durry, G., Engelsens, O., Goutail, F., Harris, N. R. P., Kerstel, E. R. T., Khaykin, S., Konopka, P., Kylling, A., Larsen, N., Lebel, T., Liu, X., MacKenzie, A. R., Nielsen, J., Oulanowski, A., Parker, D. J., Pelon, J., Polcher, J., Pyle, J. A., Ravegnani, F., Rivière, E. D., Robinson, A. D., Röckmann, T., Schiller, C., Simões, F., Stefanutti, L., Stroh, F., Some, L., Siegmund, P., Sitnikov, N., Vernier, J. P., Volk, C. M., Voigt, C., von Hobe, M., Viciani, S. and Yushkov, V., 2010:
[An introduction to the SCOUT-AMMA stratospheric aircraft, balloons and sondes campaign in West Africa August 2006: rationale and roadmap.](#)
Atmos. Chem. Phys., **10**, 2237--2256.
- 10-8 Delon, C., Galy-Lacaux, C., Boone, A., Liousse, C., Serça, D., Adon, M., Diop, B., Akpo, A., Lavenu, F., Mougou, E. and Timouk, F., 2010:
[Atmospheric nitrogen budget in Sahelian dry savannas.](#)
Atmospheric Chemistry and Physics, **10**, 2691--2708.
- 10-9 Diedhiou, Arona, Machado, Luiz A. T. and Laurent, Henri, 2010:
[Mean kinematic characteristics of synoptic easterly disturbances over the Atlantic.](#)
Advances in Atmospheric Sciences, **27**, 483--499.
- 10-10 Gardelle, J., Hiernaux, P., Kergoat, L. and Grippa, M., 2010:
[Less rain, more water in ponds: a remote sensing study of the dynamics of surface waters from 1950 to present in pastoral Sahel \(Gourma region, Mali\).](#)
Hydrology and Earth System Sciences, **14**, 309--324.
- 10-11 Gosset, Marielle, Zahiri, Eric-Pascal and Moumouni, Sounmaila, 2010:
[Rain drop size distribution variability and impact on X-band polarimetric radar retrieval: Results from the AMMA campaign in Benin.](#)
Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, **136**, 243--256.
- 10-12 Gruhier, C., de Rosnay, P., Hasenauer, S., Holmes, T., de Jeu, R., Kerr, Y., Mougou, E., Njoku, E., Timouk, F., Wagner, W. and Zribi, M., 2010:
[Soil moisture active and passive microwave products: intercomparison and evaluation over a Sahelian site.](#)
Hydrology and Earth System Sciences, **14**, 141--156.
- 10-13 Guichard, F., Asencio, N., Peugeot, C., Bock, O., Redelsperger, J.L., Cui, X.F., Garvert, M., Lamptey, B., Orlandi, E., Sander, J., Fierli, F., Gaertner, M.A., Jones, S.C., Lafore, J.P., Morse, A., Nuret, M., Boone, A., Balsamo, G., de Rosnay, P., Decharme, B., Harris, P.P. and Berges, J.C., 2010:
[An Intercomparison of Simulated Rainfall and Evapotranspiration Associated with a Mesoscale Convective System over West Africa.](#)
Weather and Forecasting, **25**, 37--60.



- 10-14 Landais, A., Risi, C., Bony, S., Vimeux, F., Descroix, L., Falourd, S. and Bouygues, A., 2010: [Combined measurements of O-17\(excess\) and d-excess in African monsoon precipitation: Implications for evaluating convective parameterizations.](#) *Earth and Planetary Science Letters*, **298**, 104--112.
- 10-15 Lebel, T., Parker, D. J., Flamant, C., Bourles, B., Marticorena, B., Mougin, E., Peugeot, C., Diedhiou, A., Haywood, J. M., Ngamini, J. B., Polcher, J., Redelsperger, J. -L. and Thorncroft, C. D., 2010: [The AMMA field campaigns: Multiscale and multidisciplinary observations in the West African region.](#) *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **136**, 8--33.
- 10-16 Mangiarotti, S., Mazzega, P., Hiernaux, P. and Mougin, E., 2010: [The vegetation cycle in West Africa from AVHRR-NDVI data: Horizons of predictability versus spatial scales.](#) *Remote Sensing of Environment*, **114**, 2036--2047.
- 10-17 Monsivais-Huertero, A., Chenerie, I., Sarabandi, K., Baup, F. and Mougin, E., 2010: [Microwave electromagnetic modelling of Sahelian grassland.](#) *International Journal of Remote Sensing*, **31**, 1915--1942.
- 10-18 Pellarin, Thierry, Tran, Truong, Laurent, Jean-Paul and Vischel, Theo, 2010: [Soil moisture mapping over West Africa.](#) *Houille Blanche-Revue Internationale De L Eau*, 114--119.
- 10-19 Risi, Camille, Bony, Sandrine, Vimeux, Françoise, Chong, Michel and Descroix, Luc, 2010: [Evolution of the stable water isotopic composition of the rain sampled along Sahelian squall lines.](#) *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **136**, 227--242.
- 10-20 Roca, Rémy, Chambon, Philippe, Jobard, Isabelle, Kirstetter, Pierre-Emmanuel, Gosset, Marielle and Bergès, Jean Claude, 2010: [Comparing Satellite and Surface Rainfall Products over West Africa at Meteorologically Relevant Scales during the AMMA Campaign Using Error Estimates.](#) *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **49**, 715--731.
- 10-21 Rüdiger, Christoph, Western, Andrew W., Walker, Jeffrey P., Smith, Adam B., Kalma, Jetse D. and Willgoose, Garry R., 2010: [Towards a general equation for frequency domain reflectometers.](#) *Journal of Hydrology*, **383**, 319--329.
- 10-22 Russell, B., Williams, E. R., Gosset, M., Cazenave, F., Descroix, L., Guy, N., Lebel, T., Ali, A., Metayer, F. and Quantin, G., 2010: [Radar/rain-gauge comparisons on squall lines in Niamey Niger for the AMMA.](#) *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **136**, 289--303.
- 10-23 Wolters, Dirk, van Heerwaarden, Chiel C., de Arellano, Jordi Vilà-Guerau, Cappelaere, Bernard and Ramier, David, 2010: [Effects of soil moisture gradients on the path and the intensity of a West African squall line.](#) *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **136**, 2162--2175.



Thèses & HDR

<http://www.amma-catch.org/spip.php?article42>

2014

Dardel C., 2014. Entre désertification et reverdissement du Sahel : diagnostic des observations spatiales et in situ. Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier, Toulouse. [Résumé + PDF](#)

Do T., 2014. Apport de la télédétection spatiale pour l'étude multiscalaire des interactions climat-surface en Afrique de l'Ouest : Etude du bassin versant de l'Ouémé supérieur. Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble.

Hector B., 2014. Caractérisation hydrogéophysique multi-échelles et dynamique des stocks d'eau souterrains d'un bassin versant en zone soudanienne de socle : apport de la gravimétrie. Thèse de doctorat de l'Université de Strasbourg. [Résumé + PDF](#)

Mamadou O., 2014. Etude des flux d'évapotranspiration en climat soudanien : comportement comparé de deux couverts végétaux au Bénin. Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble et de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin.

Malam-Abdou M., 2014. Etats de surface et fonctionnement hydrodynamique multi-échelles des bassins Sahéliens - études expérimentales en zones cristalline et sédimentaire. Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble et de l'Université Abdou Moumouni, Niger.

Richard A., 2014. Analyse du cycle hydrologique en climat soudanien au Bénin. Vers une modélisation couplée des processus latéraux et verticaux. Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble.

Velluet C., 2014. Modélisation et analyse pluriannuelles du fonctionnement hydrologique et énergétique de deux écosystèmes dominants au Sahel agropastoral (Sud-Ouest Niger). Thèse de doctorat de l'Université Montpellier II. [Résumé + PDF](#)

2013

Cappelaere B., 2013. Cycle de l'eau au Sahel : de l'observation à la modélisation. Thèse **d'Habilitation à Diriger des Recherches** de l'Université Montpellier II.

Ibrahim M., 2013. Impacts des changements d'usage des sols sur les ressources en eau souterraine au Sahel nigérien, Thèse de doctorat l'Université de Montpellier II. [Résumé + PDF](#)

Panthou G., 2013. Analyse des extrêmes pluviométriques en Afrique de l'Ouest et de leur évolution au cours des 60 dernières années. Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble. [Résumé + PDF](#)

2012

Issoufou B.-A., 2012. Réponse hydrique à la sécheresse et impact de la coupe chez une espèce semi-sempervirente sahélienne (*Guierasenegalensis* J.F.Gmel). Thèse de doctorat de l'Université Abdou Moumouni (Niger) et Montpellier II. [PDF](#)

Le Breton E., 2012. Réponses hydrologiques et géomorphologiques aux changements environnementaux au Sahel nigérien. Thèse de doctorat de l'Université Abdou Moumouni (Niger) et de l'Université Paris Panthéon Sorbonne.

Mamadou I., 2012. La dynamique des koris et l'ensablement de leur lit et de celui du fleuve Niger dans la région de Niamey. Thèse de doctorat de l'Université Abdou Moumouni (Niger) et de l'Université Paris Panthéon Sorbonne.



Robert D., 2012. Caractérisation et modélisation de la dynamique de l'évapotranspiration en Afrique Soudanaise en zone de socle : interaction entre les aquifères et la végétation. Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble. [Résumé + PDF](#).

Souley Yéro K., 2012. Evolution de l'occupation des sols dans l'Ouest du Niger : Influence sur le cycle de l'eau. Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble. [Résumé + PDF](#).

2011

Doukouré M., 2011. Variabilité des flux turbulents de surface au sein du bassin versant d'ARA au Bénin. Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble, Dir. S. Anquetin et J-M. Cohard. [Résumé + PDF](#)

Pfeffer J., 2011. Etude du cycle de l'eau en Afrique sahélienne : approche multidisciplinaire et apport de la gravimétrie terrestre et spatiale. Thèse de doctorat de l'Université de Strasbourg. [Résumé + PDF](#)

Sané Y., 2011. Représentation du cycle de vie des systèmes convectifs avec le modèle LMDZ pendant la campagne AMMA 2006. Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris VI et de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. [PDF](#)

Zannou A., 2011. Analyse et modélisation du cycle hydrologique continental pour la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) au Bénin : cas du bassin de l'Ouémé à Bétérou. Thèse de doctorat de l'Université d'Abomey Calavi, Bénin. [Résumé + PDF](#)

2010

Boubakar Hassane A., 2010. Aquifères superficiels et profonds et pollution urbaine en Afrique : cas de la communauté urbaine de Niamey (Niger). Thèse de Doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger. [Résumé + PDF](#)

Descloitres M., 2010. Aquifères, recharges et transferts d'eau en zone non saturée : caractérisation par spatialisation et suivi temporel géophysique. Thèse **d'Habilitation à Diriger des Recherches** de l'Université Joseph Fourier - Grenoble. [PDF](#)

Guyot A., 2010. Estimation de l'évapotranspiration sur un couvert complexe par utilisation de la scintillométrie infrarouge. Application à un bassin versant de zone soudano-sahélienne (Bénin). Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble : 221pp., Dir. J-M. Cohard et S. Anquetin. [PDF](#)

Gruhler C., 2010. L'humidité du sol par télédétection micro-ondes en région Sahélienne. Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, Dir. P. de Rosnay. [PDF](#)

Tran X. T., 2010. Estimation de l'état hydrique des sols en Afrique de l'Ouest par télédétection spatiale. Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble, Dir. J-P. Laurent et T. Pellarin. [Résumé + PDF](#)



Annexe-2

Ressources humaines (hors exploitation scientifique)

1) Ressources humaines au 31/12/2014

Chercheurs et Enseignants chercheurs

Nom / Prénom	Affectation	Corps	Organisme (UMR)	ETP	Fonction
Ali Abdou	Niger	Ingénieur	AGRHYMET	5%	Champs pluviométriques en Afrique de l'Ouest
BA Abdramane	Mali	Professeur	Univ. Bamako	5%	Météorologie et physique– Mali
Boucher Marie	Bénin	CR	IRD (LTHE)	20%	Mesures de flux, hydrogéophysique – Niger et Bénin
Bouzou-Moussa Ibrahim	Niger	Professeur	UAM	15%	Comité de Direction, Caractérisation milieux sahéliens
Cappelaere Bernard	France	IR	IRD (HSM)	30%	Comité de Direction, Stations de flux, humidité du sol - Niger
Cohard Jean-Martial	France	MC	UJF (LTHE)	10%	Scintillomètre – Bénin
Demarty Jérôme	France	CR	IRD (HSM)	30%	Comité de Direction, Stations de flux, humidité du sol, télédétection - Niger
Descloîtres Marc	Bénin	IR	IRD (LTHE)	15%	Eaux souterraines, mesures géophysiques - Bénin
Diedhiou Arona	France	DR	IRD (LTHE)	1%	LMI Eclairs
Favreau Guillaume	France	CR	IRD (HSM)	10%	Mesures hydrogéologiques - Niger & Mali
Galle Sylvie	France	CR	IRD (LTHE)	30%	Direction SO, Stations de flux, humidité du sol - Bénin
Gosset Marielle	France	CR	IRD (GET)	10%	Pluie Cal/Val Megha Tropicque – Afrique de l'Ouest
Grippa Manuela	France	Phys.-Adj.	CNAP (GET)	30%	Co-direction SO, Observation spatiale régionale, Végétation, Humidité des sols, Inter-site, CalVal SMOS
Issoufou Bil-Issanou	Niger	Attaché Assistant	Univ. Maradi	5%	Suivi de la végétation– Niger
Kergoat Laurent	France	CR	CNRS (GET)	15%	Mesures couche de surface, Suivi des mares - Mali, Sahel pastoral
Lawin Emmanuel	Bénin	Attaché Assistant	UAC	5%	Hydrologie– Bénin
Lebel Thierry	France	DR	CNRS (LTHE)	1%	Pluviométrie – échelle régionale



Malam-Issa Oumarou	Niger	DR	IRD accueil	10%	Suivi de la végétation– Niger
Malam Abdou Moussa	Niger	Attaché Assistant	Univ. Zinder	10%	Ruissellement et érosion– Niger
Mougin Eric	France	DR	CNRS (GET)	30%	Comité de Direction, Dynamique de la végétation, Humidité du sol – Régional – Mali, Sahel pastoral
Nazoumou Yahaya	Niger	Professeur	UAM	5%	Hydrogéologie– Niger
Pellarin Thierry	France	CR	CNRS (LTHE)	10%	Humidité du sol et télédétection, co-responsable CalVal SMOS - intersite
Peugeot Christophe	France	CR	IRD (HSM)	30%	Co-direction SO, hydrologie, géochimie, flux de sève – Bénin
Seghieri Josiane	France	CR	IRD (HSM)	10%	Mesures végétation, flux de sève – Bénin
Séguis Luc	France	CR	IRD (HSM)	20%	Mesures hydro ; hydrogéologiques, géochimiques – Bénin
Vandervaere Jean-Pierre	France	MC	UJF (LTHE)	10%	Hydrodynamique des sols – Niger, Bénin
Vischel Théo	France	MC	UJF (LTHE)	10%	Pluviométrie – échelle régionale
Vouillamoz Jean-Michel	Bénin	CR	IRD (LTHE)	10%	Eaux souterraine, mesures géophysiques -Bénin
Yalo Nicaise	Niger	Maître de Conférence	UAC	5%	Etude de la recharge des aquifères par mesure géophysique– Niger
Zannou Arnaud	Bénin	Ingénieur	PNUD	1%	Modélisation du cycle hydrologique - Bénin

Ingénieurs et techniciens

Nom / Prénom	Affectation	Corps	Organisme (UMR)	ETP	Fonction Affectation
Afouda Simon	Bénin	AJT	IRD local (LTHE)	100%	Appui technique tous instruments - Bénin
Alhassane Abassa	Niger	AJT	IRD local (LTHE)	100%	Appui technique tous instruments - Niger
Arjounin Marc	Niger	TEC	IRD (LTHE)	30%	Réseau pluviographique – Niger & Mali
Aubert Coralie	France	IE	UJF (LTHE)	50%	Télétransmission– tous sites
Benarrosh Nathalie	France	IE	IRD (HSM)	5%	Base de données SIG PICSON– Niger
Biron Romain	France	IE	IRD (LTHE)	10%	Calibration météo et flux - tous sites
Boubkraoui Stéphane	Bénin	AI	IRD (LTHE)	50%	Coordination technique générale – Niger
Cazenave Frédéric	France	IR	IRD (LTHE)	30%	Radar Xport et typologie des pluies
Chaffard Véronique	France	IE	IRD (LTHE)	70%	Base de données– tous sites
Chazarin Jean-Philippe	France	TEC	IRD (HSM)	10%	Stations de flux, humidité du sol - Niger



Dossou Martial	Bénin	Ingénieur	DG-Eau	25%	Appui technique tous instruments - Bénin
Kone Abdoulaye	Niger	AJT	IRD local (LTHE)	100%	Appui technique tous instruments - Niger
Laurent Jean-Paul	France	IR	CNRS (LTHE)	5%	Capteurs humidité du sol - intersite
Mainassara Ibrahim	Niger	Ingénieur	IRD local (HSM)	100%	Ingénieur Appui technique tous instruments - Niger
Oï Monique	France	TEC	IRD (HSM)	30%	Appui technique tous instruments - Niger
Ouani Théodore	Bénin	AJT	IRD local (LTHE)	100%	Appui technique tous instruments - Bénin
Tossa Aurélien	Bénin	Ingénieur	DG-Eau	1%	Responsable de la convention IRD-DG-Eau- Bénin
Wubda Maxime	Bénin	Ingénieur	IRD local (LTHE)	50%	Ingénieur Appui technique tous instruments / doc- Bénin
Chauffeurs	Bénin	chauffeur	DG-Eau	40%	La DG-Eau met à disposition ses chauffeurs pour accompagner certaines tournées de terrain

CDD

Nom / Prénom	Affectation	Corps	Organisme (UMR)	ETP	Fonction Affectation
Quantin Guillaume	France	IE	CDD OSUG (LTHE)	80%	Pluviométrie - intersite
Pagou Emile	Bénin	AJT	CDD ANR (HSM)	50%	Appui technique végétation - Bénin
Nogmana Soumaguel	Mali	AJT	CDD IRD local (GET)	100%	Appui technique tous instruments - Mali
Arpin-Pont Florent	France	IE	CDD CRITEX (HSM)	20%	Critex traitement des flux – Niger

2) Mouvements de personnels pendant la période 2010-2014

Départs

Nom / Prénom	Corps	Organisme (UMR)	ETP	date	cause
Descroix Luc	DR	IRD (LTHE)	30%	1/1/2014	nouvelle UMR (PALOC, Paris)
Hiernaux Pierre	IR	CDD CNRS (GET)	10%	31/3/14	Retraite
Timouk Franck	IE	IRD (GET)	100%		Affecté au SO HYBAM
Biron Romain	IE	IRD (LTHE)	20%	1/9/15	Affecté au SO Glacioclim
Pisano Alexandro	VI	IRD (LTHE)	100%	31/8/14	Fin de contrat. Plus de VI au Bénin depuis cette date
Bentahar Vanessa	VI	IRD (LTHE)	100%	1/3/2011	Rapatriement pour cause de sécurité. Plus de VI au Niger depuis cette date
Bodo Seyni	AJT	PLP IRD Niger (LTHE)	100%	1/8/2014	Retraite
Oumarou Idrissou	AJT	PLT IRD Bénin (HSM)	100%	1/3/2013	Suppression de l'enveloppe PLT au Bénin



Arrivées

Nom / Prénom	Corps	Organisme (UMR)	ETP	date	cause
Vandervaere Jean-Pierre	MC	UJF (LTHE)	10%	1/1/2010	Nouveau projet de recherche
Boucher Marie	CR	IRD (LTHE)	30%	1/1/2010	Recrutement
Issoufou Bil-Issanou	Attaché Assistant	Université de Maradi	5%	2013	Recrutement
Malam Abdou Moussa	Attaché assistant	Université de Zinder	10%	1/11/2014	Recrutement
Aubert Coralie	IE	UJF (LTHE)	50%	1/10/2014	Pour projet télétransmission
Arpin-Pont Florent	IE	CDD CRITEX (HSM)	20%	1/1/2014	Début CDD
Mainassara Ibrahim	AI	PLT puis PLP IRD Niger (HSM)	100%	1/1/2013	Soutien IRD pour suivi technique du SO en zone orange (PLP depuis le 1/6/14)

Annexe-3

Liste des équipes ayant exploité les données du Service d'observation

Les UMRs porteuses et les partenaires Sud du SO sont mentionnés en gras.

France

IRSTEA/HLLY (ALMIP-2)
UMR CESBIO (Cal/Val SMOS)
UMR CNRM (ALMIP-2)
UMR GET, porteur du SO
UMR HSM, porteur du SO
UMR IPGS (bilan d'eau)
UMR LA (flux)
UMR LATMOS (aérosols)
UMR LISA (aérosols)
UMR LMD (ALMIP-2)
UMR LOCEAN (météo)
UMR LSCE (ALMIP-2)
UMR LTHE, porteur du SO
UMR M2C, Université de Rouen (atmosphère)
UMR METIS (ALMIP-2)

Services à vocation opérationnelle africains

DG-Eau (Bénin), partenaire du SO
Directions de la Météorologie du Bénin et du Niger
ASECNA
AGRHYMET (Farid Traor, Mahamadou ADAMOU)
PNUD (projet SAP Bénin)

Universités africaines

EAMAC : école Africaine de la météorologie et de l'aviation civile (Demba Alassane SOW, V. Houeto)
ONM, Algérie (Mohamed Mokhtari)
Université Abdou Moumouni (UAM, Niger), partenaire du SO
Université Cheick Anta Diop (Sénégal)
Université d'Abomey Calavi (UAC, Bénin), partenaire du SO
Université de Bamako (USTTB, Mali), Faculté des Sciences et Techniques (FAST), partenaire du SO
Université de Maradi (Niger), partenaire du SO
Université de Parakou (Bénin), partenaire du SO
Université de Yaoundé (Gaël Fouelefack Mbouna)
Université de Zinder (Niger), partenaire du SO
Université Nangui Abrogoua, Cote d'Ivoire (Bamory Kamagaté)
Bénin, institution inconnue (Romuald Hounyème, Hilaire Kougbè)
Mali, institution inconnue (Amadou Maiga)
Sénégal, institution inconnue (Mamadou Drame)

Autres pays

Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies (COLA), Institute of Global Environment and Society USA
Climate Hazards group, USA (Amy McNally)
Desert Research Institute (Lindsay Gilbertson)
European Commission Joint Research Centre (Anne Schucknecht)
Istituto di Biometeorologica, Italie (Maurizio Bacci)
International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM) -UNESCO (ALMIP-2)
Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, Italy (Emiliano Orlandi)
Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology (Kaniska Mallick)
MIT, USA (Leila Farhadi)



NASA GSFC (Dimitar Ouzounov, Soni Yatheendradas)
 NASA-GSFC, Global Modeling and Assimilation Office (ALMIP-2)
 Research Institute of Geo-Hydrological Protection, National Research Council (Luca Brocca)
 Royal Meteorological Institute of Belgium (Nicolas Ghilain, Alirio Arboleda)
 UNESCO-IHE (Abdul-Ganiu Jakpa)
 Université de Liège (E. Ago, M. Aubinet)
 Université de Sherbrooke, Département de géomatique appliquée (Youssef Jallouli)
 Université du Québec, Réseau canadien en modélisation et diagnostics du climat régional (Kossivi TETE)
 University at Albany, USA (Karen Mohr)
 University of Aberdeen (J.C. Comte)
 University of Alabama in Huntsville (Aaron Naeger)
 University of Amsterdam (Robert Parinussa, R. de Jeu)
 University of Augsburg (Jan Bliefernicht, Wascal)
 University of Basilicata, Italie (Sara Venafra)
 University of Bonn (Gero Steup, Wascal)
 University of Bonn, Department of Geography, (ALMIP-2)
 University of California Santa Barbara (Michael Marshall)
 University of Castilla La Mancha (Matthew Garvert)
 University of Cologne (Andreas Fink, Susan Pohle)
 University of Copenhagen (Marc Ridler, Inge Sandholt)
 University of Creighton (Jon Schrage)
 University of Geneva (Pierre Ineichen)
 University of Karlsruhe, Institut für Meteorologie und Klimaforschung (Martin Kohler)
 University of Leeds (Geoffrey Bessardon, Alexander Roberts, Douglas Parker, Sophie Cowie)
 University of Lund, Suède (Niklas Olén)
 University of Maryland (Khalidoun Rishmawi)
 University of Newcastle (David Walker)
 University of Reading (Matthew Young, D. Taylor)
 University of South Florida (Mary Njoroge)
 University of Stockholm (Lindvall)
 University of Taiwan : Department of Atmospheric Sciences at National Taiwan University (ALMIP-2)
 University of Technology, Plant Functional Biology & Climate Change Cluster School, Australia (ALMIP-2)
 University of Technology, Vienna, Austria (IPF), (W. A. Dorigo)
 University of Tokyo (Yohei Sawada, Rasmy Mohamed)
 University of Tokyo, Institute of Industrial Science (ALMIP-2)
 University of Wageningen, Pays Bas (Confidence Duku)
 University of Wisconsin-Madison (Yan Yu)
 USDA (Alexi product evaluation, ALMIP-2)
 Water Resources Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ. (ALMIP-2)

Origine inconnue :

Henri SONGOTI (Expert Genie Logiciel)
 Yin Zun (Msc)
 Japon, institution inconnue (Takuya Komori)

