

**Dossier à remplir pour le bilan et la labellisation 2022-2026
d'un **Service National d'Observation (SNO) SIC****

version du 16 juillet 2021

Nota : Ce dossier ne doit pas excéder **40 PAGES (hors annexe)**, avec une police de caractère et un interligne raisonnables. La liste exhaustive des publications et des conférences au cours de la période (2017-2021) ainsi que les lettres de soutien sont à fournir en annexe. Pour faciliter les évaluations, il est recommandé aux porteurs de suivre la trame proposée.

Les porteurs de projet sont invités à lire très attentivement la définition des services labellisés du domaine SIC de cet appel à labellisation 2021 qui présente des nouveautés importantes.

Document à soumettre au plus tard le Vendredi 16 juillet 2021

Observatoire AMMA-CATCH

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



Table des matières

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SERVICE (5 PAGES MAXIMUM)	1
A1- Appartenance du service (ANO 1-> 3) : ANO-1	1
A2- Nom du service : AMMA-CATCH	1
A3- Adresse URL du site web du service : http://www.amma-catch.org/	1
A4- Résumé du service (1/2 page maximum) :	1
A5- Nom du responsable (nom, titre, adresse électronique) :	1
A6- Laboratoire : IGE	2
A7- OSU ou établissement/organisme de rattachement : OSUG	2
A8- Autre(s) organisme(s) associé(s):	2
A9- Signature du responsable :	2
A10- Signature du directeur OSU gestionnaire :	2
A11- Autres laboratoires et OSU intervenant dans le fonctionnement du service	2
A12- Le service proposé consiste-t-il en une demande	3
A13- Lien avec une IR (oui/non) : oui	4
A14- Le service proposé relève-t-il	4
A15- Lien avec un pôle ou un centre de données (oui/non) : oui	4
A16- Auto-évaluation via une analyse SWOT	5
DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU SERVICE (35 PAGES MAXIMUM)	6
B1. Contexte, motivations et objectifs scientifiques	6
B2. Mission d'observation	10
B2.1 Stratégie d'observation AMMA-CATCH en Afrique de l'Ouest : objectifs et contraintes	10
B2.2 Description exhaustive du service en termes de sites	11
B2.3 Description exhaustive du service en termes de grandeurs géophysiques	15
B3. Protocoles de mesure	19
B3.1. Démarche de qualification des capteurs	19

B3.2. Développement de méthodologies adaptées au contexte du Sud	21
B4. Archivage des données et leur mise à disposition	22
B5. Diffusion et rayonnement scientifique	23
B5.1 liste des équipes ayant exploité les données du SNO (période 2016-2021)	24
B5.2 Projets (régionaux, nationaux, européens, internationaux) réalisés avec l'aide des données du SNO (période 2016-2021)	24
B5.3 Téléchargement des données	26
B5.4 Utilisation par des modèles	26
B5.5 Utilisation dans d'autres contextes	27
B6. Communication, formation, diffusion des connaissances, impact socio-économique et enjeux pour les ODDs	27
B6.1 Communication et diffusion des connaissances	27
B6.2 Formation	28
B6.3 Liens avec les ODDs	28
B6.4 Impacts socio-économiques et innovation	29
B7. Apports aux communautés nationale/européenne/internationale. Lien avec les IR	29
B8. Gouvernance	30
B9. Fonctionnement et ressources humaines (hors exploitation scientifique)	32
B10. Budget	34
B11. Difficultés rencontrées	35
B11.1 Impact de la pandémie de covid-19 sur le fonctionnement du SNO	36
B11.2 Jouvence des instruments	36
B11.3 Sécurité au Sahel	36
B12. Aspects remarquables du SNO sur la période d'évaluation [2017-2021]	37
B13. Trajectoire future	38
Annexe A : Liste des acronymes	40
Annexe B : Personnels impliqués dans les tâches d'observation	42
B1. Personnel permanent	42
B2 : Personnels en CDD durant la période 2017-2021	45
B3 : Mouvements de personnels permanents durant la période 2017-2021	46

Annexe C : Production scientifique des acteurs du SNO [2017-2021]	47
C1. Thèses	47
C2. HDR	47
C3. Data papers	48
C4. Publications de rang A (référencées dans WoS)	48
C5. Autres publications	50
C6. Conférence Internationale de Niamey (2018)	51
C7. Communication grand public	53
C8. DOI de données	54
Annexe D : Production scientifique des utilisateurs du SNO [2017-2021]	59
D1. Thèses	59
D2. Publications de rang A (référencées dans WoS)	59
D3. Autres publications	63
D4. Conférence Internationale de Niamey (2018)	63
Annexe E : Bibliographie de la partie B1	66
Annexe F : lettres de soutien et d'engagement	71
F1. Lettres d'engagement de moyens	71
F2. Liens avec des IR et des réseaux de mesures	71
F3. Lettres de soutien	73

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SERVICE (5 PAGES MAXIMUM)

A1- Appartenance du service (ANO¹ 1-> 3) : ANO-1

A2- Nom du service : AMMA-CATCH

A3- Adresse URL du site web du service : <http://www.amma-catch.org/>

A4- Résumé du service (1/2 page maximum) :

L'Afrique de l'Ouest est une région en transition rapide entre le climat, la démographie et l'utilisation des terres. Dans ce contexte, l'observatoire régional à long terme AMMA-CATCH a pour objectif de surveiller les impacts des changements globaux sur le cycle de l'eau continental et le fonctionnement de la zone critique en Afrique de l'Ouest. L'observatoire est organisé selon trois grands axes thématiques qui permettent l'animation scientifique et orientent la stratégie d'observation, plus un axe méthodologique dédié à l'évolution des moyens et de l'instrumentation : (1) Tendances multi-décennales des aléas hydro-climatiques (passées, en cours et projections); (2) Dynamique de la végétation, de l'occupation des sols et leurs interactions avec le cycle de l'eau; (3) Trajectoires des ressources en eau; et (4) Métrologie, veille technologique et innovation pour l'observation en zone intertropicale. Pour atteindre ces objectifs, l'observatoire recueille depuis 1990 des données provenant de quatre sites fortement instrumentés, étagés du Nord au Sud de l'Afrique de l'Ouest, dans différentes zones éco-climatiques (Bénin, Niger, Mali), et depuis 2016, de sites complémentaires construits sur des partenariats au Sénégal et au Niger, afin de mesurer le gradient latitudinal, et sa variabilité en longitude.

Les observations du SNO sont intégrées dans le portail de données AMMA-CATCH. De par leur situation unique dans une région où peu de mesures existent, les sites AMMA-CATCH produisent des données cruciales pour les études scientifiques régionales de premier plan, permettent de répondre aux sollicitations régulières des agences spatiales nationales et internationales (CES Theia, ESA et NASA) pour des missions de CAL/VAL de satellites et la production de produits de télédétection. Elles alimentent aussi les besoins grandissant d'outils d'aide à la décision des acteurs/gestionnaires nationaux et régionaux.

AMMA-CATCH fait partie de l'Infrastructure de Recherche (IR) française OZCAR (Observatoires de la Zone Critique : Applications et Recherche) depuis 2017 qui est elle-même membre de l'IR européenne eLTER depuis novembre 2018. Les données AMMA-CATCH sont visibles sur le pôle de données national Theia depuis 2020 et sur le portail européen de sites d'observation DEIMS.

A5- Nom du responsable (nom, titre, adresse électronique) :

Jean-Martial Cohard, MC UGA², IGE, <Jean-Martial.cohard@univ-grenoble-alpes.fr>

Assisté du comité exécutif suivant :

- Manuela Grippa, Physicienne-adjointe CNAP, GET, <manuela.GRIPPA@get.omp.eu>
- Christophe Peugeot, CR IRD, HSM, <christophe.peugeot@ird.fr>
- Emmanuel Agnidé Lawin, Professeur, UAC Bénin <ewaari@yahoo.fr>

¹ Action Nationale d'Observation (ANO) : ANO-1 **Zone Critique** ; ANO-2 **Agroécosystème** ; ANO-3 **Côtier Littoral**

² voir liste des acronymes en annexe A

A6- Laboratoire : IGE

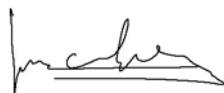
A7- OSU ou établissement/organisme de rattachement : OSUG

A8- Autre(s) organisme(s) associé(s):

IRD ; CNRS-INSU ; Universités françaises (UGA, UM, UPS), du Bénin (UAC), du Niger (UAM, UDDM, UZ), du Mali (USTTB), du Sénégal (UCAD) ; DG-Eau du Bénin et ISRA du Sénégal

A9- Signature du responsable :

Jean-Martial Cohard



A10- Signature du directeur OSU gestionnaire :

Lydie Bonal, directrice-adjointe de l'OSUG, délégation Observation



A11- Autres laboratoires et OSU intervenant dans le fonctionnement du service

(pour chaque laboratoire concerné ou équipe impliquée, indiquer le nom et l'adresse électronique du responsable, et donner en deux lignes maximum, la nature de l'implication dans le service, hors exploitation scientifique) :

Structures impliquées dans les **tâches d'observation** du SNO AMMA-CATCH². Cela n'inclut pas les structures impliquées dans l'exploitation scientifique des données qui en sortent.

En France

UMR IGE : Directeur Aurélien Dommergue (ige-direction@univ-grenoble-alpes.fr). L'IGE est impliqué dans les sites du Niger et du Bénin. Il est PI de 21 jeux de données et mobilise 11 chercheurs, 4 IT IRD, 1 VI, 5 IT de droit local (PRPP) au Niger et au Bénin.

UMR GET : Directeur Sylvain Bonvalot (sylvain.bonvalot@get.omp.eu). Le GET est impliqué dans les sites du Mali, du Sénégal et du Niger. Il est PI de 8 jeux de données et mobilise 3 chercheurs, 3 IT (1 IRD, 2 CNRS) et 1 IT en CDD local (PRPT IRD) au Mali.

UMR HSM : Directeur Patrick Lachassagne (hsm-direction@umontpellier.fr). HSM est impliqué dans les sites du Niger et du Bénin. Il est PI de 8 jeux de données et mobilise 2 chercheurs, 3 IT IRD, 1 VI, 1 IT de droit local (PRPP) au Niger.

OSU OSUG : Directrice Nathalie Cotte (osug-direction@univ-grenoble-alpes.fr). Le centre de données de l'OSUG héberge la base de données d'AMMA-CATCH. La commission Observation soutient les SNOs sur la base d'un appel d'offre annuel réservé aux observatoires.

² L'appellation complète des acronymes utilisés est donnée en Annexe A0

OSU OREME : Directeur Eric Servat (contact@oreme.org). La commission Observation soutient les SNOs sur la base d'un appel d'offre annuel réservé aux observatoires.

OSU OMP : Mike Toplis (michael.toplis@obs-mip.fr). La commission Observation soutient les SNOs sur la base d'un appel d'offres annuel réservé aux observatoires.

En Afrique

Université d'Abomey-Calavi (UAC) / Institut National de l'Eau (INE), Bénin. Directeur de l'INE D. Mama <mkdaouda@yahoo.fr>. Quatre enseignants chercheurs sont PI de 9 jeux de données.

Université de Niamey (UAM), Niger (FAST et FLSH). Pr Ibrahim Bouzou Moussa (FLSH) ibrahimbm1958@gmail.com et Yahaya NAZOU MOU (FAST) nazoumou@gmail.com
Trois enseignants chercheurs sont PI de 6 jeux de données et mobilisent, 2 ITA.

Université de Maradi (UDDM), Niger. Hassane Bil-Assanou ISSOUFOU bil-assanou@hotmail.com. Deux enseignants chercheurs sont PI de 5 jeux de données et mobilisent, 1 ITA au Niger

Université de Zinder (UZ), Niger. M. le Recteur MAHAMAN Bazanfaré (bmahaman@yahoo.fr). Un enseignant chercheur est PI de 3 jeux de données et d'un site complémentaire AMMA-CATCH.

Université de Bamako (USTTB), Mali. Directeur du LOSSA, Abdramane Ba, (abdranameba55@yahoo.fr). Trois enseignants chercheurs sont PI de 1 jeu de données.

Université de Dakar (UCAD), Sénégal. Directeur du Laboratoire de Télédétection Appliquée (LT) de l'UCAD, Gayane Faye, (gayane.faye@gmail.com). Un enseignant chercheur est PI de 1 jeu de données

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Centre de Dahra, Sénégal. Responsable du Centre de Recherches Zootechniques (CRZ) de Dahra : Ousmane NDIAYE, (fisco42000@yahoo.fr). Un chercheur est PI de 1 jeu de données au Sénégal

Direction Générale de l'Eau du Bénin (DG-Eau). Directeur Philippe Adjomayi (adjomayip@yahoo.fr). La DG-Eau héberge l'observatoire au Bénin et fournit du matériel de géophysique ; un ingénieur participe au suivi technique de l'observatoire au Bénin.

A12- Le service proposé consiste-t-il en une demande

- *de labellisation dans la continuité d'une labellisation existante (oui/non) ? oui*
Le cas échéant, décrire l'évolution du service (si pertinent, sinon indiquer 'pas d'évolution'):

Depuis 1997, le SNO AMMA-CATCH reposait sur 3 sites de méso-échelle étagés en latitude (Mali, Niger, Bénin). Depuis 2012, le SNO a entamé plusieurs évolutions de son dispositif expérimental pour s'adapter à la situation géopolitique au Sahel, et renforcer

à la fois son partenariat avec les chercheurs du Sud, sa stratégie d'observation à l'échelle régionale et les suivis du gradient longitudinal est-ouest (centre du Niger-Sénégal).

Les chapitres B2 et B3 décrivent l'évolution des observations et des protocoles au cours de la période 2012-2021.

- *de labellisation d'un nouveau service (oui/non) ? non*
Si le nouveau service consiste en une évolution du périmètre d'un ou plusieurs services labellisés précédemment, préciser lesquels :

A13- Lien avec une IR (oui/non) : oui

Si oui, préciser la (les) IR (inclure une lettre de soutien de la ou des IR en annexe au dossier) :

IR OZCAR « Observatoires de la Zone Critique : Application et recherche » <https://www.ozcar-ri.org/>

L'IR OZCAR ne souhaite pas faire des lettres individuelles de soutien pour chaque SNO et enverra un courrier à la commission d'évaluation à ce sujet.

Si non, préciser les raisons : -

A14- Le service proposé relève-t-il

- d'autres domaines de l'INSU, OA, TS ou AA (oui/non) ? et le(s)quel(s) ? non
Certains sites du SNO AMMA-CATCH sont colocalisés avec des observatoires OA (INDAAF au Bénin et au Niger; Aeronet au Niger) et des observatoires TS (Gravimètre au Bénin).
- d'autres instituts du CNRS (oui/non) ? et le(s)quel(s) ? non

A15- Lien avec un pôle ou un centre de données (oui/non) : oui

Si oui, préciser le(s)quel(s) (inclure une preuve d'appartenance ou d'adhésion en annexe au dossier). Si non, préciser les raisons.

Depuis 2017, le pôle de données Theia et l'IR OZCAR développent conjointement le système d'information (SI) des surfaces continentales Theia/OZCAR (Braud et al., 2020⁴) qui fait partie de l'IR Data Terra. Ce SI est opérationnel depuis le 01/01/2020 (<https://in-situ.theia-land.fr/>) et ne se substitue en aucun cas aux portails de données existants, mais au contraire il les met en visibilité avec une sémantique unique. En 2021, les jeux de données d'un tiers des observatoires d'OZCAR sont visibles en temps réel sur le portail Theia/OZCAR. A terme, tous les observatoires seront visibles, mais ils doivent pour cela écrire un script qui extrait les données et les informations qui les décrivent dans le format pivot Theia/OZCAR.

⁴ Braud, I., V. Chaffard, C. Coussot, S. Galle, P. Juen et al. « Building the Information System of the French Critical Zone Observatories Network: Theia/OZCAR-IS ». *Hydrological Sciences Journal Special Issue: Hydrological data: opportunities and barriers* (2020): <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1764568>.

Le SNO AMMA-CATCH est visible sur Theia/OZCAR depuis le 01/01/2020.

A16- Auto-évaluation via une analyse SWOT

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> • Un observatoire unique dans une zone où les données sont rares et peu disponibles ; une base de données accessible • Une équipe motivée et agile • Un partenariat de long terme au Sud et qui se renouvelle (4 recrutements sur la période 2017-2021) • Des projets structurants acceptés (ANR Tiphyc, PEA 3EC Sahel, LMI REZOC, African Center of Excellence C2EA) • La dynamique zone critique (IR OZCAR) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pour les chercheurs et enseignants-chercheurs non CNAP (85% des ETP hors ITA), le temps dédié aux tâches d'observation n'est pas valorisé dans leur carrière • Une lourdeur administrative croissante pour un SNO à plusieurs tutelles et international • Une grande hétérogénéité des moyens du Nord et du Sud
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> • Plusieurs membres de l'observatoire sont DirCab ou conseillers de ministres (au Sud) • Le SNO est bien positionné sur les enjeux environnementaux prioritaires pour les pays (ressource en eau, inondations) • Des opérateurs nationaux motivés • Le développement du numérique en plein essor en Afrique 	<ul style="list-style-type: none"> • La situation géopolitique et la sécurité des personnels au Sahel • La situation sanitaire (COVID) • Les sites hors Europe considérés à part dans eLTER • La perte d'ETP pour la gestion du portail AMMA-CATCH au profit de Theia

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU SERVICE (35 PAGES MAXIMUM)

Dans la rédaction des différentes rubriques ci-dessous, veuillez à reprendre les recommandations qui vous ont été adressées lors de la dernière évaluation de 2015 et à indiquer votre démarche pour y répondre

B1. Contexte, motivations et objectifs scientifiques

Les processus scientifiques étudiés devront être décrits, ainsi que les progrès apportés par l'activité du SNO. Justifier la nécessité des observations (observables, sites) sur le long terme.

CONTEXTE et MOTIVATIONS:

La variabilité inter annuelle intrinsèque du cycle de l'eau et de la dynamique de la végétation associée est fortement impactée par les activités anthropiques que ce soit par le changement climatique induit par les émissions des gaz à effet de serre (GES), ou par les changements d'occupation du sol, de pratiques ou d'usages. Ces perturbations entraînent les éco-hydrosystèmes vers de nouveaux équilibres dont il est nécessaire de prédire de façon réaliste les trajectoires pour que les acteurs puissent prendre les décisions qui s'imposent en termes d'adaptation. En Afrique de l'Ouest, la grande sécheresse des années 70-80, particulièrement intense et longue au Sahel, a été le plus fort signal climatique observé au XX^{ème} siècle. Combinés aux impacts du réchauffement climatique observés depuis plus de quatre décennies, et à l'augmentation de la pression anthropique sur les éco-hydrosystèmes due à la forte croissance démographique de la région (2.7% par an: doublement de la population en 25 ans), ces changements ont déclenché une cascade de processus qui ont conduit à une intensification du cycle hydrologique dans tous les compartiments de la Zone Critique (ZC). Les inondations récentes dans les grandes villes sahéliennes du Tchad au Mali en 2020 (Massaza et al., 2021), à Grand-Bassam (Côte d'Ivoire) et Bamako (Mali) en 2019, et à Ouagadougou (Burkina-Faso) en 2018 en sont les conséquences sur lesquelles le grand public nous interroge (Lebel et al., The conversation, 2020). L'observatoire AMMA-CATCH contribue largement à documenter ces changements par l'intermédiaire du régime des précipitations (Panthou et al., 2018), des débits des grands fleuves comme celui du fleuve Niger (Descroix et al., 2012, 2018; Nka, 2015; Wilcox et al., 2018), de la dynamique des nappes phréatiques (Favreau et al., 2012, Cuthbert et al., 2019), ou encore de la dynamique de la végétation (Dardel et al., 2014; Brandt et al., 2016).

Pour le futur, le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) alerte sur les conséquences du changement climatique à venir (AR6 à paraître). En Afrique de l'Ouest, l'intensification observée du cycle hydrologique risque de se poursuivre (Huntington, 2006, Taylor et al. 2017) et des conditions climatiques extrêmes sont attendues, comme des vagues de chaleur plus longues et plus intenses (Russo et al., 2018; Mekonen et al., 2016; Mora et al., 2017, Sylla et al. 2018), ou des systèmes convectifs de méso-échelle de plus en plus intenses, conduisant à des inondations de plus en plus meurtrières. Dans cette région du monde où les données sont peu nombreuses, les outils de modélisation pour décrire l'évolution du cycle de l'eau et de la végétation (modèles hydrologiques physiques ou conceptuels, modèles d'inversion des données de télédétection, ...) sont peu contraints. La documentation du cycle de l'eau et du climat dans cette région est donc essentielle pour rendre plus réalistes les simulations des trajectoires en cours et futures.

Besoin de stratégies soutenables pour la gestion de la ressource en eau

L'Afrique de l'Ouest est identifiée comme l'une des régions au monde parmi les plus vulnérables⁵ face au changement climatique. En particulier, l'Afrique de l'Ouest est toujours confrontée à des problèmes d'accessibilité à l'eau. En effet, même si les objectifs du millénaire ont été déclarés atteints (80% de la population doit avoir accès à un point d'eau amélioré, UNICEF/OMS, 2012), dans de nombreux endroits,

⁵ African climate change vulnerability map, Robert S. Strauss center, University of Texas

la réalité est que les nouveaux puits et forages ne permettent pas de couvrir la totalité de la demande en eau croissante due au taux de croissance démographique (Lawson, 2019). Ainsi, l'accès à un point d'eau améliorée reste faible (UNICEF/OMS, 2019) et, en 2017, 85 millions de personnes en Afrique subsaharienne n'y avaient pas accès pour suppléer à leur besoin en eau potable et domestique. Par ailleurs l'intensification du régime hydrologique en cours pourrait renforcer l'intermittence des cours d'eau et diminuer en conséquence la disponibilité de cette ressource. Le développement économique de ces régions devrait entraîner une augmentation de la demande en eau par habitant (irrigation pour la souveraineté alimentaire, assainissement, industries, etc.) ce qui augmentera encore la pression sur la ressource et son accessibilité. Enfin, le déficit d'infrastructures pour l'assainissement et le traitement des eaux de consommation pose de manière accrue la question de la qualité des ressources en eau. L'Afrique de l'Ouest est l'une des régions au monde les plus affectées par les maladies liées à l'eau. Dans ce contexte, dans une région où les volumes disponibles, leur qualité et leur renouvellement sont très mal connus à cause de la difficulté de l'observation, la documentation et la compréhension des trajectoires des ressources en eau (quantité et qualité) est incontournable pour définir et mettre en œuvre des stratégies soutenables pour la gestion de cette ressource.

Evaluer l'impact des changements d'occupation des sols et des pratiques sur le cycle de l'eau, la végétation et leurs trajectoires

La couverture végétale a connu des changements considérables au cours des dernières décennies en Afrique de l'Ouest. Dans la zone sahélienne, la végétation, herbacée et ligneuse, a montré une forte résilience à la sécheresse. Un « reverdissement » général a été observé sur la période 1981-2010, révélé par les données satellitaires, et confirmé localement par des mesures de la masse végétale herbacée (Dardel et al., 2014). Cependant, ce reverdissement au Sahel n'est pas uniforme et il subsiste des zones de végétation dégradée, comme par exemple sur les sols peu profonds (Gal et al., 2017). C'est le cas des formations de brousse tigrée qui sont en forte diminution dans plusieurs régions du Sahel dont le Mali (Trichon et al., 2018). Nous avons pu montrer comment une brousse tigrée avait basculé d'un état d'équilibre pré-sécheresse vers un état dégradé post-sécheresse, état dans lequel elle se maintient malgré la remontée récente des précipitations (Wendling et al. 2019).

Ces changements des états de surface comme la réduction du couvert végétal, sont responsables de l'augmentation des coefficients de ruissellement en zone sahélienne (Descroix et al., 2018), augmentant la quantité d'eau dans les mares (Gal et al., 2017), les débits à l'exutoire des bassins versants, et le risque d'inondation (Wilcox et al., 2018; Nka, 2015). La recharge des aquifères a également augmenté du fait de la concentration des eaux de ruissellement dans les rivières et les mares (Favreau et al., 2012). En parallèle, les terres mises en culture sont passées de 11% à 24% entre 1975 et 2013 en Afrique de l'Ouest (Tappan, 2016). Ces changements d'occupation du sol, même quand ils se produisent à l'échelle locale, ont des conséquences importantes sur le système hydrologique à plus grande échelle. L'occupation du sol est également impactée par les politiques d'aménagement en cours : irrigation des bas-fonds, pratiques culturales pour limiter le ruissellement (murets, digues, sous-solage), plantations, etc. Les impacts de ces actions sur le cycle de l'eau et ses trajectoires ne sont aujourd'hui pas, ou peu, quantifiés et nécessitent des observations ciblées et pérennes sur le long terme. Au-delà de l'impact sur la ressource en eau, les stratégies de gestion du territoire en termes de végétation impactent aussi le bilan du carbone, de l'azote et du phosphore. La quantification des émissions/séquestrations de carbone (quantification des NDC) en lien avec la végétation et la mobilisation des nutriments dans des environnements à ressources limitées constituent un enjeu scientifique fort en Afrique de l'Ouest.

De grands enjeux pour le développement

Dans ce contexte, l'identification par les décideurs de solutions d'adaptation soutenables et leur mise en œuvre pour protéger des populations face aux potentiels impacts négatifs des changements globaux, doit être éclairée par (i) les spécificités régionales des changements globaux, (ii) l'impact de ces changements aux échelles spatiales et temporelles des préoccupations sociétales à la fois locales et

régionales, (iii) l'élaboration d'outils d'aide à la décision basés sur de la donnée fiable et (iv) la transmission des connaissances développées vers tous les acteurs de la société.

Apports du SNO AMMA-CATCH

AMMA-CATCH est un observatoire éco-hydro-météorologique situé en Afrique de l'Ouest. Il a pour objectif de documenter la variabilité spatio-temporelle des différentes composantes du cycle de l'eau et ses interactions avec la végétation pour répondre aux enjeux sociétaux en termes de ressources en eau et d'aléas hydrométéorologiques. Cela concerne les variables climatiques (les précipitations, les variables d'état atmosphériques et le bilan radiatif de la surface), les variables du cycle hydrologique (les débits des rivières, la dynamique des eaux souterraines, l'évapotranspiration), et la caractérisation de la végétation. Il s'appuie sur des sites densément instrumentés, étagés en latitude de manière à échantillonner les gradients éco-climatiques caractéristiques de la région et recouvrant les climats soudaniens au sud (précipitation >1200 mm/an), et sahéliens au nord (P entre 800 mm et 300 mm/an) (voir détail en partie B2). Cette stratégie d'observation est au premier ordre représentative du gradient éco-climatique entre les latitudes 10° Ouest et 10° Est. Le montage et la labellisation en 2002 du SNO AMMA-CATCH ont bénéficié de la dynamique initiée par le programme HAPEX-SAHÉL, puis en 2004 par le programme AMMA, et depuis 2018 par l'animation de l'IR OZCAR autour de la zone critique.

Depuis sa labellisation, les apports scientifiques d'AMMA-CATCH sont nombreux et ont été récemment synthétisés (Galle et al., 2018). Ils portent autant sur la caractérisation des extrêmes pluviométriques dans la région (Panthou et al., 2014, 2018; Nkrumah et al., 2019, Taylor et al. 2017), la dynamique régionale de la végétation (Dardel et al., 2014; Brandt et al., 2016; Kergoat et al., 2017), la caractérisation de l'évapotranspiration sur les couverts principaux de la région (Timouk et al., 2009; Mamadou et al., 2014, 2016; Velluet et al., 2014) et leur réponse aux événements de précipitation (Lohou et al., 2014), la dynamique des eaux souterraines (Favreau et al., 2009, Cuthbert et al., 2019) et des eaux de surface (Gal et al 2016, Robert et al 2016, 2017).

L'observatoire a également permis des développements instrumentaux et méthodologiques tels que la Résistance Magnétique Protonique (RMP) pour mesurer les propriétés hydrodynamiques de la nappe (Vouillamoz et al. 2014, Boucher et al. 2009, Descloitres et al. 2011, Legchenko et al. 2020), la gravimétrie pour estimer le contenu en sol intégré du sous-sol (Hector et al. 2013, 2014, Hinderer et al 2014, 2020) ou encore la scintillométrie pour estimer les flux de chaleur sensible et latent sur un transect kilométrique (Guyot et al. 2009, 2012) et le test de méthodes géochimiques innovantes comme la composition en Oxygène 17 des phytolithes pour estimer l'humidité relative de l'air et la reprise racinaire (Outrequin et al., 2021).

Enfin, les observations AMMA-CATCH sont utilisées pour la mise en œuvre et l'évaluation de modèles éco-hydrologiques (Gal et al., 2017; Getirana et al., 2017; Grippa et al., 2017; Hector et al., 2018; Rashid et al., 2019; Rahimi et al., 2021), de modèles statistiques (Panthou et al. 2014, Wilcox et al. 2021) ou l'évaluation de produits issus des satellites, i.e. SMOS (Louvet et al., 2015), GRACE (Grippa et al., 2011), SMAP (Colliander et al., 2017, 2021), Ecstress (Fisher et al., 2020), SWOT (Grippa et al., 2019), MODIS et SPOT-VEGETATION (Mougin et al., subm.) et la création de nouveaux produits (Pellarin et al. 2020).

Mise en évidence de nouvelles problématiques

Au-delà des résultats scientifiques et méthodologiques, l'observatoire a permis de démontrer et d'affirmer des positions scientifiques, avec pour conséquence des changements de paradigme potentiellement impactants pour la société. L'observatoire permet ainsi de proposer et de co-construire des outils d'aide à la décision pour lesquels les chercheurs Sud de l'équipe sont sollicités par leurs instances. En particulier, alors qu'une large part de la communauté scientifique clamait dès les années 2000 après la sécheresse des années 70-80, un retour à la normale des précipitations annuelles au Sahel (e.g. Ozer et al. 2003), les données de l'observatoire ont permis de nuancer ces propos, en montrant que l'augmentation des cumuls annuels masquait un nombre d'événements pluvieux moins nombreux

mais plus intenses (Panthou et al. 2014, Taylor et al., 2017; Panthou et al., 2018). Ces résultats sont d'une importance capitale, par exemple, pour le développement et la construction des ouvrages hydrauliques (ponts, digues, barrages, ...). Ils sont déclinés en outils pour les bureaux d'études et les décideurs sous la forme de courbes intensités-durées-fréquences (IDF) permettant de quantifier les périodes de retour des événements extrêmes dans la région (Panthou et al. 2014, Sane et al. 2018, Vischel et al. 2019, Chagnaud et al., 2021).

En Afrique de l'Ouest, les taux de succès des forages restent faibles dans les zones de socle (40% sont non productifs dont 34% complètement secs et 84% des forages ont un débit instantané inférieur aux 5m³/h nécessaires pour un petit réseau de distribution). Les méthodes usuelles de prospection par identification des fractures dans les linéaments en surface, sont inadéquates car dans ce contexte géologique avec des épaisseurs d'altération de plusieurs dizaines de mètres, les fractures n'existent pas ou sont colmatées (Vouillamoz et al., 2015). L'expertise de l'observatoire a permis de développer des méthodologies nouvelles basées sur la prospection RMP (Vouillamoz et al. 2014, Legchenko et al., 2016, 2020) pour identifier d'autres cibles hydrogéologiques correspondant aux épaisseurs d'altération les plus importantes (Allé et al., 2018). Ces méthodes sont promues auprès des gestionnaires de la ressource et des décideurs pour faire changer les termes des appels d'offres pour la réalisation de forage.

L'Observatoire a permis de mettre en évidence le "paradoxe sahélien" qui a pour conséquence majeure la remontée des nappes phréatiques depuis près de 50 ans ainsi qu'une augmentation de la concentration des eaux dans les mares alors même que les précipitations ont été plus faibles durant la période de la grande sécheresse (Favreau et al., 2012; Cuthbert et al., 2018, Gal et al. 2017, Descroix et al. 2018). Aujourd'hui, on observe que les nappes affleurent dans les zones de bas-fond et les lits des paléo-réseaux hydrographiques renforçant ainsi les risques d'inondation de ces surfaces (Massazza et al. 2021), et menant à l'enneigement des rives usuellement cultivées et/ou à leur salinisation par évaporation. L'observatoire contribue à sensibiliser et prévenir les populations et les décideurs au phénomène afin qu'ils puissent mettre en œuvre des solutions d'adaptation durables.

Une sentinelle des changements globaux

Ainsi, l'Observatoire AMMA-CATCH est une sentinelle des changements globaux et de leurs impacts sur le cycle de l'eau et la végétation en Afrique de l'Ouest. Il permet des recherches de premier plan à la fois au sein de la communauté AMMA-CATCH, et plus largement par la communauté scientifique internationale grâce à la diffusion libre des données récoltées (voir lettres de soutien).

Ses mesures de long terme contribuent ainsi à documenter :

1. **les tendances multi-décennales des aléas hydro-climatiques (passées et projections)** en particulier les régimes de précipitation, de débit, de température, ... ainsi que l'évolution des extrêmes;
2. **les dynamiques de la végétation, de l'occupation des sols et leurs interactions avec le cycle de l'eau**, à la fois par des suivis sur site (flux d'évapotranspiration et de CO₂, LAI, contenu en eau, en azote, en phosphore dans les sols, ...) et à la fois par télédétection ;
3. **les trajectoires des ressources en eau**, en particulier la quantification des stocks, de la recharge et des échanges nappe/rivière pour l'eau souterraine, le suivi des mares, et leurs qualités, le tout en lien avec les usages et la demande pour cette ressource.

Ces trois thèmes constituent les **3 axes** de l'observatoire pour le prochain quinquennat. Enfin l'ensemble des chercheurs, ingénieurs et techniciens ont su développer ensemble une expertise unique dans les techniques d'observation qu'ils ont cœur à partager avec les partenaires, et animer autour d'un quatrième axe **Météorologie, veille technologique et innovation pour l'observation en zone intertropicale**.

B2. Mission d'observation

Description exhaustive du service en termes de sites et de grandeurs géophysiques, biogéochimiques ou biologiques (dans le périmètre défini par la prospective SIC 2017) et de la durée des séries préexistantes à la demande de labellisation. Justification des sites/paramètres par rapport aux objectifs. Le SNO a-t-il effectué ou accompagné des innovations et/ou développements techniques majeurs ? Préciser si le SNO a vocation à conduire des activités d'enseignement et de formation (académique ou continue). Privilégier une présentation concise (tableau, carte).

B2.1 Stratégie d'observation AMMA-CATCH en Afrique de l'Ouest : objectifs et contraintes

La mission d'observation du SNO AMMA-CATCH consiste en la documentation sur le long terme de la zone critique en Afrique de l'Ouest. Ces observations contribuent aux 3 axes thématiques du SNO.

Pour atteindre ces objectifs, le SNO s'est appuyé historiquement sur 3 sites de méso-échelle (~100x100 km²) pour documenter le gradient climatique Nord-Sud caractéristique de la région. Les méso-sites sont situés respectivement en climat nord sahélien (Gourma, Mali), sahélien (degré carré de Niamey, Niger) et soudanien (bassin versant de l'Ouémé supérieur, Bénin). La pluviométrie annuelle double, d'un site à l'autre du nord au sud, passant de 300 mm dans le Gourma malien (Hombori) à 600 mm dans le degré carré de Niamey, et à 1200 mm dans le Haut Ouémé au Bénin. Ces sites densément instrumentés (plus de 100 stations de mesures sur chacun d'entre eux), mesurent les mêmes variables avec les mêmes protocoles, sur des échelles emboîtées.

Contraintes de sécurité au Sahel :

Cette architecture a été partiellement remise en question à partir de 2012 avec les problèmes de sécurité qui nous ont obligés à mettre progressivement en veille les activités du site malien (voir section B11). En 2021, seul un observateur local, épaulé depuis Bamako par un technicien IRD recruté sur un poste CDD, assure le maintien d'un réseau de 10 pluviomètres à proximité de la ville de Hombori, ainsi qu'un suivi minimal de la végétation. En août 2020, le Niger, à l'exception de la commune de Niamey, est passé à son tour en zone rouge, interdisant les missions aux agents IRD, mais pas aux enseignants-chercheurs nigériens (cf. section B11).

Apport des méso-sites

Les méso-sites sont les sites historiques AMMA-CATCH où les mesures denses à pas de temps fin permettent des avancées uniques dans la compréhension des processus hydrologiques, de leurs interactions au sein de la zone critique et documentent les trajectoires hydro-climatiques en cours (Galle et al., 2018; Cuthbert et al., 2019). Seules les séries longues permettent de telles études. Ces mesures ont également montré leur potentiel pour la mise en œuvre et l'évaluation de modèles des surfaces continentales, et pour mettre en évidence leurs limites (Grippa et al., 2017; Geritana et al., 2017; Hector et al., 2018; Rashid et al., 2019; Rahimi et al., 2021). Enfin ces observations sont uniques dans une région peu documentée et permettent d'apporter des réponses aux verrous de connaissances identifiés. Par exemple, au delà de la documentation du cycle de l'eau, l'estimation du rayonnement incident et son évolution par rapport aux aérosols, est une donnée nécessaire à la modélisation éco-hydrologique qui permet une bonne compréhension des chemins de l'eau, comme la reprise de l'eau des nappes par la végétation ligneuse à enracinement profond (Galle et al., 2018). En gardant comme priorité absolue la sécurité des agents, nous souhaitons donc poursuivre les mesures sur les méso-sites avec des protocoles adaptés à la sécurité (voir ci-dessous).

Besoin de sites complémentaires

La compréhension récente des tendances et notamment l'évolution des extrêmes pluviométriques (Panthou et al, 2018; Vischel et al., 2019; Chagnaud et al., 2020, 2021) a mis en évidence un gradient est-ouest en Afrique de l'Ouest qui semble s'accroître, avec des conséquences sur les écoulements de surface (Wilcox, 2018). Concernant les eaux souterraines, les récents résultats de Cuthbert et al. (Nature, 2019), remettent en cause la diminution des ressources en eau souterraine telle qu'actuellement simulée par les modèles. Cette étude, qui se fonde sur 14 chroniques (dont 3 du réseau AMMA-CATCH) met en évidence la diversité des réponses et le besoin de mieux documenter les interactions complexes du climat, de la géologie, des sols et de la végétation.

Ces études montrent que la régionalisation, à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest, ne peut plus se satisfaire de la seule stratégie d'observation (gradient éco-climatique nord-sud) mise en place à l'origine du SNO. Un exercice de prospective démarré fin 2020 nous a permis d'actualiser notre vision régionale. Elle se construit par la mise en place de collaborations internationales au sud et au nord qui permettent d'accéder à des données issues des services nationaux sur le territoire Ouest-Africain, et d'autre part des projets internationaux (GROFUTURES, AMMA-2050, ...) qui permettent aussi de regrouper des jeux de données.

Pour renforcer notre vision régionale, nous avons besoin de sites complémentaires. Notre stratégie est de nous appuyer sur les partenaires scientifiques du SNO qui ont, d'ores et déjà, mis en œuvre des observations dans le cadre de projets scientifiques, répondant à des questions scientifiques qu'ils ont identifiées et/ou pour des besoins de développement locaux. Ces sites complémentaires pourront être renforcés au besoin par de l'instrumentation AMMA-CATCH afin de répondre aux objectifs scientifiques de nos partenaires et à ceux du SNO. Les partenaires seront associés à la direction, au choix et au suivi de ces observations. Nous proposons donc l'intégration de 4 sites complémentaires au Niger et au Sénégal, sur des sites déjà équipés par des partenaires et qui nous permettront de :

- renforcer l'analyse des tendances multi-décennales (Axe 1) sur des variables d'intérêt régional prioritaires pour le SNO, identifiées ci-dessus : la **pluie**, le **bilan radiatif** et la **recharge** de la nappe;
- renforcer un dispositif existant, mis en place par des partenaires avec des objectifs locaux;
- proposer au partenaire, s'il le souhaite, de bancariser⁶ et diffuser les données de son site sur le portail de données AMMA-CATCH.

B2.2 Description exhaustive du service en termes de sites

B2.2.1 Description des sites de méso-échelle

Les mesures ont commencé entre 1988 et 1997 suivant les sites. Le réseau de mesure a été homogénéisé et renforcé en 2004 (Lebel et al., 2011), lors de l'expérience internationale AMMA (Redelsperger et al., 2006), sur trois sites (Mali, Niger, Bénin, fig. 1).

- **Le site du Gourma** (Mali) est soumis à un climat sahélien à nord-sahélien, avec une courte saison des pluies d'environ 3 mois (cumul annuel de 365 mm). La température moyenne annuelle est de 30.2°C à Hombori. La formation végétale dominante est une savane arbustive sur dunes sableuses qui alternent avec des surfaces d'érosion à fort ruissellement qui convergent vers des mares (endoréisme). La densité de population est faible, inférieure à 7 habitants par km², la principale activité socio-économique est le pastoralisme. La culture du mil est uniquement pratiquée dans la partie sud du site de méso-échelle.
- **Le site du degré carré de Niamey** (Niger), situé plus au Sud, est soumis à un climat sahélien, avec une saison des pluies de 4 mois (550 mm), la température annuelle moyenne est de 29°C.

⁶ La bancarisation est un processus permettant de conserver sur le long terme des données dans le cadre organisé d'une base de données d'où il est aisé de les extraire au moyen de requêtes.

La densité de population (hors ville de Niamey) est de 30 habitants par km², les principales activités socio-économiques sont les cultures pluviales (principalement le mil) et le pastoralisme.

- **Le site du bassin versant de l’Ouémé supérieur (Bénin)** est soumis à un climat soudanien, avec une saison des pluies de 7 mois (1200 mm), les cours d’eau sont intermittents, la température annuelle moyenne est de 25°C. La densité de population est de 48 habitants par km². Les activités principales y sont l’agriculture pluviale et l’élevage. Les savanes arborées et forêts claires couvrent 60% du Haut Ouémé en 2013 (80% en 1975). Certaines de ces zones naturelles sont des forêts classées.

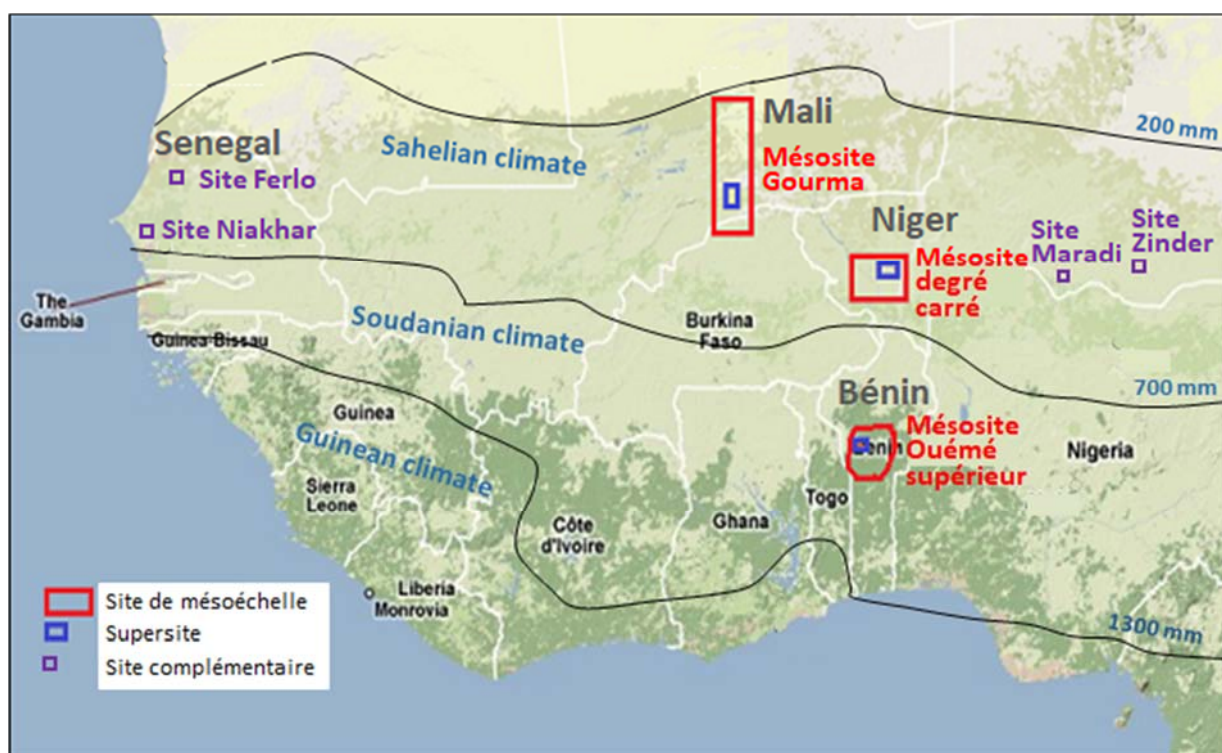


Figure 1: Carte des sites de mesure du SNO AMMA-CATCH en Afrique de l’Ouest. En rouge les méso-sites: Ouémé supérieur (Bénin), Degré carré de Niamey (Niger). Le méso-site du Gourma (Mali) est actuellement en veille, à l’exception d’un réseau de pluviomètres toujours opérationnel sur le super site. En violet, les sites complémentaires : Niakhar et Ferlo (Sénégal), Maradi et Zinder (Niger).

Sur chacun des sites de méso échelle, la stratégie d’observation repose sur une approche multi-échelles emboîtées. Elle comprend:

- a. un site de méso-échelle (typiquement 10 000 km²) pour documenter les cycles de l’eau et de l’énergie à long terme
- b. un « super-site » (typiquement 10-100 km²) dédié aux études de processus à des échelles de temps intra-saisonnières à interannuelles sur un domaine hydrologique intégrateur
- c. des sites locaux (1 km²) dédiés à la documentation fine des composantes des cycles de l’eau et de l’énergie et de leurs couplages avec la dynamique de la végétation.

L’approche emboîtée est illustrée (figure 2) pour le site soudanien du Bénin

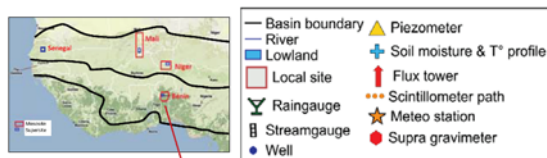
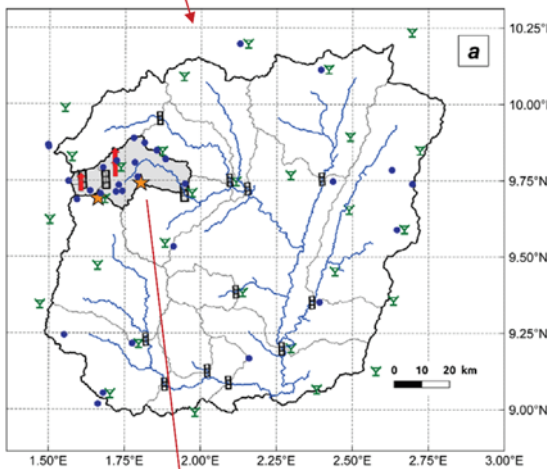
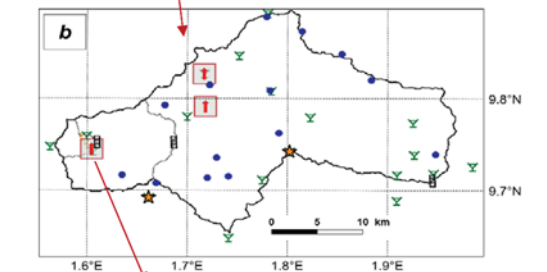


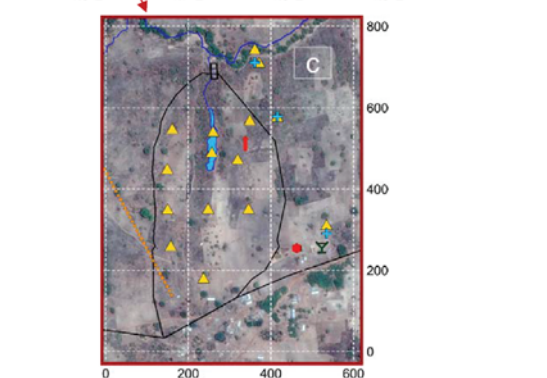
Figure 2 : Échelles d'observation sur le méso-site de l'Ouémé supérieur (Bénin) (d'après Galle et al., 2018)



(a) Le méso-site du Haut bassin de l'Ouémé (14 000 km²) regroupe 16 stations hydrométriques, 35 pluviomètres et 12 puits/forages surveillant la dynamique de la nappe phréatique.



(b) Le super-site de la Donga, un sous-bassin d'environ 600 km² du haut Ouémé, comprend des sous-réseaux pluviométriques, piézométriques et limnimétriques plus denses.



(c) Au sein du bassin de la Donga, trois sites locaux ont été instrumentés. Ils sont représentatifs des deux principaux types d'occupation du sol rencontrés dans la zone et d'un site en transition entre ces deux types:

- les zones cultivées qui incluent les jachères et les cultures avec des arbres isolés
- la forêt claire

Chacun des sites locaux comprend les mesures suivantes: un pluviomètre, une station météorologique incluant le bilan radiatif ; une tour de flux (flux de chaleur latente et sensible, flux de CO₂) ; dynamique de la végétation (indice de surface foliaire LAI, biomasse, hauteur) ; Profils d'humidité, de température et de succion du sol de 0 à 1 m, situés en haut, au milieu et en bas d'un versant (700 - 1000 m de long) et associés à des piézomètres à différentes profondeurs pour documenter les nappes phréatiques permanentes et perchées le long du versant.

Outre la configuration commune mentionnée ci-dessus, des instruments ou réseaux supplémentaires ont été installés dans chaque méso-site en fonction de son contexte éco-hydrologique.

Au Bénin, un bassin versant élémentaire (0.15 km²) a été suivi pour comprendre l'origine du débit de la rivière (Figure 2-c, coordonnées métriques locales). Un gravimètre supraconducteur surveille les variations locales de la colonne d'eau totale et fait le lien avec les plus grandes échelles.

Au Niger, les écoulements se concentrent vers des mares (système endoréique) qui rechargent la nappe. Le bassin versant de la mare Wankama (2 km²) est équipé d'un suivi de la mare associé à un transect piézométrique pour documenter le niveau de la nappe.

B2.2.2 Description des sites complémentaires

En complément des méso-sites, le réseau AMMA-CATCH comprend 4 sites complémentaires dont 2 sont situés au Sénégal et 2 au Niger (Figure 1) :

Site de Niakhar (Sénégal)

Le site de Niakhar est localisé au centre du Sénégal, sous climat sahélien. Fondé en 1962 en zone rurale à 150 km de Dakar, en pays Sereer, l'observatoire de Niakhar est le plus ancien observatoire de population en Afrique, encore en activité. Il a permis d'assurer, depuis sa création, le suivi sanitaire, démographique, social et économique de plus de deux générations. Depuis 2018, un Observatoire Collaboratif de long terme sur les services écosystémiques de l'agroforesterie (sécurité alimentaire, flux de GES), a été créé par l'UMR Eco&Sol (resp O. Roupsard), associée à l'UCAD (Prof. G. Ndiaye). L'agroforesterie à Niakhar est un complexe cultural associant une culture annuelle de mil ou d'arachide, à des "arbres utiles", en termes de culture de rente et d'enrichissement du sol, ici *Faidherbia albida*. La parcelle "Sob" est équipée pour étudier les bilans d'eau et de carbone, associés à la dynamique de la végétation herbacée et ligneuse (elle fait partie du réseau Fluxnet, site Sn-Nkr). L'apport d'AMMA-CATCH a été d'équiper une deuxième parcelle "Ragola", cultivée en arachide ou en mil en alternance avec la parcelle "Sob", permettant ainsi de comparer deux types de pratiques agroforestières. Pour AMMA-CATCH, il s'agit :

- d'assurer un suivi pluviométrique et météorologique (incluant le bilan d'énergie) sur la parcelle de Niakhar Ragola, d'y mesurer les flux turbulents à l'aide d'une station d'eddy covariance et de suivre un profil d'humidité du sol afin d'évaluer l'évapotranspiration d'une culture dans un parc agroforestier à *Faidherbia albida*.
- de distribuer les données de Ragola et, à termes celles de Sob (flux d'eau et de carbone, flux de sève, production primaire, LAI, stades phénologiques des arbres et de leurs racines, humidité des sols et composition isotopique, hauteur de la nappe, gaz du sol) sur le portail AMMA-CATCH.

Le suivi de la parcelle de Ragola par AMMA-CATCH a commencé en 2018.

Site du Ferlo (Sénégal)

Le site du Ferlo, sous climat nord-sahélien, est situé dans une région dédiée principalement au pastoralisme, comparable à celle du Gourma malien. Le site instrumenté est localisé dans le Centre de Recherches Zootechniques de Dahra (CRZ), appartenant à l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA). Depuis 2002, l'Institut de Géographie de Copenhague (Danemark), l'Université de Lund (Suède) et l'Institut Technique de Karlsruhe (Allemagne) ont instrumenté le site pour documenter les propriétés radiatives, météorologiques et thermiques d'une savane arborée, en lien avec la variabilité climatique. Une station du SNO INDAAF (*International Network to study Deposition and Atmospheric composition in Africa*) est colocalisée à Dahra. De plus, deux stations d'humidité du sol ont été installées par AMMA-CATCH dans le Ferlo, au nord du site de Dahra, dans la zone pastorale. Une seule est en fonctionnement en 2021, la deuxième ayant été récemment vandalisée.

L'objectif du site complémentaire du Ferlo pour AMMA-CATCH est :

- d'assurer un suivi pluviométrique, d'humidité des sols sur deux stations en climat nord sahélien pour l'évaluation des produits de télédétection d'humidité et de végétation.
- Une station suit également la dynamique spatiale et temporelle (mensuelle) des contenus en carbone, azote et phosphore du sol le long d'une toposéquence dune-interdune, en complétant ainsi le suivi long terme réalisé au CRZ depuis les années 60 (Ndiaye et al., 2014) et celui du SNO INDAAF.

Le suivi AMMA-CATCH du site du Ferlo a commencé en 2013. C'est actuellement le seul site d'AMMA-CATCH localisé au nord Sahel. Les données acquises par AMMA (meteo, flux et humidité du sol sur le

site ragola, plus biogéochimie et humidité du sol dans le Ferlo) sont incluses dans la BD AMMA-CATCH, celles acquises par les autres équipes ne sont pas incluses.

Site de Maradi (Niger)

Le site de Maradi est situé en climat sahélien dans une région où des actions sont menées pour améliorer les rendements agricoles, avec notamment des sites historiques de Régénération Naturelle Assistée (RNA) et des sites aménagés pour l'irrigation. Dans ce cadre, l'Université de Dan Dicko Dankoulodo de Maradi (UDDM), partenaire de longue date d'AMMA-CATCH s'intéresse : (i) à l'étude de l'intégration des innovations agroforestières et de conservations des eaux et sols (CES). Cette problématique est au cœur de la Jeune Equipe Associée Internationale PRESAF (2020-2022), portée par B-A. Issoufou (UDDM/FASE) et financée par l'IRD. La JEAI se focalise sur 2 sites où sont menés des suivis de la végétation avec notamment des mesures de biomasse, d'estimation de la transpiration foliaire, et des mesures des nutriments du sols; et (ii) à la quantification du renouvellement de l'eau souterraine pour une gestion durable de la ressource dans le cadre d'une irrigation raisonnée. Ce thème s'inscrit dans la continuité du projet « Grofutures » du programme UPGro (voir § B5 2). Dans ce projet, 6 sites sur le Goulbi Maradi ont été équipés de piézomètres avec enregistreurs, et d'enregistreurs limnimétriques (Co-responsables: Y. Nazoumou UAM/FAST et M. S. Abdou Babaye UDDM/FST). Les responsables nigériens souhaitent continuer un suivi de la nappe sur le long terme, au moins pour un nombre limité de sites.

L'objectif d'AMMA-CATCH pour ce site complémentaire est :

- d'assurer un suivi pluviométrique et météorologique, de compléter la caractérisation de la zone critique sur un site de RNA en incluant le bilan d'énergie et le suivi de la nappe.
- inclure ces données, ainsi que celles de biomasse faites par la JEAI PRESAF dans la base de données AMMA-CATCH

L'année 2021 est une année test pour ce site sur lequel vont être installés 3 pluviographes provenant des stations AMMA-CATCH désinstallées sur le degré carré de Niamey.

Site de Zinder (Niger)

Le site de Zinder est situé en climat sahélien, dans une région où des digues, des seuils et des barrages ont été réalisés par l'État nigérien afin de promouvoir la petite irrigation par les ménages ruraux. Ce site est suivi par l'Université de Zinder depuis avril 2019 dans le cadre du projet « Accès et usage de l'eau de surface dans la région de Zinder : impacts de la variabilité climatique et dynamique d'appropriation ». Le site est actuellement équipé d'un pluviographe, de 15 pluviomètres et d'une station climatologique. Des mesures des propriétés des sols et un suivi de 3 plans d'eau sont également réalisés. Le site est co-localisé avec des suivis piézométriques du « Plan d'Action National de Gestion Intégrée des Ressources en Eau » (PANGIRE) et un suivi des aérosols par photomètre (SNO Photon/Aeronet).

Ce site est étudié par l'Université de Zinder pour mieux comprendre pourquoi les plans d'eau ne sont pas davantage mis en valeur (l'évaluation récente fait état d'un taux de mise en valeur d'à peine 23 % autour des ouvrages). L'objectif de ce site complémentaire (resp. M. Malam Abdou) est:

- d'améliorer le suivi pluviométrique et d'évaluer la variabilité géographique des pluies
- d'inclure ces données, ainsi que celles de la station météo et des variations de hauteur des plans d'eau acquises par l'Université de Zinder dans la base de données AMMA-CATCH pour assurer leur pérennité.

L'année 2021 est une année test pour ce site sur lequel vont être installés 3 pluviographes AMMA-CATCH provenant des stations désinstallées sur le degré carré de Niamey.

B2.3 Description exhaustive du service en termes de grandeurs géophysiques

B2.3.1 Jeux de données de mesures in situ

Sept types de chroniques de données (voir tableau 1) sont suivis à pas de temps fin, avec des protocoles harmonisés et des capteurs identiques sur chaque site : pluie, eaux souterraines, eaux de surface, eau du sol, météorologie, flux surface-atmosphère, végétation. Des campagnes géochimiques spécifiques sont réalisées pour comprendre les chemins de l'eau entre les différents compartiments. Les grandeurs mesurées dans chacune de ces catégories sont synthétisées dans le tableau 1. En 2021, un total de 290 stations (850 capteurs) sont en fonctionnement dans les quatre pays (Sénégal, Mali, Niger, Bénin).

Les mesures sont regroupées en 39 "jeux de données". Un jeu de données vise à répondre à une question scientifique et se concentre sur une échelle spatiale et temporelle spécifique. Il peut s'agir soit d'un ensemble de capteurs identiques organisés en réseau (par exemple un réseau de pluviomètres, de limnimètres), soit d'un ensemble de capteurs complémentaires situés au même endroit (par exemple une station de flux composée d'une tour de flux avec bilan radiatif et flux de chaleur dans le sol). Chaque jeu de données est sous la responsabilité scientifique d'un ou deux "Principal Investigator" (PI). Un jeu de données est décrit par un DOI (Digital Object Identifier). Actuellement 26 instruments sont en fonctionnement, 12 sont arrêtés car correspondant à des objectifs atteints (caractérisation, études de processus) et 4 sont suspendus pour des raisons de sécurité (au Mali). Au moins un instrument de chaque catégorie de mesures (tableau 1) est présent dans chaque sous-région écoclimatique.

Tableau 1: Types de jeux de données et grandeurs géophysiques et biogéochimiques mesurées par le SNO AMMA-CATCH. Sur chaque site, on a indiqué le nombre *n* de jeux de données de long terme en activité, en veille (*n*), ou à venir *n**; on a ajouté pour mémoire les jeux de données qui ont été acquis sur une période intensive limitée [*n*] et qui se trouvent également dans la base de données AMMA-CATCH.

Type de jeu de données	Mésosites			Sites complémentaires				Grandeurs mesurées et pas de temps d'acquisition
	Bénin Ouémé sup.	Niger Degré carré	Mali Gourma	Sénégal Dahra - Ferlo	Sénégal Niakhar	Niger Maradi	Niger Zinder	
Pluie	3	4 [2]	1 (2)	1	1*	1* [1]	1* [1]	Pas de temps 5 min (journalier pour le site du Mali en 2021) ● pluviométrie
Eaux souterraines	1* [2]	1	(1)	-	1*	1*	1*	Pas de temps 1h à 1 jour ● Hauteur de nappe pérenne et perchée ● pH et température de l'eau ● conductivité (sur un nombre limité de sites)
Eaux de surface	2 [1]	1 [2]	(1)	-	-	-		Pas de temps 10 min à 1h suivant les bassins ● Hauteur de mare ou de rivière ● Courbe de tarage associée
Humidité des sols	1	1	(2)	(1)	1			Pas de temps 30 min ● Profils de teneur en eau du sol (0-1m) ● Profils de température du sol ● Succion de l'eau dans le sol
Météo	3	2	(1)		1	1*	1*	Pas de temps 15 minutes : ● Température de l'air ● Pression atmosphérique ● Humidité relative de l'air ● Direction et vitesse du vent

								● Bilan radiatif (rayonnement incident et réfléchi, petite et grande longueur d'onde)
Flux (H, ETR et CO2)	1	1	(1)		1			Pas de temps 30 min ● Eddy covariance (Flux de chaleur sensible et latente, flux de CO2) ● Capteur de CO2 moyen ● Flux de chaleur dans le sol
Végétation	1 [1]	1	(3)					Pas de temps décadaire (herbacées), tous les 4 ans (arbres) ● Biomasse ● LAI ● FAPAR, FCover (Uniquement au Mali) ● flux de sève [campagne]
Biogéochimie des eaux et des sols	1* [1]	1	(1)	1				[campagnes] ● Eléments majeurs et traces ● Isotopes de l'eau ● Profils C, N, P dans le sol (0-0.5m), uniquement à Dabra.
Matière en Suspension		2	(1)					Prélèvement hebdomadaire ● Concentration

On trouvera une description complète de chacun des 38 jeux de données et les DOI de données associés sur le [site AMMA-CATCH](#) ou en annexe C.

B2.3.2 les observations régionales

A l'échelle régionale, l'équipe AMMA-CATCH fournit plusieurs types de services listés dans le Tableau 2.

Elle participe aux campagnes spécifiques de Calibration-Validation (Cal/Val) de satellites à travers son réseau de mesures in situ qui est mis à disposition en temps réel pour ces campagnes. Ce type de données est rare dans cette région du monde.

Elle développe des méthodes innovantes de mobilisation des données satellitaires et in-situ sur des problématiques « surfaces continentales » de l'Afrique de l'Ouest. A partir de ces recherches, nous développons des produits, en association avec des équipes nationales ([CES Theia](#)⁷) ou internationales (ESA, NASA) auxquelles nous amenons notre expertise sur l'Afrique de l'Ouest, sa végétation et son climat.

AMMA-CATCH produit enfin des produits statistiques et a le projet de fournir des simulations hydrologiques dans les 5 ans à venir.

⁷ CES Theia : Centre d'Expertise Scientifique du pôle de données des surfaces continentales Theia

Tableau 2: Liste des produits développés par AMMA-CATCH, ou auxquels il contribue, à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest. Ces produits peuvent être à différents stades de développement (en production, en prototypage, en incubation) ou encore être des campagnes de Cal/Val.

Type de service	Nom	Objet	Stade de développement ou date de campagne	Publication(s) de référence et dont nous sommes co-auteurs
Cal/val satellitaire	SMAP Lancé en 2015	Soil Moisture Active Passive <i>Cal/val en Afrique de l'Ouest</i>	Campagnes : 2014-2016	(Colliander et al. , 2017, 2021)
	Ecostress Lancé en 2018	ECOsystème Spaceborne Thermal Radiometer Experiment on Space Station <i>Cal/val en Afrique de l'Ouest</i>	Campagnes : 2017-2019	(Fischer et al., 2020)
	SWOT (lancement prévu en 2022)	Surface Water Ocean Topography Mission <i>Cal/val en Afrique de l'Ouest</i>	Campagne en cours: 2021-2023	(Grippa et al., 2019)
	TRISHNA (lancement prévu en 2025)	Thermal infraRed Imaging Satellite for High-resolution Natural resource Assessment <i>Cal/val en Afrique de l'Ouest</i>	Campagnes à venir : 2018-2022	(Delogu et al., 2021 ; Allies et al. 2020)
Produits de télédétection	PrISM	Precipitation Inferred from Soil Moisture. <i>Leader du projet</i>	en production depuis 2019	(Pellarin et al., 2020; Roman et al., 2017)
	Evapotranspiration	Cartographie de l'évapotranspiration par imagerie satellitale CES Theia Evapotranspiration : partie Sahel	en prototypage	(Allies et al., 2020 ; Olioso et al., 2018)
	Eaux de surface	Quantité et qualité eaux de surface des lac sahéliens Partie Afrique de l'Ouest du CES Theia " couleur des eaux continentales "	en prototypage	(Robert et al., 2016, 2017)
	MODIS land	Produits végétation de MODIS <i>Participants au groupe NASA élargi 'Land Validation Team' pour les produits LAI, FAPAR et FCover.</i>	validation	(Mougin et al., submitted; Rahimi et al., 2021)
	Occupation du sol	Occupation du sol <i>Partie Sahel du CES Theia "Occupation du sol"</i>	en prototypage :	

produits statistiques	Indice de pluviométrie	Indice de pluviométrie annuelle au Sahel	production imminente	(Panthou et al., 2014 2018; Chagnaud et al. 2021)
	Extrêmes pluviométriques et hydrologiques	Courbes Intensité-Durée- Fréquence (IDF) en collaboration avec l'initiative PHI "révision des normes hydrologiques d'Afrique de l'Ouest"	en incubation	
produit simulation hydrologique	CONWA	Hyper-resolution water balance components across West Africa. <i>Fait partie des exercices de simulations continentales avec Parflow (USA, Europe)</i>	en incubation	(Cohard et al., subm.)

B3. Protocoles de mesure

Description rigoureuse des protocoles de mesures conduisant à des précisions à même de répondre aux questionnements scientifiques. Il s'agira ici d'indiquer la stratégie d'échantillonnage dans l'espace et le temps, et le cas échéant, la démarche de calibration des capteurs, des différents niveaux de traitement et de qualification de la donnée et de quantification des incertitudes.

Description des procédures de contrôle qualité. Lien avec les procédures de qualité utilisées dans les réseaux internationaux ou les IR de référence.

B3.1. Démarche de qualification des capteurs

Les données disponibles sur le portail de données AMMA-CATCH peuvent avoir deux niveaux de qualité:

- "unchecked" données calibrées mais non validées
- "validated" données à la fois calibrées, qualifiées, puis systématiquement contrôlées par une visualisation graphique de la série temporelle faite par un expert de la mesure (PI).

Tableau 3 : procédures de calibration et de qualification de la donnée pour les différents jeux de données du SNO AMMA-CATCH.

Type de jeu de données	Grandeur mesurées	Calibration des capteurs	Qualification de la donnée
Pluie	• pluviométrie	Etalonnage des augets avec pipette graduée. Récupération de l'eau de pluie dans un bidon étanche et comparaison du cumul correspondant avec le nombre de basculements mesurés. Contrôle effectué à chaque tournée.	Procédure automatique unique pour tous les sites. - contrôle seau - vérification des basculements physiquement "irréalistes": trop rapprochés ou isolés. - lorsqu'il y a un doute, les séries de plusieurs stations sont comparées. - Transformation des dates de basculements en intensité de pluie à différents pas de temps, multiples de 5 minutes.
Eaux	• Hauteur de nappe	Capteur de pression : correction de la	Vérification des sauts intempestifs.

souterraines	<ul style="list-style-type: none"> • pérenne et perchée • pH et température de l'eau • conductivité (sur un nombre limité de sites) 	pression atmosphérique pH, conductivité : solutions étalons	Comparaison avec lecture manuelle si elle existe.
Eaux de surface	<ul style="list-style-type: none"> • Hauteur de mare ou de rivière • Courbe de tarage associée • Matière en suspension 	Capteur de pression : correction de la pression atmosphérique Courbe de tarage (au moulinet ou par ADCP suivant le débit) contrôlée tous les ans prélèvement d'échantillons, filtrage et pesée sur balance de précision (au GET) après séchage à 105°C	Comparaison avec lecture manuelle (échelle limnimétrique = référence). 2-3 filtres collectés pour chaque échantillon pour enlever les outliers éventuels
Humidité des sols	<ul style="list-style-type: none"> • Profils de teneur en eau du sol (0-1m) • Profils de température du sol • Succion de l'eau dans le sol 	Etalonnage par comparaison avec des échantillons de sols prélevés in situ à deux périodes (en saison sèche et en saison humide) puis séchés au four (105°C) et pondérés par la densité mesurée par des cylindres de densité.	Visualisation des courbes d'évolution temporelle du profil de sol.
Météo	<ul style="list-style-type: none"> • Température de l'air • Pression atmosphérique • Humidité relative de l'air • Direction et vitesse du vent • Bilan radiatif (rayonnement incident et réfléchi, petites et grandes longueurs d'onde) 	Température, humidité relative. Mise en place d'abris ventilés pour éviter que l'air ne stagne dans l'abri (Bénin). Etalonnage des capteurs de rayonnement (tous les 2 ans) par comparaison avec des capteurs étalons de référence pour différentes longueurs d'onde (CMP21, pyranomètre étalon répondant à la norme ISO et CGR4, pyrgéomètre de qualité supérieure). Les mesures sont effectuées en parallèle pendant 48h en saison sèche, car l'amplitude diurne y est maximale.	Vérification que l'humidité relative atteint 100% en saison humide. La courbe d'étalonnage des capteurs de rayonnement est mise à jour tous les ans par interpolation et lissage des données de calibration.
Flux (H, ETR et CO2)	<ul style="list-style-type: none"> • Eddy covariance (Flux de chaleur sensible et latente, flux de CO2) • Capteur de CO2 moyen • Flux de chaleur dans le sol 	Calibration des analyseurs de gaz (CO2, H2O) par retour en usine tous les 2 ans (Durant cette période, le capteur est remplacé par un "spare"), ou par comparaison avec des gaz étalons. CO2 moyen, flux de chaleur : pas de calibration de ces capteurs.	Les flux de chaleur sensible latente et de CO2 sont calculés au pas de temps de la ½ heure à partir des données acquises à 20Hz en suivant la méthodologie Carboeurope ⁽¹⁾ . Les données ne sont pas gapfillées.
Végétation	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasse • LAI • FAPAR, FCover (Uniquement au Mali) • flux de sève [campagne] 	Les variables LAI, FAPAR et FCover sont estimées à partir de photographies hémisphériques prises sur le terrain (herbes et forêts), et analysées avec le logiciel Can-Eye. Biomasse estimée à partir de coupes sur le terrain, réalisées par un échantillonnage aléatoire stratifié du 1er ordre, pesées réalisées après séchage jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Flux de sève : calibration standard de la méthode de mesure (dissipation thermique / chauffage alternatif [2])	Évaluation réalisée en comparant les estimations issues du traitement des photographies hémisphériques avec des mesures planimétriques. Flux de sève : contrôle / correction de la dérive temporelle

Biogéochimie des eaux et de sols	<ul style="list-style-type: none"> ● Eléments majeurs et traces ● Isotopes de l'eau ● Profils C, N, P dans le sol (0-0.5m), uniquement à Dahra. 	Prélèvement d'échantillons d'eau et filtration. Les mesures sont faites dans des laboratoires de géochimie (HSM, CEREGE, GET) qui ont été testés par l'IRD OZCAR. Les teneurs en C, N et P sont analysées au Laboratoire des Moyens Analytiques (LAMA, IRD-Dakar).	Le LAMA est une unité certifiée ISO 9001:2015
----------------------------------	--	---	---

⁽¹⁾ CarboEurope recommendations (Mauder and Foken, 2004), including despiking, double rotation, cross-correlation for derivation of time lag between the sonic anemometer and the gas analyser, spectral corrections, Webb corrections and atmospheric stability test.

⁽²⁾ Do & Rocheteau, 2002. <https://doi.org/10.1093/treephys/22.9.649>

B3.2. Développement de méthodologies adaptées au contexte du Sud

Pour les SNO « Sud » relevant également de l'IRD : développement de méthodologies / technologies adaptés au contexte du sud ou de milieu très isolé.

Les sites suivis par le SNO AMMA-CATCH sont caractérisés par (i) des stations isolées en autonomie électrique et (ii) des conditions climatiques extrêmes (températures dans les boîtiers atteignant 60°C au Sahel, humidité relative de l'air de 100% au Bénin) et une faune très active (termites, fourmis, guêpes, serpents, grenouilles, scorpions), ce qui nous oblige à sélectionner des capteurs et des centrales d'acquisition robustes et des boîtes hermétiques, et à adapter les protocoles de visite pour garantir de bonnes conditions de sécurité au travail. L'expérience croisée sur tous les sites nous a montré la remarquable qualité des centrales d'acquisition Campbell. D'autres marques sont moins fiables (Hobo/ONSET) mais leur faible coût nous permet de doubler les acquisitions et ainsi limiter les risques de perte de données.

L'innovation principale durant la période 2017-2021 a été, à la demande des partenaires, la **mise en place de la télétransmission** (financement sur Labex osug@2020 et équipement IRD). Les objectifs de la télétransmission sont triples : (i) répondre à des projets qui demandent un accès en temps réel (alerte précoce des crues, cal/val satellitaire) ; (ii) surveiller le bon fonctionnement des appareils ; (iii) réduire le délai de mise à disposition des données du SNO. Depuis 2010, la rapide extension du réseau GSM/3G/4G (5% des zones couvertes en 2009, 70% en 2019) permet la télétransmission à des coûts raisonnables. Les équipements installés sont les mêmes sur tous les sites de l'observatoire ce qui permet d'appliquer la même solution technologique partout.

Le plan pluriannuel d'équipement en télétransmission du SNO AMMA-CATCH s'est déroulé en plusieurs étapes :

1. 2016-2019 : Test en conditions réelles des différents appareils disponibles dans le commerce. Nous avons choisi du matériel commercial lorsque cela était possible, et **développé un prototype à bas coût** pour la télétransmission des données de pluie qui sont les plus nombreuses. Ce prototype est basé sur une technologie libre (carte à microcontrôleur arduino).
2. 2016-2019 : Équipement du site du Bénin (65 stations). A cette occasion, nous avons acquis un appareil capable de mesurer précisément la couverture réseau d'un lieu donné, indispensable pour optimiser les antennes.
3. 2021 : Équipement du site du Niger (50 stations). Sur ce site, on a également un objectif de réduire la durée des tournées pour limiter l'exposition des personnels, conforté par la recommandation de la Mission Qualité Santé Sécurité Environnement de l'IRD (MQSSE) du 13/01/2020.
4. 2022 : Équipement du site du Sénégal (3 stations).

Les réseaux de téléphonie mobile ne nous permettent pas encore d'équiper toutes les stations, notamment celles situées dans des fonds de vallée et creux telles les stations de débit. Néanmoins la télétransmission permet aux équipes techniques et aux PI de suivre plus régulièrement les données

brutes, accessibles sur un ftp. Pour cela, un serveur et un automate qui traite les données et envoie des rapports quotidiens aux PIs ont été développés (**projet Gedhyt**), financés par l'IRD (spirale, 2015).

B4. Archivage des données et leur mise à disposition

Description précise des données disponibles, de leur statut juridique, des modes et droits d'accès, des métadonnées, de l'organisation, des étapes de prétraitement et traçabilité, de l'intégration dans des bases de données nationales et internationales éventuelles. Y-a-t-il un responsable technique sur cette mission ? De votre point de vue, comment évalueriez-vous votre degré de « FAIRisation⁸ » de vos données? Décrire la politique de remerciements pour l'utilisation des données et la politique de justification du statut de co-auteurs pour les responsables du SNO impliqués.

Lien avec les Centres de données nationaux et internationaux. Quelles actions et outils sont envisagés pour favoriser l'utilisation des données par des utilisateurs extérieurs ?

Les données AMMA-CATCH sont organisées en jeux de données (voir section B2). Dans le système d'information AMMA-CATCH-DB (<http://bd.amma-catch.org/>) des métadonnées standardisées décrivent de manière détaillée les jeux et les observations réalisées (objectifs, variables mesurées, appareils installés, position géographique, PIs, financeurs, etc.) afin de favoriser (i) la réutilisation des données par des utilisateurs extérieurs, et (ii) leur interopérabilité avec des systèmes d'information intégrateurs de niveaux nationaux. Au total, les données d'un jeu AMMA-CATCH sont décrites par une vingtaine de métadonnées qui suivent des normes internationales (ISO 19115⁹, O&M¹⁰ et Datacite¹¹). Des services d'échange de catalogage de données et d'accès aux données basés sur ces standards sont opérationnels et sont utilisés pour automatiser la déclaration de DOI de données. Au total, 38 [DOI de données](#) ont été déclarés en 2018 auprès de DataCite, ce qui rend les données AMMA-CATCH citables de façon unique. Cette action a été réalisée après concertation avec l'OSUG, l'IR Data Terra et les tutelles (IRD, CNRS) afin d'établir des recommandations sémantiques. Un retour d'expérience a été ensuite partagée avec les SNOs de l'IR OZCAR au sein du séminaire dédié "Quelle granularité pour les jeux de données".

Nous avons choisi de déclarer un seul DOI pour un jeu de données dynamique (qui continue à acquérir de la donnée). Il est prévu d'utiliser la notion de segments (#) pour pouvoir retrouver des sous-ensembles précis de ce jeu de données (sous-périodes, version de calibration).

Il est important que l'observatoire lui-même, ainsi que ses sites soient également citables via des identifiants uniques, c'est pourquoi nous avons déclaré 1 DOI pour l'observatoire et 3 DOI pour chacun des 3 méso-sites, portant le nombre des DOIs à 42. Les jeux de données sont reliés par des relations de "filiation" à ces deux niveaux.

Les données AMMA-CATCH sont mises à disposition selon les termes de la [Licence Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC-BY 4.0\)](#). Cette licence garantit l'ouverture des données avec pour seule condition de citer sa source. Il n'y a pas de restriction pour des usages commerciaux.

Les données sont libres d'accès mais il est nécessaire de s'authentifier sur le portail pour les télécharger. L'attribution d'un compte sur le portail est automatique et immédiate. Cette inscription nous permet d'avoir des statistiques précises sur le téléchargement des données (voir chapitre B5). En 2021, un tiers des jeux de données sont accessibles dans leur intégralité et deux tiers avec un embargo de 2 ans sur les données les plus récentes.

⁸ Certainement un « abus » de langage. On fait référence ici à la démarche FAIR des données pour la recherche.

⁹ ISO 19115/INSPIRE standard: <https://www.iso.org/standard/53798.html>

¹⁰ O&M Observation and Measurement : <https://www.ogc.org/standards/om>

¹¹ DataCite: <https://datacite.org/>

Pour tout téléchargement d'un jeu de données à partir du portail AMMA-CATCH, l'utilisateur doit cocher la case "J'ai lu et j'accepte la charte des droits d'accès aux données AMMA-CATCH". La charte d'utilisation des données est disponible en ligne en [français](#) et en [anglais](#), elle précise notamment les conditions d'utilisation.

(Extrait de la charte de données AMMA-CATCH)

2.4 Conditions d'utilisation

En cas de publication scientifique utilisant des données AMMA-CATCH, il est demandé aux auteurs :

- **Attribution** : citer (obligatoire) le DOI de l'observatoire AMMA-CATCH [<https://doi.org/10.17178/AMMA-CATCH.all>] et (facultatif) le DOI de chaque jeu de données utilisé.
- **Remerciements** : en fonction de la contribution de ces données aux résultats scientifiques obtenus, les auteurs devront soit proposer une co-signature au scientifique responsable des données, soit le remercier.

Le bon niveau de standardisation de description de nos données, tant en termes de vocabulaires de variables (mots clés GCMD) que de métadonnées utilisées (ISO-19115 pour les jeux de données, O&M pour les observations), mis en place dès 2014 par Véronique Chaffard (IR IRD), responsable du Système d'Information AMMA-CATCH, nous a permis de pouvoir immédiatement et facilement écrire le script d'intégration de nos données pour être visible sur le portail national interorganisme Theia/OZCAR dès sa mise en ligne (1/1/2020).

Le groupe de travail Theia/OZCAR a proposé un système d'autoévaluation de la "FAIRisation" des données d'un observatoire suivant les 4 dimensions du FAIR (Findability, Accessibility, Interoperability, Reusability) en y ajoutant un critère d'organisation (D).

Score de l'observatoire : AMMA-CATCH					
	F	A	I	R	D
SCORE	100%	90%	67%	89%	87%

Le score obtenu par le portail de données AMMA-CATCH est globalement bon mais il y a un effort à faire sur l'inter-opérabilité (67%). Si on recalcule ce score en considérant l'intégration des données dans [Theia/OZCAR](#) et les services qu'il offre, le score "I" monte à 83%, ce qui montre l'intérêt d'adhérer à cette démarche nationale.

Les **méso-sites** AMMA-CATCH sont également déclarés et décrits sur le portail européen [DEIMS](#) qu'utilise l'IR européenne e-LTER. Grâce à Theia/OZCAR, ce portail pourra prochainement moissonner automatiquement les informations sur les **jeux de données** des sites de l'IR OZCAR, dont ceux du SNO AMMA-CATCH.

B5. Diffusion et rayonnement scientifique

Fournir la liste des équipes ayant exploité les données du SNO, et des projets (régionaux, nationaux, européens, internationaux) réalisés avec l'aide des données du SNO (lettres de soutien à fournir en annexe). Fournir en annexe la production scientifique des acteurs et des utilisateurs des données du SNO (articles de rang A, data papers et DOI, conférences, thèses). Au sein de cette production, identifier clairement les publications où le service d'observation est explicitement mentionné dans les remerciements.

B5.1 liste des équipes ayant exploité les données du SNO (période 2016-2021)

Ces équipes ont soit publié un ou plusieurs articles, soit encadré une thèse, soit déposé un projet utilisant les données du SNO AMMA-CATCH.

Laboratoires Français	Laboratoires étrangers
<ul style="list-style-type: none"> ● UMR CEREGE, Aix en Provence ● UMR CESBIO, Toulouse ● UMR CNRM Toulouse ● UMR ECOLAB, Toulouse ● UMR ECO&SOLs, Montpellier ● UMR EMMAH, Avignon ● UMR IESS, Paris ● UMR ITES, Strasbourg ● UMR Laboratoire d'Aérodynamique, Toulouse ● UMR LaSTIG, Paris ● UMR LEGOS, Toulouse ● UMR LETG, Nantes ● UMR LISA, Créteil ● UMR LISAH, Montpellier ● UMR LMD, Paris ● UMR PALOC, Paris 	<ul style="list-style-type: none"> ● Austria Department of Geodesy and Geoinformation, TU Wien, Vienna ● Belgique Gembloux Agro-Bio Tech, Univ. Liège ● Bénin LMI REZOC ● Côte d'Ivoire LMI NEXUS ● Denmark Univ. Copenhagen, Dept. of Geosciences and Natural Resource Management ● Germany Agrosphere Institute ● Germany Karlsruhe Institute of Technology ● Germany Department of Geography, University of Bonn ● Italy Politecnico di Torino ● Maroc Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Safi ● Maroc Université Cadi Ayyad, Marrakech ● Sénégal Univ. G. Berger (UGB), Saint-Louis ● Sweden Lund Univ., Center for Environ. and Climate Res. ● Taiwan National Taiwan University, Taipei ● UK Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford ● UK Dept. of Geography, University College London ● UK Met Office Hadley Centre ● UK Queen's University Belfast ● UK Aberdeen School of geosciences ● UK British Geological Survey, Lyell Centre, Edinburgh ● USA JPL, California Institute of Technology ● USA NASA Goddard Space Flight Center

B5.2 Projets (régionaux, nationaux, européens, internationaux) réalisés avec l'aide des données du SNO (période 2016-2021)

Liste des projets réalisés avec un financement français et utilisant les données du SNO

type de projet	Nom projet Années	porteur(s) (laboratoire)	Titre	Lien avec AMMA-CATCH
ANR	HUMI-17 2017-2021	A. Alexandre (CEREGE)	Past dynamic of continental atmospheric humidity and vegetation: new insights from the triple isotopic composition of oxygen	Méthode géochimique à fort potentiel. Soutien aux observations (5 k€, voir rubrique B10)
	TIPHYC 2021-2024	C. Peugeot (HSM)	Exploration des points de bascule dans le cycle hydrologique ouest-africain	Porteur AMMA-CATCH
	CAVIARS 2013-2016	B. Marticorena (LISA)	"Climat, Agriculture et Végétation : Impacts sur l'érosion éolienne au Sahel"	Exploitation scientifique des données AMMA-CATCH
INSU - EC2CO	TranZCTropic 2020-2022	B. Hector (IGE)	Transferts de masse dans la zone critique tropicale de socle	Porteur AMMA-CATCH
	CREPE-NAAN 2019-2020	M. Grippa (GET)	CRues Eclair et Pollution des Eaux du Niger en Amont et en Aval de Niamey	Porteur AMMA-CATCH
	DELIS 2017-2020	Mougin (GET)	Dendrochronologie des ligneux sahéliens	Porteur AMMA-CATCH

INSU-EC2CO/LEFE	POPPSSS 2020-2021	Kergoat (GET)	Peut On Prévoir les Poussières en Saison Sèche au Sahel	Porteur AMMA-CATCH
INSU - LEFE	EVREST 2016	J. Demarty	EVolutions des REssources hydrologiques et végétales au Sahel agropastoral sous contrainte climatique et anThropique	Porteur AMMA-CATCH
CNES	SPLASH 2021-2023	M. Grippa (GET)	Small Ponds and Lakes in semi-Arid regions by High resolution remote Sensing	Porteur AMMA-CATCH
	TELESSAO 2018-2021	L. Kergoat (GET)	TEldétection des Eaux de Surface et Santé en Afrique de l'Ouest	Porteur AMMA-CATCH
	PIEAS (2016-2017)	G. Boulet (CESBio)	Production par Interpolation Temporelle de l'Evapotranspiration journalière issue de l'infrarouge thermique à l'Aide de données auxiliaireS	Soutien aux observations et missions sur site
	CFOSAT / CACHMIR	F. Frappart	ContinentAl Surface CHAracteristics from Multi-Incidence Radar at Ku-band	Co-porteur
AFD-IRD	CECC 2021-2025	P. Lachassagne (HSM), T. Lebel (IGE), F. Maurel (AFD)	Cycle de l'Eau et Changement Climatique au Sahel	Co-porteur ; PI de 5 actions sur 10
LMI	REZOC 2019-2023	S. Galle (IGE) & E. Lawin (INE)	Laboratoire Mixte International "Centre d'étude des Ressources en Eau et de la Zone Critique" (LMI REZOC)	Co-crédation par les chercheurs AMMA-CATCH (Sud et Nord)
	Nexus 2019-2023	A. Diedhiou (IGE) & A. Kobéa (LAPA-MF)	Nexus Climat-Eau-Energie-Agriculture en Afrique de l'Ouest et Services climatiques	Utilisation des données, partage de métrologies
Formation PEA	PEA 3EC-Sahel 2021-2025	J-P Vandervaere (IGE), Y. Nazoumou (UAM)	Partenariats avec l'enseignement supérieur africain Eau, environnement et enjeux climatiques au Sahel	Porteur AMMA-CATCH

Liste des projets réalisés avec un financement européen ou international

International	Nom projet Années	porteur(s) (laboratoire)	Titre	Point fort pour AMMA-CATCH
Europe	CASSECS 2020-2023	P. Salgado (CIRAD) & El Hadji Traoré (ISRA)	Carbon Sequestration and greenhouse gas emissions in (agro) Sylvopastoral Ecosystems in the sahelian CILSS States	Partner
	INSA 2020-2023	C. Delon (LA)	Integrated Nitrogen Studies in Africa (collaboration avec les SNO INDAAF et AMMA-CATCH)	Partner
NERC, UK	AMMA2050 P1: 2015-2019 P2: 2020-2022	C. Taylor, CEH Wallingford	African Monsoon Multidisciplinary Analysis by 2050.	porteur du WP IDF curves
UpGRO, NERC & UKaid, UK	Grofutures 2017-2020	G. Favreau (IGE) et J. Kashaigili (Tanzania)	Groundwater Futures in Sub-Saharan Africa	co-porteur AMMA-CATCH
Via Water et Aqua for All, NL	Noeva 2017-2019	F. Lawson (INE)	NOEVA: HydroGeophysics in Coastal zone of Benin, Improving the knowledge of groundwater resources	Porteur AMMA-CATCH
Omi-Delta, NL	AGIRES 2019-2021	F. Lawson (INE)	Actions pour une Gestion Intégrée des Ressources en Eaux Souterraines (Suite de NOEVA)	Porteur AMMA-CATCH
Formation Erasmus+	MAREMA 2016-2020	V. Borrell Estupina (Univ. Montpellier)	Master Ressources en Eau et Risques Environnementaux dans les Métropoles Africaines	Enseignants du SNO AMMA-CATCH

Formation edX online course	Mooc l'eau et les sols 2016-2020	Univ. Catholique de Louvain	L'eau et les sols – Hydrodynamique des milieux poreux	Enseignants du SNO : J-P Vandervaere (IGE), M. Malam Abdou (UZ)
-----------------------------	---	-----------------------------	---	---

B5.3 Téléchargement des données

Fournir des éléments concernant l'accès aux données par des groupes utilisateurs (nombre de connexions, produits et volumes de données téléchargées, pays d'origine des connexions, etc.).

Le portail de données AMMA-CATCH demande une authentification, ce qui nous permet de distinguer les types d'utilisateurs : "Public" (extérieur au SNO) ou "partenaire" du SNO, leurs pays, regroupés par continent (Figure 3a), ainsi que le type de données téléchargées (Figure 3b).

Depuis la mise en ligne du portail de données AMMA-CATCH-DB, le nombre de téléchargements des partenaires du SNO est stable (autour de 100 par an) et celui des extérieurs croît chaque année (de 89 en 2015 à 286 en 2020). La part des chercheurs africains (hors SNO) reste faible alors que celle des chercheurs d'Asie croît rapidement.

Les données AMMA-CATCH d'humidité des sols sont également téléchargeables sur le portail de données "International Soil Moisture Network" (ISMN). Ce portail a une grande visibilité et les jeux AMMA CATCH (7 stations) ont été téléchargés 464 fois en 2020. ISMN a développé son propre système de critique des données (Dorigo et al., 2013), les données AMMA-CATCH sont estimées de qualité "good" à 97.5%. Cette bonne qualité, alliée au fait qu'il y a peu de données en Afrique, les rend attractives et bien qu'elles ne représentent que 0.3% des jeux de données ISMN, elles représentent 16% des téléchargements totaux.

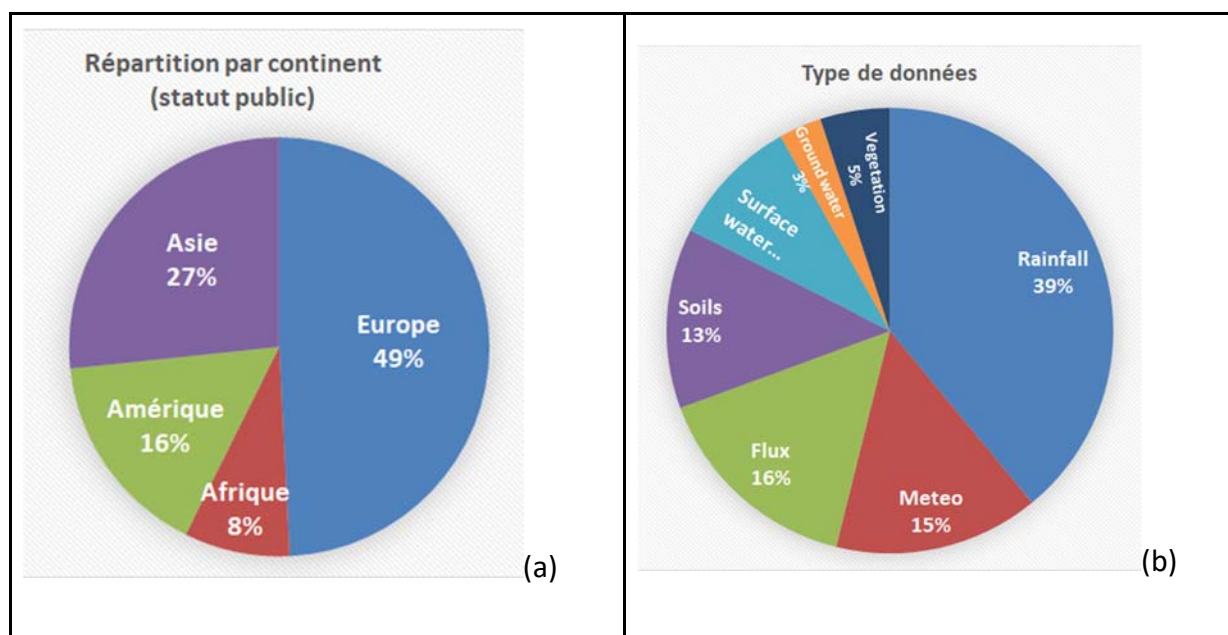


Figure 3: Téléchargement des jeux de données [2017-2020] par des utilisateurs **extérieurs au SNO** : (a) par origine des utilisateurs et (b) par type de jeux téléchargés.

B5.4 Utilisation par des modèles

Indiquer si les données du SNO sont utilisées par des modèles, et si oui lesquels et pour quel objectif ?

Les données du SNO AMMA-CATCH sont utilisées par des modèles avec les objectifs suivants :

- mettre en évidence les processus dominants (Delon et al., 2021; Delon et al., 2019; Delon et al., 2017; Diawara et al., 2018; Diawara et al., 2020; Hector et al., 2018; Gal et al., 2017; Pierre et al., 2016; Rahimi et al., 2021; Tagesson et al., 2016; Wendling et al., 2019)
- forcer et évaluer les limites des modèles existants en climat intertropical (expérience ALMIP-2 : Getirana et al., 2017; Rashid et al., 2019; Grippa et al., 2017; Poméon et al., 2018)
- évaluer localement des modèles régionaux (Diallo et al., 2017; Chagnaud et al., 2020, Poméon et al., 2017)
- créer des produits basés sur la combinaison d'approches de modélisation et de données de télédétection : estimation des pluies avec SMOS (Pellarin et al., 2020), estimation de l'ETR (Allies et al., 2020; Delogu et al., 2018; 2021; Olioso et al., 2018; Hsaine et al., 2018), estimation de l'humidité du sol (Blarel et al., 2018; Faye et al., 2018), estimation des pailles sèches (Kergoat et al., 2015), phénologie de la végétation (Pierre et al., 2016)

B5.5 Utilisation dans d'autres contextes

Les données sont-elles utilisées dans d'autres contextes que la recherche (bureaux d'études, contrats de partenariat ou prestations basées sur les données du SNO...)?

- Bureau d'étude isardSAT de Barcelone : développement d'un produit opérationnel pour les gestionnaires de criquets pèlerin, incluant l'humidité du sol provenant de la télédétection (Escorihuela et al., 2018)
- Données utilisées pour générer des **services climatiques et outils d'aide à la décision** à partir des nouvelles estimations des extrêmes pluviométriques (Panthou et al. 2014, 2018), et hydrologiques (Wilcox et al., 2018) mis en évidence par le SNO dans la sous région:
 - **Courbes intensité-durée-fréquence** utilisées pour dimensionner des ouvrages hydrauliques (ponts, digues, barrages) avec des applications sur les sites de mesure AMMA-CATCH (Panthou et al. 2014; Chagnaud et al., 2021) et sur d'autres pays de la sous-région: en lien avec l'agence nationale de la météo au Sénégal (Sané et al. 2018) et la municipalité de Ouagadougou au Burkina Faso (Vischel et Panthou, 2019).
 - **Cartes d'inondation** à Ouagadougou (Senior et al. 2021; Miller et al. submitted).
- Données utilisées pour des prestations à bureau d'étude:
 - Prestation pour [BRL Ingénierie](#) dans le cadre de l'étude du réseau d'assainissement de Niamey.

B6. Communication, formation, diffusion des connaissances, impact socio-économique et enjeux pour les ODDs

D'autres aspects pourront être évoqués tels que la stratégie de communication, les programmes de formation et d'enseignements associés, ainsi que la diffusion de la connaissance.

Relations éventuelles avec les secteurs socio-économiques : la nature des liens devra être clairement explicitée, et les objectifs du partenariat bien identifiés.

B6.1 Communication et diffusion des connaissances

Le site web de l'observatoire (www.amma-catch.org) est destiné à la fois à l'ensemble de la communauté AMMA-CATCH, aux utilisateurs de données, au grand public et aux institutions qui

soutiennent l'observatoire. Il présente l'observatoire (les objectifs, son implantation géographique et les données collectées). Il permet de diffuser des informations générales, de lister les publications, de communiquer sur les actions en cours, de visualiser les dernières observations des campagnes de collecte en cours, et bien sûr d'accéder à la base de données. Il est dynamique et mis à jour régulièrement (~15j) et disponible en 3 langues (Français, Anglais, Espagnol). AMMA-CATCH est également présenté sur les sites des UMR et OSU partenaires, et sur les sites OZCAR, CZEN, THEIA et DEIMS. Outre la communication vers la sphère académique par la publication d'articles scientifiques, le SNO est également présent sur des médias grand public, ce qui permet d'expliquer les faits d'actualité au public et aux journalistes. Par exemple, les modifications du régime pluviométrique et d'occupation des sols entraînent régulièrement des situations de crise, comme les inondations majeures à Niamey en 2020. Le public souhaite alors être très rapidement informé et les journaux grand public se tournent vers les observatoires (Le Monde 19/9/20, L'Humanité 29/9/20). Suite à ces demandes, nous avons rédigé un article dans The conversation ([Inondations en Afrique : une nouvelle ère hydroclimatique](#)), qui nous a permis d'expliquer ces phénomènes complexes dans un langage accessible. Les précédents articles écrits à l'occasion du colloque international organisé à Niamey (The conversation 2018a, 2018b) ont tous deux été repris par trois articles parus dans L'Obs et le Monde.

Une réflexion va être engagée, avec l'appui du service de communication de l'IGE, pour renforcer la visibilité de l'observatoire. Les actions envisagées concernent une migration du site web sur une plateforme plus moderne et plus dynamique, une diffusion plus large des nouvelles de l'observatoire, via les sites web des laboratoires, des tutelles et des médias thématiques. Une réflexion est en cours concernant la présence de l'observatoire sur les réseaux sociaux (twitter). Cela augmenterait sa visibilité notamment vis à vis de la presse et des tutelles mais cela demande d'identifier une personne chargée de s'en occuper et de lui déléguer du temps. Cette stratégie s'inscrit dans la continuité de la refonte du logo de l'observatoire en 2018.

B6.2 Formation

AMMA-CATCH contribue à la formation continue (ingénieurs et techniciens des institutions partenaires), notamment sur les nouveaux capteurs et la métrologie, mais aussi à la formation initiale, par l'intervention de personnels du SNO dans les enseignements de Master au Nord et au Sud en présentiel (MAREMA) ou par Mooc (L'eau et les Sols), l'encadrement de stagiaires et doctorants (9 doctorants dont 6 du Sud ont soutenu leur thèse durant la période 2017-2021, 13 sont en cours dont 10 du Sud); la mise à disposition de sites et de matériel pour des écoles de terrain ou le montage de projets innovants dans l'enseignement supérieur (i.e.: projet de Partenariats avec l'Enseignement Supérieur Africain 3EC-Sahel, de l'Université Grenoble Alpes et l'Université Abdou Moumouni à Niamey, accepté en juillet 2021). Voir le tableau récapitulatif des projets section B5.

B6.3 Liens avec les ODDs

Les données de l'observatoire sont mobilisées dans des projets de recherche plus appliquée en lien avec plusieurs ODD¹², financés par ailleurs, et dans lesquels AMMA-CATCH apporte son expertise sur les jeux de données et les processus associés : prévention du risque d'inondation et services climatiques (ODD 13.1), sensibilisation et diffusion des savoirs auprès de différents publics tant au Sud qu'au Nord (ODD 13.3), révision des normes hydrologiques en Afrique de l'Ouest (projet CECC AFD-IRD, 2021-2024) (ODD 13.2), évaluation du renouvellement des ressources en eaux souterraines, définition de périmètre de protection pour les forages d'alimentation en eau potable (LMI REZOC, 2019-2022) et évaluation des matières en suspension dans l'eau en lien avec la contamination des eaux et l'aléa sanitaire (CREPE-

¹² ODD 6 : eau et assainissement ; ODD 13 : lutte contre les changements climatiques ; ODD 4 : éducation de qualité

NAAN, 2019-2020) (ODD 6). Ces travaux ont vocation à avoir un impact socio-économique sur les sujets concernés. Les sites complémentaires proposés avec les partenaires du Sud visent à renforcer les liens avec les territoires et mieux contribuer à l'élaboration de solutions durables.

B6.4 Impacts socio-économiques et innovation

En matière d'innovation technologique, le SNO se positionne dans la philosophie de la science ouverte et de la « science de la durabilité », et promeut l'utilisation et le développement de capteurs frugaux, adaptés aux conditions climatiques intertropicales et aux sites isolés. Un prototype d'enregistreur télétransmis à bas coût pour les données de pluies a été développé et est en phase de test. Ces développements se font sous licence libre et sans logique marchande. AMMA-CATCH participe au projet Equipex+ Terra Forma (2021-2029), porté par l'IR OZCAR, pour développer et déployer des réseaux de capteurs environnementaux intelligents. Ce projet succède au projet Equipex Critex (2013-2020) sur l'instrumentation innovante où les chercheurs du SNO AMMA-CATCH étaient Pls de plusieurs instruments du WP1 "échanges sol-atmosphère (WP1.1: développement d'un scintillomètre micro-ondes; WP1.2: tour de flux et scintillométrie infra-rouge) et du WP6 "explorer sous la surface" (WP6.2: Résonance magnétique, WP6.3: Tomographie de résistivité électrique (ERT)).

B7. Apports aux communautés nationale/européenne/internationale. Lien avec les IR

Liens avec d'autres SNO, insertion du SNO dans le dispositif de recherche français (régional, national, IR), insertion européenne et internationale, appartenance à un réseau européen ou international d'observation (lettres de soutien à fournir en annexe). Actions mises en œuvre pour ouvrir le SNO à des équipes extérieures.

Pour les SNO « Sud » relevant également de l'IRD : 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 SNO.

Le SNO AMMA-CATCH s'est attaché à construire et maintenir son insertion dans le dispositif de recherche français, les réseaux nationaux et internationaux.

Il est intégré à l'IR OZCAR, où il a deux représentants (1 titulaire, M. Grippa, et 1 suppléant, J. Demarty) dans le comité exécutif. Les membres du SNO sont également très actifs dans l'animation d'OZCAR avec le co-portage du WP1 ("portail de données et métadonnées"), l'implication dans plusieurs groupes thématiques transverses dans le cadre du WP 4 (« Boucles de rétroactions, animation C. Peugeot », « Rivières intermittentes » (Fovet et al., 2021), « Flux particuliers »), et dans l'école d'été OZCAR "La Science de la Zone Critique : le socle commun de connaissances à partager" (cours « hydrologie » et TP « télédétection »). Les membres du SNO ont également beaucoup contribué à l'ANR CRITEX en partageant leurs expertises dans plusieurs WP (voir section ci-dessus) et en organisant les journées Critex à Autrans en mai 2017 (100 participants).

Certains réseaux de mesure du SNO AMMA-CATCH sont co-localisés avec plusieurs réseaux d'observatoires spécialisés (tableau 4) et des collaborations scientifiques sont en cours sur l'exploitation des données conjointes des observatoires INDAAF (e.g. Kergoat et al 2017; Pierre et al 2018; Delon et al., 2017, 2019, 2021), IGETS (Hinderer et al 2020, Hector et al., 2015).

AMMA-CATCH est fortement impliqué dans le pôle Theia à la fois dans le développement du Système d'Information (voir section A-15) mais aussi dans les activités de recherche pour le développement de produits issus de la télédétection en collaboration avec plusieurs CES Theia (« humidité de surface », « hauteur de lacs et de rivières », « occupation du sol », « couleur de l'eau continentale », « évapotranspiration », « cartographie et suivi de surface en eau »).

Le SNO est également visible au niveau international, au travers du réseau d'observatoires de zone critique (International Critical Zone Exploration Network, CZEN) qui anime régulièrement des sessions durant l'AGU fall meeting. La prochaine session portera sur les "transformative approaches in Critical Zone science". Les données du SNO alimentent des bases de données internationales, comme celles de l'International Soil Moisture Station network (ISMN (tableau 4), qui permettent une valorisation internationale des données (Al Yaari 2019; Liu et al., 2017; Colliander 2017, Dorigo et al., 2015) et font un retour régulier sur la qualité de nos données (Dorigo et al., 2013).

Les sites du SNO restent ouverts à l'accueil et l'accompagnement d'autres équipes de recherche. Dans le cadre de l'ANR HUMI-17, portée par le CEREGE, les sites du Sénégal et du Bénin accueillent depuis 2018 un dispositif expérimental permettant d'échantillonner eaux, sols et plantes pour des analyses isotopiques innovantes (triple composition isotopique de l'oxygène), et le site du Bénin héberge depuis 2010 l'un des deux seuls gravimètres supraconducteurs en Afrique, dans le cadre d'une collaboration avec l'Institut Terre et Environnement de Strasbourg, en Alsace (ITES, ex-EOST).

Les partenaires "sud" principaux que sont l'Université Abomey-Calavi (Bénin), l'Université Abdou Moumouni (Niger), l'Université de Bamako (Mali) et l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar sont directement impliquées dans le SNO et le suivi des mesures in-situ (plusieurs instruments sont gérés par des co-PIs des UMR française et des Universités partenaires). Ces collaborations de longue date vont être davantage renforcées grâce à une plus large ouverture de la gouvernance de l'observatoire vers les partenaires du Sud, par une refonte de l'organigramme, l'identification de binômes effectifs aux principales fonctions de coordination (voir B8 ci-dessous), et l'identification de sites complémentaires portés par des collègues du Sud sur leurs problématiques (voir B3).

Au-delà des collaborations avec ses partenaires, le SNO entretient de fortes collaborations avec d'autres organismes du Sud tels que le centre AGRHYMET (CILSS), les Directions Météorologiques Nationales et celles chargées des ressources en eau (Bénin, Mali, Niger).

Tableau 4 : Lien avec d'autres Observatoires/ réseaux de mesures

Observatoire colocalisé	IGETS 2010-en cours	J. Hinderer (EOST)	International Geodynamics and Earth Tide Service. IGETS monitor temporal variations of the Earth gravity field through long-term records from ground gravimeters	Site de Nalohou (Bénin). Le gravimètre renseigne sur le contenu en eau intégré du sol.
Observatoire colocalisé	INDAAF 1992- en cours	B. Marticorena (LISA) et C. Galy Lacaux (LA)	International Network to study Deposition and Atmospheric composition in Africa	Sites de Banizoumbou (Niger), Djougou (Bénin) et Dahra (Sénégal)
Réseau de mesure international	ISMN 2010- en cours	Dorigo et al. (coalition internationale)	International Soil Moisture Network, a data hosting facility for global in situ soil moisture measurements	Distribue les données d'humidité des sols (Bénin et Niger), (Al Jaari et al., 2019)
Réseau de mesure international	CZEN 2011-en cours	Banwart et col (coalition internat)	CZEN, the international Critical Zone Exploration Network	Sites Mali, Niger Bénin

B8. Gouvernance

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

Le cas échéant, détailler l'organisation du SNO dans son fonctionnement opérationnel et son animation scientifique. Si le SNO possède une direction scientifique distincte de la direction opérationnelle, préciser également leur fonctionnement (fréquence de réunion...).

Préciser, si besoin, quel mode de gouvernance est adopté dans le SNO (animation et communication internes, co-responsabilités, etc...).

L'observatoire est structuré selon deux dimensions (fig. 4), l'une **géographique**, qui pilote les observations (sites Mali/Sénégal, Niger, Bénin et échelle régionale) et l'autre **thématique**, qui organise la production de connaissances, selon quatre axes: i) tendances multi-décennales des aléas hydro-climatiques (passées/projections); ii) dynamique de la végétation et d'occupation des sols, et ses interactions avec le cycle de l'eau; iii) trajectoires des ressources en eau (quantité/qualité, passé/projections) et iv) métrologie, veille technologique et innovation pour l'observation en zone intertropicale.

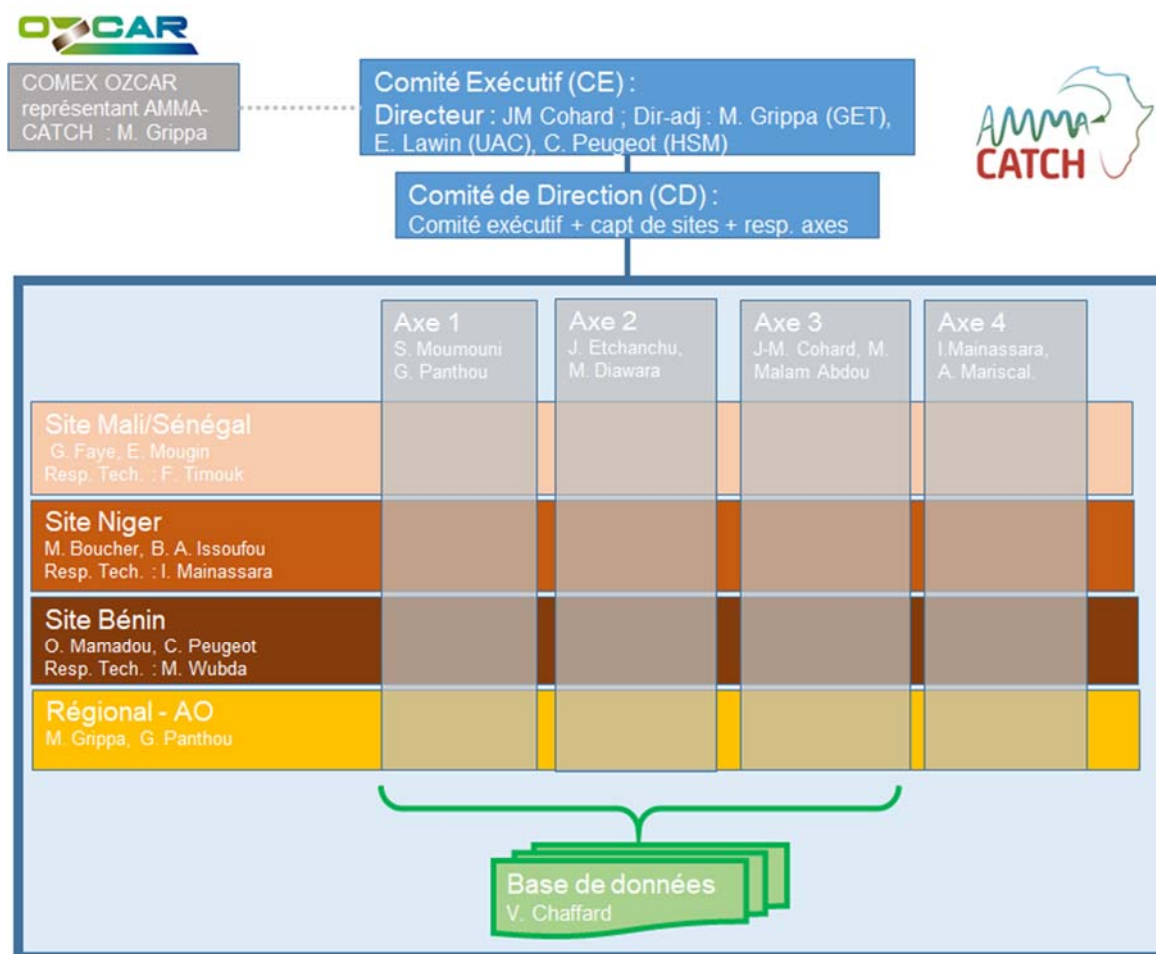


Figure 4: Organigramme structurel de l'observatoire AMMA-CATCH

La gouvernance est organisée à deux niveaux par un **comité exécutif (CE)** et un **comité de direction (CD)**, qui rassemble le CE et les coordinateurs d'axes et de sites. Autour du directeur de l'observatoire, le CE rassemble 3 co-directeurs/directrices, qui représentent les UMR HSM et GET qui co-portent l'observatoire au Nord, et un représentant désigné par les institutions partenaires qui le co-portent au Sud. Le CE est une instance "agile" capable de réagir rapidement aux sollicitations, et chargée du suivi des décisions prises par le CD. Il se réunit au minimum une fois par mois. Le CD se réunit tous les 2 à 3 mois, rend des arbitrages sur la stratégie de l'observatoire et la répartition des budgets, et assure le suivi du travail des groupes et des axes. Le CD organise également les journées scientifiques annuelles, moment clé de l'animation scientifique de l'observatoire durant lesquelles sont présentés les derniers résultats scientifiques. Une partie du programme des journées est consacrée à la réflexion prospective et stratégique.

Les sites sont pilotés par un binôme Nord-Sud (“capitaines” de sites), chargé de la cohérence scientifique et logistique du réseau instrumental. Il coordonne les actions de terrain nécessaires à l’évolution du dispositif d’observation, 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 responsables de mesures qui ne font pas partie de l’observatoire. Les responsables de site garantissent la bonne alimentation de la base de données avec les observations recueillies sur leur site. Les responsables de l’échelle régionale pilotent les initiatives qui dépassent le cadre des sites d’observation. Cela comprend d’une part l’agrégation de données issues d’autres institutions ou projets, le sauvetage de données, etc., et d’autre part les données et produits satellites ou encore les sorties de modèles à l’échelle régionale (voir tableau 2). Le tout constitue un ensemble de données produites, conservées ou diffusées par l’observatoire et qui, une fois rassemblées, permettent de construire des nouveaux produits spécifiques pour la communauté scientifique et les différents acteurs de la société.

Les **axes thématiques** sont également pilotés par des binômes, chargés de coordonner les recherches relevant de chaque thème en intersites, de conserver une vision d’ensemble des protocoles d’observations déployés sur chacun des sites, et d’assurer l’animation dans et entre les axes thématiques. Chaque axe peut s’emparer d’une question scientifique et/ou méthodologique afin de valoriser les données de l’observatoire.

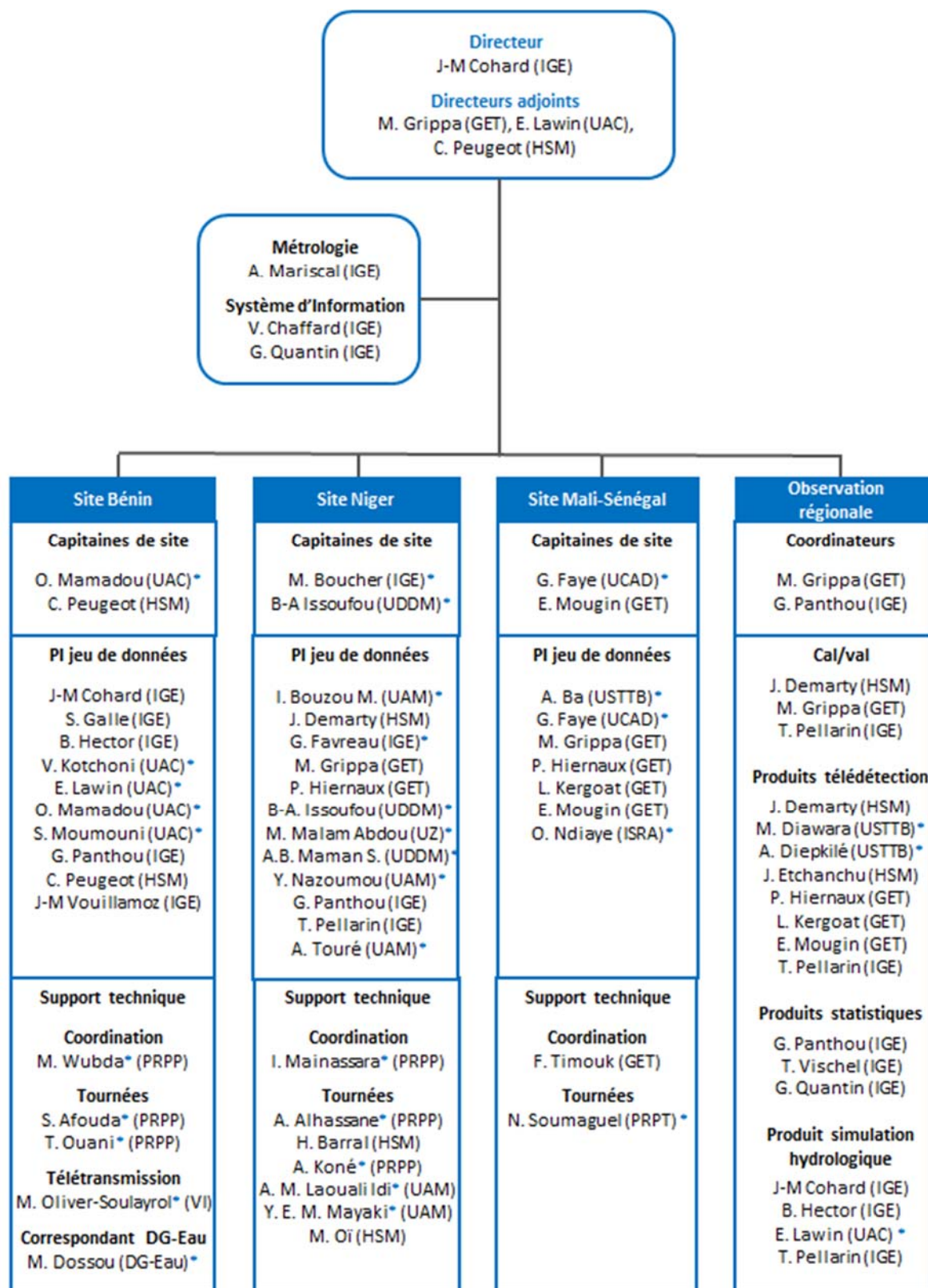
B9. Fonctionnement et ressources humaines (hors exploitation scientifique)

Fournir un organigramme présentant un état des lieux de l’organisation du service et de ses ressources instrumentales et humaines. L’organigramme doit s’accompagner d’un engagement de l’unité hôte (OSU, UMR, UMS) à l’inscrire dans ses priorités d’attribution de moyens humains en cas de labellisation (lettres d’engagement à fournir en annexe).

Pour les personnels il s’agit de ceux impliqués dans la réalisation de la mission du SNO (à distinguer des personnels assurant l’exploitation scientifique). Les ressources humaines seront comptabilisées en personnes mois (pm/an) sur la base du temps réel effectué. Les organismes d’appartenance et les corps des personnels seront précisés à l’aide d’un tableau.

Organigramme des personnels impliqués dans la réalisation des tâches d'observation du SNO au 16/7/21

(Voir le détail de la contribution (employeur, grade, ETP) des 53 personnes en annexe B)



* : Personne présente sur site

B10. Budget

Les ressources financières de toutes origines doivent être prises en compte dans le tableau suivant, en distinguant les ressources récurrentes sur les 4 dernières années et occasionnelles. Indiquer également le budget prévisionnel pour la période 2022-2026.

Ressources récurrentes sur 2017-2021			Ressources occasionnelles sur 2017-2021		
Origine ¹	Montant (k€)	Commentaire	Origine	Montant (k€)	Commentaire
IRD	75		Labex Osug@2020	26	2017-2018
CNRS-INSU	38		Equipement IRD flux de surface	88	2018-2019
OSU OSUG	15	Appel d'offre annuel	Equipement IRD télétransmission	39	2021
OSU OREME	4	subvention annuelle	ANR HUMI-17	5	2017-2021
OSU OMP	3	Appel d'offre annuel	OZCAR	5	Analyse géochimiques
			IRD colloque	8	Colloque int. Niamey - Niger, 12-14 nov 2018 (total 45 k€)
			UGA colloque	1	
			OSUG colloque	9	
			OREME colloque	1	
			SCAC Niger, Mali	17.8	
			IRD Niger	1.7	
			Agrhymet Niger	1	
			SFR Racines Niger	5.5	
			Universités UDDM et UZ (Niger)	2	2021
TOTAL	135 k€/an		TOTAL	210 k€	[2017-2021]

¹exemples : CNRS-INSU, CNRS IR-TGIR, CNRS-Autres, CNES, CPER, Interne OSU, Interne UMR, CPER, Région autre que CPER, ANR autre que PIA, Projet européen FEDER, Projet européen hors FEDER, ou Autre (préciser)

Dépenses récurrentes sur 2017-2021			Dépenses occasionnelles sur 2017-2021		
Nature ²	Montant (k€)	Commentaire	Nature	Montant (k€)	Commentaire
Equipement (jouvence annuelle)	6	Bénin	Equipement télétransmission	26	Bénin
	6	Niger		34	Niger
	6	Mali-Sénégal		5	Sénégal
Missions (tournées de terrain)	45	Bénin	Equipement Flux de surface	48	Bénin
	27	Niger		33	Niger
Missions (techniques)	13	Mali-Sénégal	Tournées de terrain	5	Bénin 2017-2021
	3	France-Bénin		Niger (Maradi et Zinder) 2021	
	3	Bénin-Niger			
Missions (Animation)	2	Niger-France	Analyses géochimiques	2	
	12	Atelier annuel (25 personnes, 3 jours)		5	Bénin

Fonctionnement (hors missions)	5 2.2 1.8 3	Base de données Etalonnage flux Abonnement GPRS Petit matériel	Colloque Internat. Niger (100 participants 15 nationalités)	2 1.5 6 0.8 1.7 12 21	Salle Traduction Repas Bus Secrétariat Invités Europe Invités Afrique
TOTAL	135 k€		TOTAL	210 k€	

²CDD-stagiaires, équipement, fonctionnement, ou missions

Demande de soutien sur 2022-2026		
Nature ²	Montant (k€)	Commentaire
Equipement	18	Jouvence annuelle des instruments (10% du matériel installé)
Tournées de terrain	85	Frais de tournées, frais véhicules et gasoil. Augmentation suite à l'accord d'établissement au Bénin (2020)
Missions techniciens	8	Etalonnage flux et météo, suivi technique Niger
Mission autres	12	Atelier annuel (3 chercheurs Africains invités)
Fonctionnement	5 7	Base de données Divers (abonnement, réparation, petit matériel)
TOTAL	135 k€/an	

Pour les SNO « Sud » relevant également de l'IRD : Estimation des financements directs/indirects et des moyens mis par les partenaires du Sud pour contribuer au fonctionnement du service (logistique, laboratoires, équipements, ressources techniques, ...)

Partenaires Sud (hors salaire)					
Financements indirects sur 2017-2021			Ressources occasionnelles sur 2017-2021		
Origine ¹	Montant (k€)	Commentaire	Origine	Montant (k€)	Commentaire
Bénin (DG-Eau)	7	7 bureaux prêt d'un zodiac	Agrhymet Niger	1	Colloque international
Bénin (UAC)	4	4 bureaux	SFR Racines Niger	5.5	Niamey - Niger, 12-14 nov 2018
Niger (UAM, UDDM, UZ)	6	6 bureaux	UAM Niger	0.5	
Mali (USTTB)	1	1 bureau	Universités UDDM et UZ (Niger)	2	Co-financement des tournées à Maradi et Zinder 2021
Sénégal (UCAD, ISRA)	2	2 bureaux			
TOTAL	20 k€/an		TOTAL	7.5 k€	[2017-2021]

B11. Difficultés rencontrées

Difficultés internes et externes auxquelles a fait face le SNO pour son fonctionnement. Quelles évolutions envisagez-vous pour les contrecarrer ?

B11.1 Impact de la pandémie de covid-19 sur le fonctionnement du SNO

Depuis 2020, la pandémie a touché successivement tous les pays du SNO (France, Bénin, Niger, Mali, Sénégal). Chaque pays a pris des mesures différentes, auxquelles se sont ajoutées les consignes des tutelles pour leurs agents. Pour AMMA-CATCH, la Covid-19 a affecté les tournées, les journées annuelles de l'Observatoire et les formations des personnels techniques.

Toutes les tournées ont été suspendues à partir du 16 mars 2020 pour une durée de 2.5 à 3 mois, durant laquelle la saison des pluies a commencé. Les enregistrements sont donc lacunaires au Niger en début de saison des pluies. Au Bénin, la plupart des appareils automatiques ont fonctionné pendant le confinement mais certains se sont arrêtés et ont perdu des données.

Les journées annuelles d'AMMA-CATCH, prévues initialement à Autrans (France) du 25 au 27 mars 2021, ont été reportées du 18 au 20 novembre et se sont déroulées en visioconférence. Ce mode de communication a permis à un plus grand nombre de chercheurs de participer, particulièrement les partenaires du Sud (Niger, Bénin, Mali, Sénégal). Nous sommes passés de 30 participants en présentiel les années précédentes (dont 4 partenaires Sud invités), à 60 en visioconférence (dont 20 partenaires du Sud).

Une formation collective du personnel technique IRD au Niger, Bénin et Mali était initialement prévue à Grenoble en marge des journées annuelles AMMA-CATCH. Cette formation a été reportée au deuxième semestre 2021.

B11.2 Jouvence des instruments

Le coût total du matériel installé par AMMA-CATCH est de 550 k€. Si l'on considère que la durée de vie moyenne d'un appareil est de 15 ans (durée optimiste dans la mesure où nos instruments sont éprouvés par un climat tropical, périodiquement en limite de leurs gammes thermique ou hygrométrique de fonctionnement), le budget de jouvence annuel d'AMMA-CATCH devrait être de 36 k€/an. Le soutien récurrent ne permet de disposer que de 18 k€/an. La jouvence est donc trop souvent notre variable d'ajustement et prend du retard. Les crédits libérés par les événements annulés à cause du covid (journées AMMA-CATCH, missions en France annulées, etc) ont été utilisés pour la jouvence des instruments. Des demandes spécifiques d'équipement IRD ont été dédiées à la jouvence de certains instruments tels que les systèmes d'Eddy-Covariances pour la mesure des flux d'évapotranspiration.

B11.3 Sécurité au Sahel

Les conditions sécuritaires au Sahel se sont dégradées progressivement depuis une dizaine d'années.

Le site du Mali a été le premier impacté par les conditions sécuritaires. Le nord du site de méso-échelle a toujours fait l'objet de mesures de précautions particulières par nos équipes, visant à assurer la sécurité des personnels du SNO et des partenaires maliens, en minimisant les risques d'attaques et d'enlèvements. Cependant, le vandalisme et le vol d'une grande partie des instruments installés sur place nous ont conduit ces dernières années à démonter les instruments encore utilisables, puis à les ré-installer pour partie au Sénégal. Les observations restantes concernent le suivi des pluies et de la végétation. Elles ont été limitées à proximité de la ville de Hombori, dans ce qui constituait le super-site AMMA-CATCH. Les observations sont assurées par un observateur local qui s'adapte au jour le jour, à l'évolution de la situation sécuritaire.

Au Niger, en 2017 l'observatoire était situé en zone classée « orange » par le MEAE français mais hors de la zone d'état d'urgence définie par l'Etat nigérien. Les déplacements sur le terrain des personnels français étaient alors limités et sous escorte policière. En avril 2019, la procédure « mission en zone orange (MZO) » a été étendue par l'IRD au personnel salarié de recrutement local. Cette procédure a nécessité des démarches administratives supplémentaires qui ont retardé la première mission de l'année entraînant des lacunes sur les données en début de saison des pluies. Dans le cadre de cette procédure, il a été interdit aux personnels locaux de passer les nuits dans les villages et il a été demandé

de réduire au maximum les nuits passées dans les chefs-lieux. Cela a induit une augmentation des trajets pour les tournées et donc une augmentation des coûts (carburant et fonctionnement des véhicules) ainsi que de la fatigue supplémentaire pour les agents.

Le 9 août 2020, un attentat s'est produit près de Kouré, à 60 km à l'est de Niamey. En conséquence, l'ensemble du Niger à l'exception de la communauté urbaine de Niamey a été classé en « zone rouge » (i.e. formellement déconseillé) par le MEAE français et l'Etat nigérien a étendu la zone d'état d'urgence sous contrôle policier aux départements où est situé l'observatoire qui reste toutefois en dehors de la zone militarisée.

Les tournées de l'observatoire AMMA-CATCH au Niger ont donc été suspendues en août 2020, la sécurité des personnels étant une priorité absolue. Après avoir consulté l'ambassade de France, le personnel local IRD et nos partenaires nigériens, une autorisation exceptionnelle de déplacement en zone rouge a été accordée par la DG IRD pour une mission de fin de saison des pluies qui a permis de récupérer les données et de mettre les équipements scientifiques à l'abri pour la saison sèche. Cette mission s'est déroulée avec une escorte de la police nigérienne du 24 au 29 novembre 2020.

En 2021, il a été choisi de faire évoluer le dispositif non seulement pour s'adapter aux nouvelles conditions sécuritaires mais aussi dans la perspective de mieux répondre aux questions scientifiques identifiées dans le cadre de la prospective. Il a été décidé qu'une plus grande partie de la gestion et du suivi opérationnel de l'observatoire soit assurée par les partenaires universitaires nigériens. Ces derniers disposent de davantage de possibilités de circulation (zones militarisées seules soumises à restrictions), circulent avec des ordres de déplacement de leur Université (moindre visibilité) et ont accès à des informations plus directement contextualisées que les équipes IRD pour s'adapter en cas de dégradation de la situation. Ainsi la mission d'installation de début de saison des pluies 2021 a été effectuée par les partenaires, après une première formation de ses agents techniques à la représentation de l'IRD dans la ville de Niamey. En 2021, la télétransmission des données du Niger (financement IRD équipement) permettra d'optimiser les interventions des techniciens lors de leurs tournées avec un souci de sécurité pour les personnels et d'efficacité.

B12. Aspects remarquables du SNO sur la période d'évaluation [2017-2021]

Quels sont les points forts que vous souhaitez mettre en avant pour votre SNO ?

Les points forts du quinquennat concernent à la fois le dynamisme de la communauté, la FAIRisation des données, la valorisation des résultats et la montée en puissance des collègues du Sud dans l'animation et la direction du SNO.

- **La forte intégration et implication de la communauté AMMA-CATCH dans OZCAR.** AMMA-CATCH est membre du COMEX OZCAR, et co-porteur du WP1 (données). Le SNO a proposé et anime le thème transverse OZCAR 2020 « [Boucles de rétroaction et tipping points dans OZCAR](#) », il est membre de 3 autres thèmes transverses OZCAR. Deux chercheurs interviennent dans l'école d'été OZCAR (2021).
- **Le maintien des observations de long terme dans une région marquée par une forte insécurité,** en particulier au Mali et au Niger, en prenant des mesures de protection adaptées pour les personnels du SNO et les partenaires impliqués.
- **La déclaration en 2018 de 42 DOI de données AMMA-CATCH.** Les DOIs de données permettent la citation d'un jeu de données dans les références d'un article et facilitent le suivi de l'utilisation de ces données. L'ensemble des données a été déclaré avec la licence Creative Common CC-BY 4.0 impliquant la diffusion libre des données, mais avec obligation de citer sa source. Ils sont consultables sur le [site de l'observatoire AMMA-CATCH](#).

- **Le Colloque international "Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique** » organisée à Niamey, à l'occasion des 30 ans de la création de l'Observatoire (1988-2018) a réuni 100 participants venant de 15 pays d'Afrique et d'Europe. Cet événement a fait l'objet d'un reportage de la télévision nigérienne, de 5 articles dans la presse quotidienne grand public en France et au Niger, et 2 articles dans "the conversation". Les [Actes du colloque \(147p\)](#) sont en ligne.
- **L'article de synthèse** : Galle, S., M. Grippa, C. Peugeot and the AMMA-CATCH team « [AMMA-CATCH, a Critical Zone Observatory in West Africa Monitoring a Region in Transition](#) ». (2018). Cet article synthétise les résultats des 10 dernières années d'observation (230 publications). Ce travail d'équipe a mobilisé 86 co-auteurs (33 partenaires Sud, 15 techniciens, 31 doctorants et CDD) et a été véritablement passionnant. La meilleure récompense a été les commentaires des doctorants qui ont dit s'être plongés avec enthousiasme, dans la lecture des articles écrits par les collègues, afin d'assimiler la "culture" AMMA-CATCH.
- **Le projet innovant et rassembleur des connaissances**: ANR TipHyc (C. Peugeot et al.) (Tipping Points in the West African Hydrological Cycle). Ce projet est une émanation directe de la communauté scientifique AMMA-CATCH, et des études antérieures (notamment Wendling et al, 2019). Il a pour but d'étudier les changements de régimes éco-hydrologiques et leurs impacts sur les ressources en eau et les risques, en particulier associés à des points de bascule. Ce type d'approche est encore très peu utilisé en hydrologie. Le projet est fondé sur la valorisation des données existantes, l'expertise collégiale des participants (Nord et Sud) et l'utilisation d'un cadre de modélisation (systèmes dynamiques) innovant en hydrologie
- **Le LMI REZOC "Centre d'étude des Ressources en Eau et de la Zone Critique"** a été créé en 2019. Il est co-porté par E. Lawin (UAC) et S. Galle (IGE). Son objectif est de contribuer à une gestion soutenable des ressources en eau sur une planète en transition rapide. Il a pour ambition d'être un lieu majeur d'information sur son domaine scientifique, en établissant un pont entre recherche et structures opérationnelles au Bénin et en Afrique de l'Ouest. Il s'appuie sur le Service d'Observation AMMA-CATCH.
- **L'implication croissante des collègues enseignants-chercheurs des Universités du Sud** dans l'Observatoire. Ceci s'est traduit par une participation active, un organigramme renouvelé, diversifié et qui tend à l'équilibre N-S, autant de gages de pérennité de l'observatoire.

B13. Trajectoire future

Quelle trajectoire future prévoyez-vous pour le SNO (maintien en l'état du dispositif ou nouveaux instruments/méthodes de mesures, nouveaux paramètres suivis, nouvelles ressources humaines...)?

Avez-vous identifié des challenges majeurs qui vous mobilisent pour l'avenir et éventuellement des risques associés ?

Le SNO AMMA-CATCH est fort d'une base de données unique en Afrique de l'Ouest qui permet de mener des travaux scientifiques de premier plan et de proposer des changements de paradigmes sur la compréhension du cycle de l'eau en Afrique de l'Ouest, que ce soit pour les eaux souterraines, les interactions de processus à la surface ou la climatologie.

Cependant, des questions scientifiques se posent encore en raison des temps de réponse pluri-décennaux des éco-hydrosystèmes, associés à une très forte variabilité climatique décennale, nécessitant de disposer de séries temporelles suffisamment longues pour pouvoir détecter les tendances actuelles et analyser les évolutions en cours. Des études récentes (Wendling et al., 2019) suggèrent que des mécanismes hérités de la grande sécheresse des années 1970-80 ont encore des conséquences actuellement et potentiellement dans les décennies futures, notamment à cause de

basculements dans de nouveaux régimes de fonctionnement éco-hydrologique au Sahel. La détection de ces mécanismes demande **des séries d'observation longues**. D'autre part, la variabilité spatiale des processus hydrologiques et de dynamique de la végétation est très importante sur le sous continent Ouest Africain. La **régionalisation** des études doit prendre une nouvelle dimension dans le futur tant du point de vue de l'observation que du point de vue de notre capacité à modéliser le cycle hydrologique de l'échelle locale à l'échelle régionale. Enfin, les membres du SNO AMMA-CATCH œuvrent pour que la science qu'ils développent sur le territoire Ouest-Africain **bénéficie aux acteurs locaux**. Le renforcement du partenariat dans la gestion de l'observatoire et la redéfinition des axes scientifiques devraient permettre de faire évoluer l'Observatoire dans cette direction, et d'adresser ainsi des questions en rapport avec les préoccupations de la société. L'évolution proposée pour le prochain quinquennat vise à renforcer ces trois aspects.

Enjeux sociétaux

Une réflexion collective (prospective interne) avec les partenaires a été menée pour redéfinir les axes thématiques de l'observatoire. Ces axes englobent des questions de recherche en lien avec les données de l'observatoire mais aussi en lien avec la demande sociétale, et des problématiques ancrées sur les territoires sur lesquels le SNO est présent (même si l'observatoire n'a pas aujourd'hui vocation à collecter de la donnée sociétale ou économique). A titre d'exemple, pour l'axe 1, la caractérisation des aléas hydrologiques (courbes Intensité Durée-Fréquence ou Débit-Durée-Fréquence) mènera à la définition d'outils pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques. Pour l'axe 2, la caractérisation des impacts hydrologiques et écologiques permettra de formuler des recommandations pour la mise en œuvre d'action d'adaptation afin de favoriser l'infiltration locale de l'eau et limiter le ruissellement. La quantification des stocks, de la recharge des aquifères et de la qualité des eaux de surface (axe 3) sont des demandes exprimées par les experts et responsables de la gestion intégrée de la ressource en eau.

Régionalisation

Les résultats scientifiques récents obtenus par les membres de l'observatoire AMMA-CATCH à partir de nos données conjuguées aux données d'opérateurs nationaux ont ouvert de nouvelles questions scientifiques en particulier à l'échelle régionale. Ces nouvelles questions, les problèmes de sécurité au Sahel, et notre volonté de consolider nos partenariats (voir détails en B2), nous ont ainsi amené à repenser la stratégie d'observation du SNO qui doit dépasser l'échantillonnage du gradient éco-climatique Nord-Sud mis en place à l'origine et qui reposait sur trois méso-sites (Mali, Niger et Bénin) étagés en latitude. Cette stratégie régionale renouvelée est fondée, d'une part, sur l'intégration dans le SNO d'un réseau de sites complémentaires aux sites historiques, portés par des partenaires du sud sur leurs problématiques propres, ou développés dans le cadre de collaborations Nord-Sud. L'implication du SNO sur ces nouveaux sites restera légère (renforcement de capacités, appui technique, mise à niveau de réseaux à partir du redéploiement de matériel existant) mais permettra de pérenniser des observations initiées dans le cadre de projets de recherche indépendants. Quatre sites complémentaires ont déjà été identifiés, et leurs observations seront intégrées à la base de données de l'observatoire. Ils permettront en particulier d'échantillonner le gradient Est-Ouest régional.

D'autre part, la nouvelle stratégie régionale s'appuie sur la mise en place de collaborations internationales au sud et au nord qui permettent d'accéder à des données issues des services nationaux sur le territoire Ouest-Africain, et la participation des équipes AMMA-CATCH à des projets internationaux (GROFUTURES, AMMA-2050, ...) permettant de générer des jeux de données plus complets pour donner un panorama plus large spatialement. Par une politique volontariste, la direction du SNO cherchera à favoriser une plus grande implication de ces membres dans ce type de projet, que le SNO soit porteur ou partenaire.

La dimension régionale de l'observatoire sera également renforcée par le développement de produits hydro-climatiques d'envergure régionale. Ces produits seront construits à partir de données sol et de télédétection, ou de sorties de modèles hydrologiques régionaux. Un certain nombre d'actions sont déjà engagées (B2 - tableau 2). En particulier, les simulations avec le modèle hydrologique hyper-résolu

(1km²) Parflow/CLM sur la totalité de l’Afrique de l’Ouest pourront constituer des “ré-analyses hydrologiques” pour la région. En effet, ce modèle peut être vu comme un agrégateur de connaissances en termes de processus et de caractéristiques hydrodynamiques des aquifères, des sols, des surfaces, de la végétation et du climat, incluant les données de l’Observatoire. Les résultats de ces simulations hydrologiques peuvent ainsi être considérés comme les plus aboutis sur la base des connaissances du moment, avec toutefois les mêmes avantages et défauts que des ré-analyses climatiques. Ces produits seront mis à disposition de la communauté scientifique, des porteurs d’enjeux, et des décideurs, sous des formes à définir avec eux (base de données, cartes, atlas, ...). Une première série de produits de ce type seront générés dans le cadre du projet CECC (AFD-IRD, 2021-2024).

Enfin, la redéfinition des axes permettra également d’animer des études inter-sites, par exemple des intercomparaisons à dimension régionale, de publier des “articles de données” et ainsi de mieux diffuser la richesse des activités du SNO.

Une documentation des processus sur le long terme

L’obtention de séries longues sur un territoire tel que l’Afrique de l’Ouest reste un défi à part entière, et en même temps une nécessité pour documenter les changements en cours. Les difficultés d’accès à certains de nos sites pour raisons d’insécurité et de crise sanitaire se sont ajoutées aux problématiques usuelles de l’observation en conditions extrêmes. Malgré cela, la motivation reste entière. L’observatoire AMMA-CATCH restera fidèle aux principes des SNO qui visent à caractériser les changements éco-hydrologiques et climatiques sur le long terme en Afrique de l’Ouest et à diffuser de la donnée accessible, sauvegardée et documentée. La mise en œuvre de la télétransmission et le renforcement des collaborations avec les partenaires locaux pour la collecte des données permettront ainsi d’assurer la continuité des longues séries existantes. La poursuite de l’observation sur les méso-sites historiques de l’observatoire et la pérennisation de sites complémentaires, tels que ceux identifiés avec nos partenaires et fort d’un héritage temporel d’observation, resteront donc une priorité.

Une intégration nationale et internationale

Le SNO AMMA-CATCH participe avec enthousiasme à l’animation de la communauté scientifique nationale (via OZCAR) et internationale (via DEIMS et autres réseaux comme CZEN). Ces dynamiques sont stratégiques pour l’observatoire. En particulier, à l’heure où les enjeux hydrologiques en Afrique de l’Ouest sont partagés dans plusieurs pays européens (Allemagne, Pays-Bas, Belgique, Grande-Bretagne), la structuration européenne des actions d’observation et de recherches en lien avec les partenaires du sud nous semblent essentielles pour répondre à ces enjeux. La structuration via e-LTER pourrait être le cadre de cette ambition.

Enfin, l’exercice de prospective engagé en prévision de l’évaluation du SNO a permis de repenser collectivement la trajectoire future de l’observatoire, de renforcer l’implication de nos partenaires, et de confirmer les objectifs. Ces réflexions collectives ont ainsi permis de redéfinir la gouvernance de l’Observatoire. Cette démarche est plus inclusive et a en particulier permis de mieux intégrer les partenaires du sud à tous les niveaux de la gouvernance. Cela reconnaît et affirme la volonté de construire ensemble un observatoire et une science ancrés sur un territoire, l’Afrique de l’Ouest.

Annexe A : Liste des acronymes

AMMA-CATCH	Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine – Couplage de l’Atmosphère Tropicale et du Cycle hydrologique
CES	Centre d’Expertise Scientifique
CNES	Centre National d’Etudes Spatiales (France)
CR	Chargé de Recherche
CRZ Dahra	Centre de Recherches Zootechniques de Dahra (Sénégal)
Data Terra	Observation Intégrée du Système Terre, données spatiales et in situ
DG-Eau	Direction Générale de l’Eau (Bénin)
DR	Directeur de Recherche
e-LTER RI	European Long-Term Ecosystem, critical zone and socio-ecological Research Infrastructure
ESA	European Space Agency
ESFRI	European Strategy Forum on Research Infrastructures
GET	UMR Géosciences Environnement Toulouse (France)
HSM	UMR HydroSciences Montpellier (France)
IE	Ingénieur d’étude
IGE	UMR Institut des Géosciences de l’Environnement (Grenoble, France)
INE	Institut National de l’Eau (Bénin)
IR	Infrastructure de Recherche
IR	Ingénieur de Recherche
ISRA	Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (Sénégal)
MA	Maître-Assistant
MC	Maître de Conférences
MEAE	ministère de l’Europe et des Affaires étrangères
MES	Matière en Suspension
OMP	OSU Observatoire Midi Pyrénées (Toulouse, France)
OREME	OSU Observatoire de REcherche Montpelliérain de l’Environnement
OSU	Observatoire des Sciences de l’Univers
OSUG	OSU Observatoire des Sciences de l’Univers de Grenoble (France)
OZCAR	Observatoires de la Zone Critique : Applications et Recherche
Ph Adj.	Physicien Adjoint
Prof	Professeur
PRPP	Personnel Recruté sur Place Permanent
PRPT	Personnel Recruté sur Place Temporaire
SI	Système d’Information
TEC	Technicien
Theia	Pôle de données et de services des surfaces continentale
UAC	Université d’Abomey-Calavi (Bénin)
UAM	Université Abdou Moumouni (Niamey, Niger)
UCAD	Université Cheikh Anta Diop (Dakar, Sénégal)
UDDM	Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi (Niger)
UGA	Université Grenoble Alpes (France)
UMR	Unité Mixte de Recherche
UPS	Université Toulouse III - Paul Sabatier (France)
USTTB	Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako (Mali)
UZ	Université de Zinder (Niger)
VIA	Volontaire International en Administration

Annexe B : Personnels impliqués dans les tâches d'observation

Personnels impliqués **dans les tâches d'observation du SNO AMMA-CATCH**. On entend ici par tâche d'observation, l'ensemble des opérations contribuant au fonctionnement et à la maintenance des sites et moyens gérés par le SNO, incluant l'acquisition des données et leur mise à disposition pour la communauté (base de données par exemple..), pour les missions d'observation pour lequel le service a été labellisé.

Ce tableau **n'inclut pas** le temps passé dans l'exploitation scientifique des données du SNO, par les acteurs du SNO et leurs étudiants.

B1. Personnel permanent

Tableau des personnels impliqués dans les tâches d'observation du SNO AMMA-CATCH au 17/7/2021 (Les membres du Comité de Direction du SNO sont indiqués en gras)

NOM Prénom	Employeur, affiliation, corps	Rôle dans le SNO	pm/an	Ressource existante ou demandée
ABDOU BABAYE Maman Sani	UDDM – Niger MC Maradi	Suivi de la nappe - Grofuture - Maradi, Niger	1.2	existant
Afouda Simon	IGE - Bénin, TEC IRD PRPP	Appui technique tous instruments – Bénin	12	existant
Alhassane Abassa	IGE - Niger, TEC IRD PRPP	Appui technique tous instruments – Niger	12	existant
Aliko Maman	IRD - Niger, TEC IRD PRPP	Appui technique suivi MES – Niger	0.6	existant
Arjounin Marc	IGE - France, TEC IRD	Réseau pluviographique – Bénin, Niger & Mali	9	retraite oct 2021
<i>X (départ Arjounin)</i>	<i>IGE - France, IE IRD</i>	<i>Suivi des flux – Bénin</i>	<i>6</i>	<i>Poste demandé en 2022</i>
Auda Yves	GET - France, IR CNRS	Téledétection satellitaire, cartographie occupation du sol, phénologie ligneuse, validation de produits	0.6	existant
Ba Abdramane	Univ. - Mali, PR USTTB	Station météorologique – Mali – PI	0.6	existant
Barral Hélène	HSM - France, IE IRD	Stations de flux, télétransmission – Niger	4.8	existant
Boucher Marie	IGE - Niger, CR IRD	Co-capitaine de site Niger - Hydrogéophysique – Niger	2.4	existant
Bouzou-Moussa Ibrahim	Univ. - Niger, Prof UAM	Ruissellement milieu sahélien – PI	1.2	existant
Chaffard Véronique	IGE - France, IR IRD	Responsable de la base de données – tous sites	2.4	existant
Cohard Jean-Martial	IGE - France, MC UGA	Direction SNO - Co-animateur Axe 3 - Evapotranspiration – Bénin – PI	3.6	existant
Demarty Jérôme	HSM - France, CR IRD	Stations de flux, humidité du sol, téledétection – Niger	1.8	existant
Diawara Mamadou	USTTB - Mali MA USTTB	Co-animateur Axe 2 - Végétation, interaction végétation - bétail – Mali	0.6	existant
Adama Diepkilé	USTTB - Mali	Eaux de surface- téledétection – Mali	0.6	existant

	MA USTTB			
Dossou Martial	DG-Eau - Bénin, IE DG-Eau	Correspondant avec le service opérationnel DG-Eau – Bénin	0.6	existant
ELH MOUSSA MAYAKI Yacouba	Univ – Niger TEC UAM	Appui technique tous instruments – Niger	3	existant
Etchanchu Jordi	HSM - France, IR IRD	Co-animateur Axe 2 -Flux de surface – modélisation – Niger	3	existant
Favreau Guillaume	IGE - Niger, CR IRD	Piézométrie et mares – Niger – PI	0.6	existant
Faye Gayane	Univ – Sénégal Prof UCAD	Co-capitaine de site Mali/Sénégal - Télé-détection de l'humidité du sol - Sénégal	1.2	existant
Galle Sylvie	IGE - France, CR IRD	Evapotranspiration, météo, humidité du sol – Bénin – PI	3.6	existant
Gangneron Fabrice	GET - France, CR CNRS	Enquêtes Sociogéographie – Mali, Sénégal, Bénin	0.6	existant
Grippa Manuela	GET - France, Ph Adj. UPS	Co-direction SNO - coordinatrice observation régionale - Observation spatiale régionale, Suivi eaux de surface, Humidité des sols – PI	3.6	existant
Hector Basile	IGE - France, CR IRD	piézométrie, Modélisation, hydrogéologie – Bénin – PI	1.2	Existant
Issoufou Bil-Assanou	Univ. - Niger, MC UDDM	Co-capitaine de site Niger - Végétation et flux – Niger – PI	1.2	existant
Kergoat Laurent	GET - France, CR CNRS	Mesures couche de surface, Suivi des mares, végétation – Mali, Sahel pastoral – PI	1.8	existant
Koné Abdoulaye	IGE - Niger, TEC IRD PRPP	Appui technique tous instruments – Niger	12	existant
Lawin Emmanuel	Univ. - Bénin, PR UAC	Hydrologie et crues – Bénin – PI	0.6	existant
M. LAOUALI IDI AbdoulKader	Univ – Niger TEC UAM	Appui technique tous instruments – Niger	3	existant
Mainassara Ibrahim	HSM - Niger, IR IRD PRPP	Co-animateur Axe 4 - Coordination technique locale – Niger	12	existant
Malam-Abdou Moussa	Univ. - Niger, MA UZ	Co-animateur Axe 3 - Ruissellement et érosion milieu sahélien – Niger – PI	1.2	existant
Mamadou Ossénatou	Univ. - Bénin, MA UAC	Co-capitaine site Bénin - Flux d'évapotranspiration – Bénin – PI	3.6	existant
Mariscal Armand	IGE - Bénin, IE IRD	Co-animateur Axe 4 - Assurance qualité, veille technologique et formation – Météologie tous sites	9.6	existant
Mougin Eric	GET - France, DR CNRS	Co-capitaine de site Mali/Sénégal - Dynamique de la végétation, Humidité du sol, Biogéochimie du sol – Mali, Sénégal, Sahel pastoral – PI	2.4	existant
Moumouni Sounmaila	Univ. - Bénin, MC UAC	Co-animateur Axe 1 - Pluviométrie – Bénin – PI	1.2	existant
Nazoumou Yahaya	Univ. - Niger, PR UAM	Piézométrie et mare – Niger – PI	0.6	existant
Ndiaye Ousmane	CRZ - Sénégal, CR ISRA	Co-animateur Axe 2 -Responsable du Centre de Recherche de Dahra - Biogéochimie du sol à Dahra - Sénégal	0.6	existant
Oï Monique	HSM - France, AI IRD	Appui technique tous instruments – Niger	1	retraite fin 2021

<i>X (départ M. Oï)</i>	<i>HSM - France, IE IRD</i>	<i>instrumentation, appui critiques / validation jeux de données, liaison avec équipes sur sites</i>	4	<i>Poste demandé en 2022</i>
Ouani Théo	IGE - Bénin, TEC IRD PRPP	Appui technique tous instruments – Bénin	12	existant
Panthou Gérémy	IGE - France, Ph Adj. UGA	Co-animateur Axe 1 - coordinateur observation régionale - Extrêmes, Pluviométrie – échelle régionale – PI	3.6	Existant
Pellarin Thierry	IGE - France, DR CNRS	Humidité du sol et télédétection – échelle régionale – PI	0.6	existant
Peugeot Christophe	HSM - France, CR IRD	Co-direction SNO - Co-capitaine site Bénin - Mesures hydrologiques, géochimiques – Bénin – PI	3.6	existant
Quantin Guillaume	IGE - France, IR IRD	Critique de données – intersite	9	disponibilité 1/8/2021
<i>X (CDD durant disponibilité Quantin)</i>	<i>IGE - France, IR IRD</i>	<i>Critique de données – intégration dans la base de données – intersite</i>	3	<i>CDD 12 mois demandé</i>
Timouk Franck	GET - France, IE IRD	Stations de flux, télétransmission – Sénégal	3.6	existant
Abdourhamane-Touré Amadou	Univ. - Niger, MC UAM	Qualité des eaux de surface à Niamey – Niger – PI	0.6	Existant
Vandervaere Jean-Pierre	IGE - France, MC UGA	Hydrodynamique des sols – Niger, Bénin	0.6	existant
Vischel Théo	IGE - France, MC UGA	Pluviométrie – échelle régionale – PI	0.6	existant
Vouillamoz Jean-Michel	IGE - France, CR IRD	Eaux souterraine, mesures géophysiques, qualité – Bénin	0.6	existant
Wubda Maxime	IGE - Bénin, IR IRD PRPP	Coordination technique locale – Bénin	12	disponibilité 1/10/2021
<i>X</i>	<i>IGE-Bénin IR IRD PRPP</i>	<i>Coordination technique locale – Bénin</i>	12	<i>recrutement à demander</i>
Nb personnes impliquées			49	
TOTAL mois			170	14 ETP

La contribution des personnels par statut est la suivante :

- 2 CNAP = 0.6 ETP (moyenne 30%)
- 16 Enseignants chercheurs = 1.6 ETP (moyenne 10%)
- 13 Chercheurs = 1.7 ETP (moyenne 13%)
- 18 ITA = 10.4 ETP (moyenne 58%)

Pour AMMA-CATCH, les personnels non CNAP contribuent majoritairement (85%) aux tâches d'observation (hors ITA), notamment en tant que PI ou capitaine de site.

B2 : Personnels en CDD durant la période 2017-2021

Le SNO AMMA-CATCH fonctionne avec des personnels en CDD en nombre limité (4 CDD /49 permanents) mais qui occupent des postes indispensables. Ces personnels nécessitent un renouvellement régulier et une demande spécifique :

- tous les 2 ans, pour les VIA
- tous les ans, pour Médard Togandé et Nogmana Soumaguel financés en PRPT IRD

Personnels en CDD ou CDI ou consultants au 17/7/2021				
NOM Prénom	Employeur, affiliation, corps	Rôle dans le SNO	pm/an	Date de fin de contrat
Hiernaux Pierre	"Pastoralisme Conseil", Ingénieur	Suivi de la végétation et de l'usage des sols	3	Consultant sur projets (acquis)
Nogmana Soumaguel	IRD - Mali, TEC IRD PRPT	Appui technique tous instruments – Mali	6	PRPT acquis
Oliver-Soulayrol Marc	IGE - Bénin, VIA IRD	Appui technique tous instruments – Bénin (CDD 1/10/2019– 30/9/2021)	9	Fin 30/9/2021
<i>à recruter</i>	<i>IGE - Bénin, VIA IRD</i>	<i>Appui technique tous instruments – Bénin (CDD 1/10/2021 - 30/9/2023)</i>	3	<i>VIA acquis 1/10/21 - 30/9/23</i>
Togandé Médard	IGE - Bénin, TEC IRD PRPT	Suivi de proximité flux et météo – Bénin	3	Fin 30/6/2022
Nb personnes impliquées			4	
TOTAL mois			24	2 ETP

B3 : Mouvements de personnels permanents durant la période 2017-2021

Départ/arrivée	Nom	Date	Poste	Rôle
Recrutement	Mamadou O.	1/1/16	MC (UAC-Bénin)	PI Flux - Bénin
Recrutement	Hector B.	1/3/17	CR IRD (IGE)	PI hydrogéologie - Bénin
Recrutement	Barral H.	1/3/17	IE IRD (HSM)	Ingénieur Flux Evapotranspiration
Arrivée SNO	Touré A.	01/01/18	MC (UAM-Niger)	PI MES - Niamey, Niger
Départ SNO	Séguis L.	01/01/18	CR IRD (HSM)	PI hydrogéologie - Bénin
Disponibilité	Wubda M.	01/07/18	IR IRD PRPP (IGE)	Disponibilité 1 an
Arrivée SNO	Mariscal A.	01/11/18	IE IRD (IGE)	Coordinateur technique AMMA-CATCH
Départ SNO	Seghieri J.	01/01/19	DR IRD (HSM)	PI phytoécologie – Bénin, Niger
Retraite	Cappelaere B.	01/07/19	IR IRD (HSM)	Capitaine site Niger, PI flux, mare et météo
Recrutement	Diawara M.	01/09/19	MA USTTB -Mali	Interaction végétation - bétail
Recrutement	Etchanchu J.	01/01/20	IR IRD (HSM)	Ingénieur Flux terrain et modélisation
Retraite	Chazarin J-P	01/10/20	TEC IRD (HSM)	Soutien terrain flux
Arrivée SNO	Timouk F.	01/01/21	IR IRD (GET)	Resp technique Sénégal, Flux
Arrivée SNO	Abdou Babaye M.S.	01/01/21	MC (UDDM-Niger)	Suivi de la nappe - Maradi, Niger
Arrivée SNO (sécurité)	Laouali I.	01/01/21	TEC (UAM- Niger)	Suivi tous instruments
Arrivée SNO (sécurité)	Moussa Mayaki M.	01/01/21	TEC (UAM- Niger)	Suivi tous instruments
Disponibilité	Quantin G.	01/08/21	IR IRD (IGE)	Disponibilité 1 an
Retraite	Arjounin M.	01/10/21	TEC IRD (IGE)	Soutien terrain pluie tous sites
Retraite	Oï Monique	31/12/21	AI IRD (HSM)	Appui technique tous instruments Niger
Disponibilité (1 an)	Wubda M.	01/10/21	IR IRD PRPP (IGE)	Recruté enseignant-chercheur à Ouagadougou (Burkina-Faso)

Annexe C : Production scientifique des acteurs du SNO [2017-2021]

(publications de rang A, data papers et DOI, conférences, thèses)

[Production pour laquelle le **premier auteur** appartient au service/laboratoires impliqués]

Cette annexe concerne la production [2017-2021]. L'année 2021 est incomplète.

L'ensemble de la production scientifique AMMA-CATCH depuis 1997 [est disponible en ligne](#).

C1. Thèses

Allé, I. Christian. « Evaluation de l'implantation géophysique des forages d'eau en zone de socle en milieu tropical (Bénin, Afrique de l'Ouest) : apport de la tomographie de résistivité électrique pour la caractérisation de la cible hydrogéologique ». Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, 2019. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02544949>.

Allies, Aubin. « Estimation de l'évapotranspiration par télédétection spatiale en Afrique de l'Ouest : vers une meilleure connaissance de cette variable clé pour la région ». Thèse de Doctorat, Université de Montpellier, 2018. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02045897>.

Gibon, François. « Apport du satellite SMOS au suivi de rendement agricole en Afrique de l'Ouest et à la correction des produits satellitaires de précipitations ». Thèse de Doctorat, Univ. Grenoble Alpes, 2018. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01863752>.

Ingatan Warzagan, Aghali. « Evaluation de l'efficacité d'ouvrages antérosifs sur la rétention d'eau et l'hydrologie des bassins versants du Sud-Ouest du Niger : cas des banquettes et du sous-solage ». Thèse de Doctorat, Université Abdou Moumouni (Niger), 2020.

Kotchoni, D. O. Valerie. « Recharge des aquifères de socle du Bénin : identification des processus, quantification et analyse de l'évolution temporelle ». Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, 2019. http://www.lthe.fr/PagePerso/galles/Biblio_AMMA-CATCH/THESES/these_Kotchoni_2019.pdf.

Lawson, Fabrice M. A. « Recharge des aquifères de socle du Bénin : identification des processus, quantification et analyse de l'évolution temporelle ». Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, 2019. http://www.lthe.fr/PagePerso/galles/Biblio_AMMA-CATCH/THESES/these_Lawson_2019.pdf.

Wilcox, Catherine. « Evaluating Hydrological Changes in Semi-Arid West Africa : Detection of Past Trends in Extremes and Framework for Modeling the Future (Évaluation de Changements Hydrologiques En Afrique de l'Ouest : Détection de Tendances et Cadre de Modélisation Pour Projections Futures) ». Thèse de Doctorat, Univ. Grenoble Alpes, 2019. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02307847>

Wubda, Maxime « Contribution de la méthode de suivi temporel de résistivité à l'étude des processus d'infiltration en zone de socle sahélienne et soudanienne d'Afrique de l'Ouest ». Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, 2017. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02141315>.

C2. HDR

Favreau, Guillaume. « Momentum et paradoxa : impact du climat et de l'occupation des sols sur les aquifères au Sahel ». HDR, Université Montpellier, 2018.

Vischel, Théo. « Détection, attribution et projection des changements hydro-climatiques en Afrique de l'Ouest ». HDR, Univ. Grenoble Alpes, 2018.

C3. Data papers

Leauthaud, C., B. Cappelaere, J. Demarty, F. Guichard, C. Velluet, L. Kergoat, T. Vischel, et al. « A 60-Year Reconstructed High-Resolution Local Meteorological Data Set in Central Sahel (1950-2009): Evaluation, Analysis and Application to Land Surface Modelling ». *International Journal of Climatology* 37, n° 5 (avril 2017): 2699-2718. <https://doi.org/10.1002/joc.4874>.

Mougin, E., M. O. Diawara, N. Soumaguel, A. A. Maiga, V. Demarez, P. Hiernaux, M. Grippa, V. Chaffard, et A. Ba. « A Leaf Area Index Data Set Acquired in Sahelian Rangelands of Gourma in Mali over the 2005–2017 Period ». *Earth System Science Data* 11, n° 2 (2019): 675-86. <https://doi.org/10.5194/essd-11-675-2019>.

C4. Publications de rang A (référéncées dans WoS)

Abdou Babaye, Maman Sani, Philippe Orban, Boureima Ousmane, Guillaume Favreau, Serge Brouyère, et Alain Dassargues. « Characterization of Recharge Mechanisms in a Precambrian Basement Aquifer in Semi-Arid South-West Niger ». *Hydrogeology Journal* 27, n° 2 (mars 2019): 475-91. <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1799-x>.

Alle, Iboukoun Christian, Marc Descloitres, Jean-Michel Vouillamoz, Nicaise Yalo, Fabrice M. A. Lawson, et Akonfa C. Adihou. « Why 1D Electrical Resistivity Techniques Can Result in Inaccurate Siting of Boreholes in Hard Rock Aquifers and Why Electrical Resistivity Tomography Must Be Preferred: The Example of Benin, West Africa ». *Journal of African Earth Sciences* 139 (mars 2018): 341-53. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.12.007>.

Allies, Aubin, Jérôme Demarty, Albert Oliosio, Ibrahim Bouzou Moussa, Hassane Bil-Assanou Issoufou, Cécile Velluet, Malik Bahir, et al. « Evapotranspiration Estimation in the Sahel Using a New Ensemble-Contextual Method ». *Remote Sensing* 12, n° 3 (24 janvier 2020): 380. <https://doi.org/10.3390/rs12030380>.

Blanchet, Juliette, Claire Aly, Théo Vischel, Gérémy Panthou, Youssouph Sané, et Mariane Diop Kane. « Trend in the Co-Occurrence of Extreme Daily Rainfall in West Africa Since 1950 ». *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 5 février 2018. <https://doi.org/10.1002/2017JD027219>.

Cappelaere, Bernard, Denis Feurer, Théo Vischel, Catherine Ottlé, Hassane Bil-Assanou Issoufou, Stéphane Saux-Picart, Ibrahim Maïnassara, et al. « Modeling Land Surface Fluxes from Uncertain Rainfall: A Case Study in the Sahel with Field-Driven Stochastic Rainfields ». *Atmosphere* 11, n° 5 (4 mai 2020): 465. <https://doi.org/10.3390/atmos11050465>.

Chagnaud, Guillaume, Hubert Gallée, Thierry Lebel, Gérémy Panthou, et Théo Vischel. « A Boundary Forcing Sensitivity Analysis of the West African Monsoon Simulated by the Modèle Atmosphérique Régional ». *Atmosphere* 11, n° 2 (11 février 2020): 191. <https://doi.org/10.3390/atmos11020191>.

Chagnaud, Guillaume, Geremy Panthou, Théo Vischel, Juliette Blanchet, et Thierry Lebel. « A Unified Statistical Framework for Detecting Trends in Multi-Timescale Precipitation Extremes: Application to Non-Stationary Intensity-Duration-Frequency Curves ». *Theoretical and Applied Climatology*, 2 juin 2021. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03650-9>.

Diawara, Mamadou O., Pierre Hiernaux, Eric Mougin, Fabrice Gangneron, et Nogmana Soumaguel. « Viabilité de l'élevage pastoral au Sahel: étude de quelques paramètres démographiques des élevages de Hombori (Mali) ». *Cahiers Agricultures* 26, n° 4 (juillet 2017): 45006. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017039>.

Diawara, Mamadou Oumar, Pierre Hiernaux, Eric Mougin, Manuela Grippa, Claire Delon, et Hawa Salif Diakité. « Effets de la pâture sur la dynamique de la végétation herbacée au Sahel (Gourma, Mali): une approche par modélisation ». *Cahiers Agricultures* 27, n° 1 (janvier 2018): 15010. <https://doi.org/10.1051/cagri/2018002>.

Faye, Gayane, Pierre-Louis Frison, Abdou-Aziz Diouf, Souleye Wade, Cheikh Amidou Kane, Fabio Fussi, Lionel Jarlan, et al. « Soil Moisture Estimation in Ferlo Region (Senegal) Using Radar (ENVISAT/ASAR) and Optical (SPOT/VEGETATION) Data ». *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 21 (juillet 2018): S13-22. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.11.005>.

Gal, Laetitia, Manuela Grippa, Pierre Hiernaux, Léa Pons, et Laurent Kergoat. « The Paradoxical Evolution of Runoff in the Pastoral Sahel: Analysis of the Hydrological Changes over the Agoufou Watershed (Mali) Using the KINEROS-2 Model ». *Hydrology and Earth System Sciences* 21, n° 9 (13 septembre 2017): 4591-4613. <https://doi.org/10.5194/hess-21-4591-2017>.

- Galle, S., M. Grippa, C. Peugeot, I. Bouzou Moussa, B. Cappelaere, J. Demarty, E. Mougin, et al. « AMMA-CATCH, a Critical Zone Observatory in West Africa Monitoring a Region in Transition ». *Vadose Zone Journal* 17, n° 1 (2018): 180062. <https://doi.org/10.2136/vzj2018.03.0062>.
- Gibon, François, Thierry Pellarin, Carlos Román-Cascón, Agali Alhassane, Seydou Traoré, Yann Kerr, Danny Lo Seen, et Christian Baron. « Millet Yield Estimates in the Sahel Using Satellite Derived Soil Moisture Time Series ». *Agricultural and Forest Meteorology* 262 (novembre 2018): 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.07.001>.
- Gosset, Marielle, Matias Alcoba, Remy Roca, Sophie Cloché, et Guillaume Urbani. « Evaluation of TAPEER Daily Estimates and Other GPM Era Products against Dense Gauge Networks in West Africa, Analyzing Ground Reference Uncertainty ». *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 25 juin 2018. <https://doi.org/10.1002/qj.3335>.
- Grippa, Manuela, Laurent Kergoat, Aaron Boone, Christophe Peugeot, Jérôme Demarty, Bernard Cappelaere, Laetitia Gal, et al. « Modelling Surface Runoff and Water Fluxes over Contrasted Soils in Pastoral Sahel: Evaluation of the ALMIP2 Land Surface Models over the Gourma Region in Mali ». *Journal of Hydrometeorology* 18 (10 janvier 2017): 1847-66. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0170.1>.
- Grippa, Manuela, Cyprien Rouzies, Sylvain Biancamaria, Denis Blumstein, Jean-Francois Cretaux, Laetitia Gal, Elodie Robert, Marielle Gosset, et Laurent Kergoat. « Potential of SWOT for Monitoring Water Volumes in Sahelian Ponds and Lakes ». *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 12, n° 7 (juillet 2019): 2541-49. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2019.2901434>.
- Hector, Basile, Jean-Martial Cohard, Luc Séguis, Sylvie Galle, et Christophe Peugeot. « Hydrological Functioning of Western African Inland Valleys Explored with a Critical Zone Model ». *Hydrology and Earth System Sciences* 22, n° 11 (14 novembre 2018): 5867-88. <https://doi.org/10.5194/hess-22-5867-2018>.
- Hiernaux, Pierre, Kalilou Adamou, Oumarou Moutouni, Matthew D. Turner, Xiaoye Tong, Patrice Savadogo, Eric Mougin, et Oumarou Malam Issa. « Expanding networks of field hedges in densely populated landscapes in the Sahel ». *Forest Ecology and Management* 440 (15 mai 2019): 178-88. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.016>.
- Kergoat, L., F. Guichard, C. Pierre, et C. Vassal. « Influence of Dry-Season Vegetation Variability on Sahelian Dust during 2002-2015: Dry-Season Vegetation and Sahelian Dust ». *Geophysical Research Letters* 44, n° 10 (28 mai 2017): 5231-39. <https://doi.org/10.1002/2016GL072317>.
- Kotchoni, D. O. Valerie, Jean-Michel Vouillamoz, Fabrice M. A. Lawson, Philippe Adjomayi, Moussa Boukari, et Richard G. Taylor. « Relationships between Rainfall and Groundwater Recharge in Seasonally Humid Benin: A Comparative Analysis of Long-Term Hydrographs in Sedimentary and Crystalline Aquifers ». *Hydrogeology Journal* 27, n° 2 (mars 2019): 447-57. <https://doi.org/10.1007/s10040-018-1806-2>.
- Leauthaud, C., B. Cappelaere, J. Demarty, F. Guichard, C. Velluet, L. Kergoat, T. Vischel, et al. « A 60-Year Reconstructed High-Resolution Local Meteorological Data Set in Central Sahel (1950-2009): Evaluation, Analysis and Application to Land Surface Modelling ». *International Journal of Climatology* 37, n° 5 (avril 2017): 2699-2718. <https://doi.org/10.1002/joc.4874>.
- Leauthaud, C., P. Hiernaux, W. Musila, L. Kergoat, M. Grippa, S. Duvail, J. Albergel, et N. O. Rode. « Influence of Floods and Growth Duration on the Productivity of Wet Grasslands of Echinochloa Stagnina (Retz) P. Beauv. in an East African Floodplain ». *Wetlands* 39, n° 5 (octobre 2019): 935-44. <https://doi.org/10.1007/s13157-019-01148-9>.
- Leauthaud, C., L. Kergoat, P. Hiernaux, M. Grippa, W. Musila, S. Duvail, et J. Albergel. « Modelling the Growth of Floodplain Grasslands to Explore the Impact of Changing Hydrological Conditions on Vegetation Productivity ». *Ecological Modelling* 387 (novembre 2018): 220-37. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.09.015>.
- Legchenko, Anatoly, Benoît Texier, Jean-François Girard, Jean-Michel Vouillamoz, Fabrice Messan Amene Lawson, Iboukoun Christian Alle, Jean-Michel Baltassat, Ghislain Pierrat, et Marie Boucher. « Feasibility Study of a Surface-Borehole NMR Method ». *Journal of Applied Geophysics* 177 (juin 2020): 104039. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2020.104039>.
- Mougin, Eric, Mamadou Oumar Diawara, Nogmana Soumaguel, Ali Amadou Maiga, Valerie Demarez, Pierre Hiernaux, Manuela Grippa, Veronique Chaffard, et Abdramane Ba. « A Leaf Area Index Data Set Acquired in Sahelian Rangelands of Gourma in Mali over the 2005–2017 Period ». *Earth System Science Data* 11, n° 2 (2019): 675-86. <https://doi.org/10.5194/essd-11-675-2019>.

- Mougin, E., M.O. Diawara, Y. Auda, V. Demarez, N. Soumaguel, A.A. Maiga, P.H. Hiernaux, et L. Jarlan. « Evaluation of MODIS and GEOV2 LAI and FAPAR products for the semi-arid savannahs of Sahel (Gourma, Mali) ». *Journal of arid environments*, subm. 2021.
- Nkrumah, Francis, Théo Vischel, Jeremy Panthou, Nana Ama Browne Klutse, David C. Adukpo, et Arona Diedhiou. « Recent Trends in the Daily Rainfall Regime in Southern West Africa ». *Atmosphere* 10, n° 12 (26 novembre 2019): 741. <https://doi.org/10.3390/atmos10120741>.
- Panthou, G., T. Lebel, T. Vischel, G. Quantin, Y. Sane, A. Ba, O. Ndiaye, A. Diongue Niang, et M. Diokpane. « Rainfall intensification in tropical semi-arid regions: the Sahelian case ». *Environmental Research Letters*, 2018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac334>.
- Pellarin, Thierry, Carlos Román-Cascón, Christian Baron, Rajat Bindlish, Luca Brocca, Pierre Camberlin, Diego Fernández-Prieto, et al. « The Precipitation Inferred from Soil Moisture (PrISM) Near Real-Time Rainfall Product: Evaluation and Comparison ». *Remote Sensing* 12, n° 3 (3 février 2020): 481. <https://doi.org/10.3390/rs12030481>.
- Robert, Elodie, Laurent Kergoat, Nogmana Soumaguel, Sébastien Merlet, Jean-Michel Martinez, Mamadou Diawara, et Manuela Grippa. « Analysis of Suspended Particulate Matter and Its Drivers in Sahelian Ponds and Lakes by Remote Sensing (Landsat and MODIS): Gourma Region, Mali ». *Remote Sensing* 9, n° 12 (7 décembre 2017): 1272. <https://doi.org/10.3390/rs9121272>.
- Román-Cascón, Carlos, Thierry Pellarin, François Gibon, Luca Brocca, Emmanuel Cosme, Wade Crow, Diego Fernández-Prieto, Yann H. Kerr, et Christian Massari. « Correcting Satellite-Based Precipitation Products through SMOS Soil Moisture Data Assimilation in Two Land-Surface Models of Different Complexity: API and SURFEX ». *Remote Sensing of Environment* 200 (octobre 2017): 295-310. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.08.022>.
- Sane, Youssouph, Jeremy Panthou, Ansoumana Bodian, Theo Vischel, Thierry Lebel, Honore Dacosta, Guillaume Quantin, et al. « Intensity–Duration–Frequency (IDF) Rainfall Curves in Senegal ». *Natural Hazards and Earth System Sciences* 18, n° 7 (5 juillet 2018): 1849-66. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-1849-2018>.
- Wendling, Valentin, Christophe Peugeot, Angeles G Mayor, Pierre Hiernaux, Eric Mougin, Manuela Grippa, Laurent Kergoat, Romain Walcker, Sylvie Galle, et Thierry Lebel. « Drought-induced regime shift and resilience of a Sahelian ecohydrosystem ». *Environmental Research Letters* 14, n° 10 (4 octobre 2019): 105005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab3dde>.
- Wilcox, Catherine, Claire Aly, Théo Vischel, Gérémy Panthou, Juliette Blanchet, Guillaume Quantin, et Thierry Lebel. « Stochastorm: A Stochastic Rainfall Simulator for Convective Storms ». *Journal of Hydrometeorology* 22, n° 2 (février 2021): 387-404. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-20-0017.1>.
- Wilcox, Catherine, Théo Vischel, Gérémy Panthou, Ansoumana Bodian, Juliette Blanchet, Luc Descroix, Guillaume Quantin, Claire Cassé, Bachir Tanimoun, et Soungalo Kone. « Trends in Hydrological Extremes in the Senegal and Niger Rivers ». *Journal of Hydrology* 566 (novembre 2018): 531-45. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.07.063>.
- Wubda, M., M. Descloitres, N. Yalo, O. Ribolzi, J.M. Vouillamoz, M. Boukari, B. Hector, et L. Séguis. « Time-Lapse Electrical Surveys to Locate Infiltration Zones in Weathered Hard Rock Tropical Areas ». *Journal of Applied Geophysics* 142 (juillet 2017): 23-37. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2017.01.027>.

C5. Autres publications

- Awessou, B., C. Peugeot, E.K. Agbossou, Josiane Seghieri, et J. Seghieri. « Chapitre 9 : Consommation en eau d'une espèce agroforestière en zone soudanienne ». In *Agroforesterie et services écosystémiques en zone tropicale*, édité par J. Seghieri et J. M. Harmand, 147-58. Collection Update Sciences & Technologies. Versailles: éditions Quae, 2019. <https://www.quae-open.com/produit/110/9782759230600/agroforesterie-et-services-ecosystemiques-en-zone-tropicale>.
- Boubacar Na'Allah, A., M. Malam Abdou, A. Ingatan Warzagan, I. Mamadou, O. Faran Maiga, I. Bouzou Moussa, et L. Descroix. « Efficacité du sous-solage dans la restauration des sols sahétiens dégradés. Étude expérimentale sur le site de Tondi Kiboro, Niger ». *Afrique Science* 13, n° 6 (2017): 189-201. http://www.afriquescience.net/numero6_vol_13.html.
- Dardel, C., L. Kergoat, P. Hiernaux, M. Grippa, et E. Mougin. « Chapter 6 : Between Desertification and Regreening of the Sahel. What Is Really Happening? » In *Rural Societies in the Face of Climatic*

- and *Environmental Changes in West Africa*, édité par B. Sultan, R. Lalou, S. Amadou, A. Oumarou, et M.A. Soumaré, 129-44. Synthèses. Marseille: IRD Editions, 2017.
<http://books.openedition.org/irdeditions/8914?format=toc>.
- Diawara, Mamadou Oumar, Pierre Hiernaux, Eric Mougine, Sory Sissoko, Laurent Kergoat, Hawa salif Diakité, Abdoulaye Diallo, et Nogmana Soumaguel. « Joint Monitoring of Livestock Stocking Rates and Rangeland Vegetation of Hombori District in Mali during the 2010-2011 Dry Season ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 14, n° 6 (2020): 1941-56.
<https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i6.2>.
- Diawara, Mamadou Oumar, Pierre Hiernaux, Sory Sissoko, Eric Mougine, et Nogmana Soumaguel. « Sensibilité de la production herbacée aux aléas de la distribution des pluies au Sahel (Agoufou, Mali): une approche par modélisation ». *International journal of Biological and Chemical Sciences* 14, n° 4 (2020): 1341-53. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i4.14>.
- Faye, Cheikh, Manuela Grippa, Laurent Kergoat, et Elodie Robert. « Investigating the Drivers of Total Suspended Sediment Regime in the Senegal River Basin Using Landsat 8 Satellite Images ». *Journal of Environmental Geography* 13, n° 1-2 (1 avril 2020): 31-42.
<https://doi.org/10.2478/jengeo-2020-0004>.
- Faye, Cheikh, Manuela Grippa, et Stephen Wood. « Use of the Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index (SPEI) from 1950 to 2018 to Determine Drought Trends in the Senegalese Territory ». *Climate Change* 5, n° 20 (2019): 327-41.
http://discoveryjournals.org/climate_change/current_issue/v5/n20/index.htm.
- Gangneron, F., C. Pierre, E. Robert, L. Kergoat, M. Grippa, F. Guichard, C. Dardel, et P. Hiernaux. « Pastoralisme peul : de la rigueur climatique à la marginalité politique », Harmattan. Questions Autochtones, 2020. <https://www.gitpa.org/>.
- Grippa, M., C. Rouzies, S. Biancamaria, D. Blumstein, J. Cretaux, L. Gal, M. Gosset, et L. Kergoat. « Potential of SWOT for Monitoring Water Volumes in Sahelian Ponds and Lakes ». In *IGARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 8393-96, 2018.
<https://doi.org/10.1109/IGARSS.2018.8518051>.
- Hiernaux, P., et M. H. Assouma. « Adapting Pastoral Breeding to Global Changes in West and Central Tropical Africa: Review of Ecological Views ». *Revue d'élevage et de Médecine Vétérinaire Des Pays Tropicaux* 73, n° 3 (23 septembre 2020): 1-11. <https://doi.org/10.19182/remvt.31893>.
- Issoufou, B.-A., J. Demarty, B. Cappelaere, A. Allies, C. Velluet, I. Mainassara, M. Oi, J.-P. Chazarin, R. Moussa Moumouni, et J. Seghieri. « Chapitre 13 : Contribution des arbustes au fonctionnement hydrique et carboné des parcs agroforestiers à Guiera senegalensis J.F. Gmel : observations et modélisation ». In *Agroforesterie et services écosystémiques en zone tropicale*, édité par J. Seghieri et J. M. Harmand, 205-15. Collection Update Sciences & Technologies. Versailles: éditions Quae, 2019. <https://www.quae-open.com/produit/110/9782759230600/agroforesterie-et-services-ecosystemiques-en-zone-tropicale>.
- Kergoat, L., M. Grippa, P. Hiernaux, J. Ramarohetra, J. Gardelle, C. Dardel, F. Gangneron, L. Gal, et L. Descroix. « Chapter 9 : Paradoxical Pond Changes in the Non-Cultivated Sahel. Diagnostics, Causes and Consequences ». In *Rural Societies in the Face of Climatic and Environmental Changes in West Africa*, édité par B. Sultan, R. Lalou, S. Amadou, A. Oumarou, et M.A. Soumaré, 185-98. Synthèses. Marseille: IRD Editions, 2017.
<https://books.openedition.org/irdeditions/12349?lang=fr>.
- Panthou, G., T. Vischel, et G. Quantin. « Courbes IDF pour la région de Niamey », 2018. 4p..
- Vischel, Théo, Gérémy Panthou, Philippe Peyrillé, Romain Roehrig, Guillaume Quantin, Thierry Lebel, Catherine Wilcox, Florent Beucher, et Maria Budiarti. « Precipitation Extremes in the West African Sahel ». In *Tropical Extremes: Natural Variability and Trends*, 95-138. Elsevier, 2019.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809248-4.00004-2>.

C6. Conférence Internationale de Niamey (2018)

- AMMA-CATCH. [Actes du Colloque International « Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique »](#). 12-14 nov. 2018. Niamey, Niger, 147pp.
- Alle, I.C., J.-M. Vouillamoz, M. Desclotres, N. Yalo, F.M.A. Lawson, et D.O.V. Kotchoni. « Comment améliorer l'accès à l'eau : exemple d'une recherche au service des acteurs du développement au Bénin ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14 nov., 2018.

- Awessou, B., C. Peugeot, Sylvie Galle, E.K. Agbossou, et J. Seghieri. « Comparison of the transpiration of two types of vegetation cover in Northern Benin : an insight into the impacts of land conversion ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Boucher, M., J.-M. Vouillamoz, N. Yalo, F.M.A. Lawson, Y. Nazoumou, G. Favreau, et A. Legchenko. « Contribution de la méthode de Résonance Magnétique des Protons à l'étude de la ressource en eau souterraine ? Synthèse des expériences AMMA-CATCH ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Cazenave, F., et équipe technique (42 pers). « Gestion technique d'un observatoire de recherche de l'environnement ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Chaffard, V., S. Galle, M. Gosset, Manuela Grippa, C. Peugeot, et G. Quantin. « Le système d'information et portail d'accès aux données de l'observatoire AMMA-CATCH ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, poster. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Cohard, J.-M., B. Hector, T. Pellarin, A. Depeyre, R. M. Maxwell, et team AMMA-CATCH. « Développement d'un modèle de Zone Critique multi-échelle pour l'Afrique de l'Ouest : un modèle agrégateur de connaissance ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Demarty, J., B. Cappelaere, A. Allies, I. Bouzou Moussa, B.-A. Issoufou, I. Mainassara, H. Barral, J.-P. Chazarin, et M. Oi. « Suivi et évolution des cycles couplés de l'énergie, de l'eau et du carbone en milieu sahéliens : Proposition d'une approche intégrée (observation-modélisation-télé-détection) ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Depeyre, A., B. Hector, J.-M. Cohard, et T. Pellarin. « Modélisation des transferts d'eau dans la Zone Critique de deux bassins versants contrastés (Dargol au Niger et Ouémé au Bénin) ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Galle, S., M. Grippa, C. Peugeot, I. Bouzou Moussa, B. Cappelaere, J. Demarty, E. Mougin, G. Panthou, et AMMA-CATCH. « AMMA-CATCH : 30 ans de mesures de la zone critique en Afrique de l'Ouest ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Gangneron, F., et E. Robert. « Variation en deux exemples sur le thème de l'eau : de l'expertise des populations aux dispositifs techniques ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Grippa, M., E. Robert, J. M. Martinez, M. Gosset, L. Gal, N. Soumaguel, P. Hiernaux, A. A. Touré, et L. Kergoat. « Monitoring water quantity and quality in Sahelian ponds and lakes ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Hiernaux, P., A. Diawara, M. H. Assouma, L. Kergoat, C. Dardel, et E. Mougin. « What explain the strong resilience of herbaceous vegetation to grazing in the Sahel ? ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Ingatan, A., J-P Vandervaere, I. Bouzou Moussa, et M. Descloîtres. « Estimation de l'efficacité des aménagements du bassin de Tondi Kiboro (Niger) en termes de rétention d'eau ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Kotchoni, D.O.V., J.-M. Vouillamoz, F.M.A. Lawson, P. Adjomayi, M. Boukari, R. Taylor, et I.C. Alle. « Relationships between rainfall and groundwater recharge in seasonally humid Benin: a comparative analysis of long-term hydrographs in sedimentary and crystalline aquifers ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Lebel, T. « Changements globaux et cycle de l'eau en zone intertropicale: enjeux scientifiques et sociétaux ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication invitée. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Panthou, G., T. Lebel, T. Vischel, G. Quantin, Y. Sane, A. Ba, O. Ndiaye, A. Diongue Niang, et M. Diokpane. « Rainfall intensification in tropical semi-arid regions: the Sahelian case ». In *Enjeux et*

Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.

Wendling, V., C. Peugeot, A.G. Mayor, P. Hiernaux, E. Mougin, M. Grippa, L. Kergoat, et T. Lebel. « Tipping points and regime shifts in dynamic systems : a new modeling approach to study Sahelian ecohydrology ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.

Wilcox, C., T. Vischel, et G. Panthou. « Trends in hydrological extremes in the Senegal and Niger Rivers ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.

C7. Communication grand public

The Conversation

[Inondations en Afrique : une nouvelle ère hydroclimatique](#)", The Conversation, 24/11/2020

[Au Sahel, maintenir l'élevage pastoral pour s'adapter au changement climatique](#) , "The Conversation" du 21 novembre 2018.

[Au Sahel, pas de retour à la normale après la « grande sécheresse »](#), "The Conversation" du 12 novembre 2018.

Presse quotidienne

[Inondations. Le Sahel meurtri par la mousson](#), "l'Humanité" du 29 septembre 2020.

[Du Sénégal à l'Éthiopie, des pluies diluviennes ravagent la bande sahélienne](#), "Le Monde" du 19 septembre 2020.

[L'Afrique doit prendre sa part de responsabilité dans la lutte contre le changement climatique](#), "Le Monde" du 26 novembre 2018.

[Au Sahel, maintenir l'élevage pastoral pour s'adapter au changement climatique](#), "Le Monde" du 26 novembre 2018.

[La recherche détient les clés de la gestion de l'eau en Afrique](#), journal en ligne "Sci Dev Net" du 16 novembre 2018.

[Afrique : au Sahel, pas de retour à la normale après la "grande sécheresse"](#), "L'Obs" du 13 novembre 2018.

[Au Sahel, le climat durablement perturbé depuis la « grande sécheresse »](#), "le Monde" du 13 novembre 2018.

[La recherche scientifique pour la prévention et l'anticipation des impacts des changements environnementaux](#), "le Sahel" (Niger) du 13 novembre 2018.

C8. DOI de données

En 2018 nous avons publié 42 DOI décrivant les sites et les données du SNO AMMA-CATCH

DOI de l'observatoire et des trois sites de méso-échelle

Type	Pays	WP leader(s)	DOI
SNO	Bénin, Niger, Mali	S. Galle, M. Grippa, C. Peugeot, I. Bouzou Moussa, B. Cappelaere, J. Demarty, E. Mougin G. Panthou	AMMA-CATCH. (1990) AMMA-CATCH: a hydrological, meteorological and ecological observatory on West Africa. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/AMMA-CATCH.all
site	Bénin	C. Peugeot, M. Dossou, E. Lawin, A. Zannou	AMMA-CATCH. (1996) AMMA-CATCH observatory: upper Oueme mesoscale site (14 000 km ²) in the sudanian climate zone, Benin. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.benin
site	Mali	E. Mougin A. Ba	AMMA-CATCH. (2003) AMMA-CATCH observatory: Gourma mesoscale site (30 000 km ²) in the Sahelian pastoral zone, Mali. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.mali
site	Niger	B. Cappelaere, I. Bouzou Moussa	AMMA-CATCH. (1990) AMMA-CATCH observatory: Niamey square degree mesoscale site (16 000 km ²) in the cultivated Sahelian zone, Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/AMMA-CATCH.niger

DOI des jeux de données

Catégorie	Pays	WP leader(s)	DOI
Rainfall	Bénin	G. Panthou, G. Quantin, E. Lawin T. Vischel	AMMA-CATCH. (1999) Precipitation dataset (5 minutes rainfall), 30 long-term stations over the upper Oueme watershed (14 000 km ²), Benin. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.Rain_O
	Bénin	G. Panthou, G. Quantin, E. Lawin T. Vischel	AMMA-CATCH. (1999) Precipitation dataset (5 minutes rainfall), over the Donga watershed (600 km ²), Benin. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.Rain_Od
	Bénin	G. Panthou, G. Quantin, T. Vischel	AMMA-CATCH. (2008) Precipitation dataset (5 minutes rainfall), at Cotonou, Benin. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.Rain_Cotonou
	Mali	E. Mougin, M. Gosset, M. Grippa	AMMA-CATCH. (2003) Precipitation dataset (daily rainfall), over the Hombori site (2500 km ²), Mali. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.RainD_Gh

	Mali	E. Mougin, M. Gosset, M. Grippa	AMMA-CATCH. (2005) Precipitation dataset (5 minutes rainfall), over the Hombori site (2500 km ²), Mali. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.Rain_G
	Mali	E. Mougin, M. Gosset, G. Quantin	AMMA-CATCH. (2005) Precipitation dataset (5 minutes rainfall), within the Gourma site (30000 km ²), Mali. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.Rain_GT
	Niger	G. Panthou, G. Quantin, T. Vischel	AMMA-CATCH. (1990) Precipitation dataset (5 minutes rainfall), 30 long-term stations over the Niamey square degree site (16 000 km ²), Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.Rain_N
	Niger	G. Panthou, G. Quantin, T. Vischel	AMMA-CATCH. (1990) Precipitation dataset (5 minutes rainfall), for the 1990-2004 period over the Niamey square degree site (16 000 km ²), Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.Rain_Nc_9004
	Niger	G. Panthou, G. Quantin, T. Vischel	AMMA-CATCH. (1999) Precipitation dataset (5 minutes rainfall), 5 stations in Eastern Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.Rain_Nig
	Niger	G. Panthou, G. Quantin, T. Vischel	AMMA-CATCH. (2005) Precipitation dataset (5 minutes rainfall), over the Niamey square degree site (16 000 km ²), Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.Rain_Nc
	Niger	L. Descroix I. Bouzou Moussa M. Malam Abdou	AMMA-CATCH. (2005) Precipitation dataset (daily rainfall), for the 2005-2010 period, high-density network over 100 km ² , Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.RainD_Nc
	Niger	I. Bouzou Moussa M. Malam Abdou O. Faran Maiga	AMMA-CATCH. (2006) Precipitation dataset (daily rainfall), over the Tondikiboro and Mele Haoussa watersheds (< 35 ha), Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.RainD_Nct
Meteorology	Bénin	S. Galle J-M. Cohard G. Panthou	AMMA-CATCH. (2002) Meteorological dataset (including radiative budget), within the Donga watershed (600 km ²), Benin. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.al.met_od
	Mali	M. Grippa A. Ba L. Kergoat	AMMA-CATCH. (2005) Meteorological dataset (including radiative budget and soil variables), within the Gourma site (30 000 km ²), Mali. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.AL.Met_G
	Niger	J. Demarty I. Mainassara B. Cappelaere	AMMA-CATCH. (2005) Meteorological dataset (including radiative budget and soil variables), within the Niamey square degree site (16 000 km ²), Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.AL.Met_Nc

Surface Water	Bénin	C. Peugeot M. Dossou A. Zannou	AMMA-CATCH. (1996) Surface water dataset (river discharge), within the upper Oueme watershed (14 000 km ²), Benin. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.Run_O
	Bénin	L. Séguis M. Dossou A. Zannou	AMMA-CATCH. (1998) Surface water dataset (river discharge), within the Donga watershed (600 km ²), Benin. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.Run_Od
	Bénin	L. Séguis B. Hector F. Lanhoussi	AMMA-CATCH. (2008) Surface water dataset (river discharge), of the Nalohou watershed (16 ha), Benin. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.Run_Odc
	Mali	M. Grippa, L. Kergoat	AMMA-CATCH. (2011) Surface water dataset (pond water level and turbidity), on the Agoufou pond (250 km ² watershed), Mali. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.Pond_Gha
	Niger	G. Favreau Y. Nazoumou M. Oï	AMMA-CATCH. (2003) Surface water dataset (pond water level), within the Fakara site (2 000 km ²), Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.Pond_Nc
	Niger	I. Bouzou Moussa M. Malam Abdou O. Faran Maiga	AMMA-CATCH. (2004) Surface water dataset (river discharge), within the Tondikiboro and Mele Haoussa watersheds (< 35 ha), Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.Run_Nct
	Niger	B. Cappelaere	AMMA-CATCH. (2004) Surface water dataset (river discharge), within the Wankama watershed (1 km ²), Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.Run_Ncw
Groundwater	Bénin	L. Séguis M. Boukari	AMMA-CATCH. (1999) Groundwater dataset (water table level), over the upper Oueme watershed (14 000 km ²), Benin. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.GwatWell_O
	Bénin	L. Séguis B. Hector B. Kamagaté	AMMA-CATCH. (2003) Groundwater dataset (water table level), over the Donga watershed (600 km ²), Benin. RD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.Gwat_Odc
	Niger	G. Favreau Y. Nazoumou M. Oï	AMMA-CATCH. (2003) Groundwater dataset (water table level), over the Niamey square degree site (16 000 km ²), Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.GwatWell_N
Water Quality	Bénin	L. Séguis B. Kamagaté	AMMA-CATCH. (2002) Water chemistry dataset (geochemical composition of water), within the Donga watershed (600 km ²), Benin. Concentration of major ions, trace elements, Si concentration. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.WChem_Od

Soil Moisture	Bénin	S. Galle T. Pellarin	AMMA-CATCH. (2005) Soil dataset (soil moisture, temperature, and suction profiles), within the Donga watershed (600 km ²), Benin. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.ce.sw_odc
	Mali	M. Grippa M. Diawara	AMMA-CATCH. (2007) Soil dataset (soil moisture profiles), within the Agoufou watershed (250 km ²), Mali. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.SW_Gha
	Mali	M. Grippa A. Ba	AMMA-CATCH. (2004) Soil dataset (soil moisture and temperature profiles), within the Gourma site (30 000 km ²), Mali. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.SW_G
	Niger	B. Cappelaere T. Pellarin	AMMA-CATCH. (2004) Soil dataset (soil moisture and temperature profiles), within the Fakara site (2 000 km ²), Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.SW_Nc
Flux	Bénin	J-M. Cohard S. Galle O. Mamadou	AMMA-CATCH. (2005) Surface flux dataset (including meteorological data, radiative budget, surface energy, water vapor and carbon fluxes), within the Donga watershed (600 km ²), Benin. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.ae.h2oflux_odc
	Bénin	J-M. Cohard S. Galle O. Mamadou	AMMA-CATCH. (2005) Surface flux dataset (including meteorological data, radiative budget, and surface energy fluxes), within the Donga watershed (600km ²), Benin. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.AE.SHFlux_Odc
	Niger	B. Cappelaere J. Demarty	AMMA-CATCH. (2005) Surface flux dataset (including meteorological data, radiative budget, surface energy, water vapor and carbon fluxes), over the Wankama watershed (1 km ²), Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.AE.H2OFlux_Ncw
Vegetation	Bénin	C. Peugeot J. Seghieri B. Awessou	AMMA-CATCH. (2010) Vegetation dataset (sap flow), within the Donga watershed (600km ²), Benin. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.Sap_Odc
	Mali	E. Mougín P. Hiernaux M. Diawara	AMMA-CATCH. (2005) Vegetation dataset (interannual dynamics of herbaceous vegetation), within the Gourma site (30 000 km ²), Mali. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CL.VegHerb_G
	Mali	J. Seghieri P. Hiernaux M. Diawara	AMMA-CATCH. (2005) Vegetation dataset (seasonal physiological functioning of woody vegetation), within the Hombori site (2500 km ²), Mali. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. Doi: 10.17178/amma-catch.CE.VegSoil_Gh

	Mali	E. Mougin P. Hiernaux M. Diawara	AMMA-CATCH. (2010) Vegetation dataset (seasonal dynamics of herbaceous vegetation), within the Hombori site (2500 km ²), Mali. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. Doi: 10.17178/amma-catch.CE.Veg_Gh
	Niger	J. Demarty B-A Issoufou	AMMA-CATCH. (2005) Vegetation dataset (seasonal dynamics of millet and fallow), within the Wankama watershed (1 km ²), Niger. IRD, CNRS-INSU, OSUG, OMP, OREME. doi: 10.17178/amma-catch.CE.Veg_Ncw

Annexe D : Production scientifique des utilisateurs du SNO [2017-2021]

(publications de rang A, conférences, thèses)

[Production pour laquelle le premier auteur appartient à une équipe extérieure au service]

D1. Thèses

Diallo, F. Binta. « Simulations multi-échelles couplées de la saisonnalité des vagues de chaleur et des pluies de mousson en Afrique de l'ouest ». Thèse de Doctorat, Sorbonne Universités, UPMC, 2018. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02922313v1>.

D2. Publications de rang A (référéncées dans WoS)

Abdi, Abdi, Abdulhakim, Niklas Boke-Olén, David Tenenbaum, Torbern Tagesson, Bernard Cappelaere, et Jonas Ardö. « Evaluating Water Controls on Vegetation Growth in the Semi-Arid Sahel Using Field and Earth Observation Data ». *Remote Sensing* 9, n° 3 (21 mars 2017): 294. <https://doi.org/10.3390/rs9030294>.

Al Bitar, Ahmad, Arnaud Mialon, Yann H. Kerr, François Cabot, Philippe Richaume, Elsa Jacqueline, Arnaud Quesney, et al. « The Global SMOS Level 3 Daily Soil Moisture and Brightness Temperature Maps ». *Earth System Science Data* 9, n° 1 (6 juin 2017): 293-315. <https://doi.org/10.5194/essd-9-293-2017>.

Al-Yaari, A., J. -P. Wigneron, W. Dorigo, A. Colliander, T. Pellarin, S. Hahn, A. Mialon, et al. « Assessment and inter-comparison of recently developed/reprocessed microwave satellite soil moisture products using ISMN ground-based measurements ». *Remote Sensing of Environment* 224 (1 avril 2019): 289-303. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.008>.

Berthou, Ségolène, David P. Rowell, Elizabeth J. Kendon, Malcolm J. Roberts, Rachel A. Stratton, Julia A. Crook, et Catherine Wilcox. « Improved Climatological Precipitation Characteristics over West Africa at Convection-Permitting Scales ». *Climate Dynamics* 53, n° 3 (1 août 2019): 1991-2011. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04759-4>.

Bichet, Adeline, et Arona Diedhiou. « Less Frequent and More Intense Rainfall along the Coast of the Gulf of Guinea in West and Central Africa (1981–2014) ». *Climate Research* 76, n° 3 (25 octobre 2018): 191-201. <https://doi.org/10.3354/cr01537>.

Bodian, Ansoumana, Lamine Diop, Jeremy Panthou, Honoré Dacosta, Abdoulaye Deme, Alain Dezetter, Pape Malick Ndiaye, Ibrahima Diouf, et Théo Vischel. « Recent Trend in Hydroclimatic Conditions in the Senegal River Basin ». *Water* 12, n° 2 (6 février 2020): 436. <https://doi.org/10.3390/w12020436>.

Brandt, M., Tucker, C.J., Kariryaa, A., Rasmussen, K., C. Abel, J. Small, J. Chave, et al. « An Unexpectedly Large Count of Trees in the West African Sahara and Sahel ». *Nature*, 2020, 319048.3164680001 MB. <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAAC/1832>.

Brandt, Martin, Pierre Hiernaux, Kjeld Rasmussen, Compton J. Tucker, Jean-Pierre Wigneron, Abdoul Aziz Diouf, Stefanie M. Herrmann, et al. « Changes in Rainfall Distribution Promote Woody Foliage Production in the Sahel ». *Communications Biology* 2, n° 1 (décembre 2019): 133. <https://doi.org/10.1038/s42003-019-0383-9>.

Brandt, Martin, Kjeld Rasmussen, Pierre Hiernaux, Stefanie Herrmann, Compton J. Tucker, Xiaoye Tong, Feng Tian, et al. « Reduction of Tree Cover in West African Woodlands and Promotion in Semi-Arid Farmlands ». *Nature Geoscience* 11, n° 5 (mai 2018): 328-33. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0092-x>.

Braud, Isabelle, Véronique Chaffard, Charly Coussot, Sylvie Galle, Patrick Juen, Hugues Alexandre, Philippe Baillion, et al. « Building the Information System of the French Critical Zone Observatories Network: Theia/OZCAR-IS ». *Hydrological Sciences Journal Special Issue: Hydrological data: opportunities and barriers* (4 mai 2020): 02626667.2020.1764568. <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1764568>.

- Colliander, A., T.J. Jackson, R. Bindlish, S. Chan, N. Das, S.B. Kim, M.H. Cosh, et al. « Validation of SMAP Surface Soil Moisture Products with Core Validation Sites ». *Remote Sensing of Environment* 191 (mars 2017): 215-31. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.021>.
- Colliander, A., Reichle, R., Crow, W., Cosh, M., Chen, F., Chan, S., et al. (2021): Validation of Soil Moisture Data Products from the NASA SMAP Mission. TechRxiv. Preprint. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.14714571.v1>
- Cuthbert, Mark O., Richard G. Taylor, Guillaume Favreau, Martin C. Todd, Mohammad Shamsudduha, Karen G. Villholth, Alan M. MacDonald, et al. « Observed Controls on Resilience of Groundwater to Climate Variability in Sub-Saharan Africa ». *Nature* 572, n° 7768 (août 2019): 230-34. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1441-7>.
- Delogu, Emilie, Gilles Boulet, Albert Olioso, Sébastien Garrigues, Aurore Brut, Tiphaine Tallec, Jérôme Demarty, Kamel Soudani, et Jean-Pierre Lagouarde. « Evaluation of the SPARSE Dual-Source Model for Predicting Water Stress and Evapotranspiration from Thermal Infrared Data over Multiple Crops and Climates ». *Remote Sensing* 10, n° 11 (15 novembre 2018): 1806. <https://doi.org/10.3390/rs10111806>.
- Delogu, E., A. Olioso, A. Allières, J. Demarty and G. Boulet (2021). "Evaluation of Multiple Methods for the Production of Continuous Evapotranspiration Estimates from TIR Remote Sensing." *Remote Sensing* 13(6): 1086. <https://doi.org/10.3390/rs10111806>.
- Delon, C., C. Galy-Lacaux, D. Serça, B. Loubet, N. Camara, E. Gardrat, I. Saneh, R. Fensholt, T. Tagesson, V. Le Dantec, B. Sambou, C. Diop, E. Mougin (2017). « Soil and vegetation-atmosphere exchange of NO, NH₃, and N₂O from field measurements in a semi arid grazed ecosystem in Senegal ». *Atmospheric Environment* 156 (mai 2017): 36-51. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.02.024>.
- Delon, Claire, Corinne Galy-Lacaux, Dominique Serça, Erwan Personne, Eric Mougin, Marcellin Adon, Valérie Le Dantec, Benjamin Loubet, Rasmus Fensholt, et Torbern Tagesson. « Modelling Land-Atmosphere Daily Exchanges of NO, NH₃, and CO₂ in a Semi-Arid Grazed Ecosystem in Senegal ». *Biogeosciences* 16, n° 9 (15 mai 2019): 2049-77. <https://doi.org/10.5194/bg-16-2049-2019>.
- Descroix, Luc, Bakary Faty, Sylvie Paméla Manga, Ange Bouramanding Diedhiou, Laurent A. Lambert, Safietou Soumaré, Julien Andrieu, et al. « Are the Fouta Djallon Highlands Still the Water Tower of West Africa? ». *Water* 12, n° 11 (22 octobre 2020): 2968. <https://doi.org/10.3390/w12112968>.
- Descroix, Luc, Françoise Guichard, Manuela Grippa, Laurent Lambert, Gérémy Panthou, Gil Mahé, Laetitia Gal, et al. « Evolution of Surface Hydrology in the Sahelo-Sudanian Strip: An Updated Review ». *Water* 10, n° 6 (8 juin 2018): 748. <https://doi.org/10.3390/w10060748>.
- Diallo, F. B., F. Hourdin, C. Rio, A.-K. Traore, L. Mellul, F. Guichard, et L. Kergoat. « The Surface Energy Budget Computed at the Grid-Scale of a Climate Model Challenged by Station Data in West Africa: GCM Facing West Africa in Situ Data ». *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* 9, n° 7 (novembre 2017): 2710-38. <https://doi.org/10.1002/2017MS001081>.
- Dickson, Neil E. M., Jean-Christophe Comte, Youssouf Koussoube, Ulrich S. Offerdinger, et Jean-Michel Vouillamoz. « Analysis and Numerical Modelling of Large-Scale Controls on Aquifer Structure and Hydrogeological Properties in the African Basement (Benin, West Africa) ». *Geological Society, London, Special Publications*, 8 mai 2018, SP479.2. <https://doi.org/10.1144/SP479.2>.
- Dunn, Robert J. H., Lisa V. Alexander, Markus G. Donat, Xuebin Zhang, Margot Bador, Nicholas Herold, Tanya Lippmann, et al. « Development of an Updated Global Land In Situ-Based Data Set of Temperature and Precipitation Extremes: HadEX3 ». *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 125, n° 16 (27 août 2020). <https://doi.org/10.1029/2019JD032263>.
- Escorihuela, Maria Jose, Olivier Merlin, Vivien Stefan, Gorka Moyano, Omar Ali Eweys, Mehrez Zribi, Sidi Kamara, et al. « SMOS Based High Resolution Soil Moisture Estimates for Desert Locust Preventive Management ». *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 11 (août 2018): 140-50. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.06.002>.
- Fatras, Christophe, Pierre Borderies, Frédéric Frappart, Eric Mougin, Denis Blumstein, et Fernando Niño. « Impact of Surface Soil Moisture Variations on Radar Altimetry Echoes at Ku and Ka Bands in Semi-Arid Areas ». *Remote Sensing* 10, n° 4 (9 avril 2018): 582. <https://doi.org/10.3390/rs10040582>.
- Fisher, Joshua B., Brian Lee, Adam J. Purdy, Gregory H. Halverson, Matthew B. Dohlen, Kerry Cawse-Nicholson, Audrey Wang, et al. « ECOSTRESS: NASA's next Generation Mission to Measure

- Evapotranspiration from the International Space Station ». *Water Resources Research*, 6 avril 2020, e2019WR026058. <https://doi.org/10.1029/2019WR026058>.
- Foucras, Myriam, Mehrez Zribi, Clément Albergel, Nicolas Baghdadi, Jean-Christophe Calvet, et Thierry Pellarin. « Estimating 500-m Resolution Soil Moisture Using Sentinel-1 and Optical Data Synergy ». *Water* 12, n° 3 (20 mars 2020): 866. <https://doi.org/10.3390/w12030866>.
- Fovet, Ophelie, Axel Belemtougri, Laurie Boithias, Isabelle Braud, Jean-Baptiste Charlier, Marylise Cottet, Kevin Daudin, et al. « Intermittent Rivers and Ephemeral Streams: Perspectives for Critical Zone Science and Research on Socio-ecosystems ». *WIREs Water* 8, n° 4 (juillet 2021). <https://doi.org/10.1002/wat2.1523>.
- Frappart, Frédéric, Fabien Blarel, Fabrice Papa, Catherine Prigent, Eric Mougin, Philippe Paillou, Frédéric Baup, et al. « Backscattering Signatures at Ka, Ku, C and S Bands from Low Resolution Radar Altimetry over Land ». *Advances in Space Research* 68, no 2 (juillet 2021): 989–1012. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.06.043>.
- Gaillardet, J., I. Braud, F. Hankard, S. Anquetin, O. Bour, N. Dorfliger, J.R. de Dreuzy, et al. « OZCAR: The French Network of Critical Zone Observatories ». *Vadose Zone Journal* 17, n° 1 (2018): 0. <https://doi.org/10.2136/vzj2018.04.0067>.
- Getirana, Augusto, Aaron Boone, Christophe Peugeot, et and ALMIP2 Working Group. « Streamflows over a West African Basin from the ALMIP2 Model Ensemble ». *Journal of Hydrometeorology* 18, n° 7 (juillet 2017): 1831-45. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0233.1>.
- Hinderer, J, B Hector, U Riccardi, S Rosat, J-P Boy, M Calvo, F Littel, et J-D Bernard. « A Study of the Monsoonal Hydrology Contribution Using a 8-Yr Record (2010–2018) from Superconducting Gravimeter OSG-060 at Djougou (Benin, West Africa) ». *Geophysical Journal International* 221, n° 1 (1 avril 2020): 431-39. <https://doi.org/10.1093/gji/ggaa027>.
- Hssaine, Bouchra, Jamal Ezzahar, Lionel Jarlan, Olivier Merlin, Said Khabba, Aurore Brut, Salah Er-Raki, Jamal Elfarkh, Bernard Cappelaere, et Ghani Chehbouni. « Combining a Two Source Energy Balance Model Driven by MODIS and MSG-SEVIRI Products with an Aggregation Approach to Estimate Turbulent Fluxes over Sparse and Heterogeneous Vegetation in Sahel Region (Niger) ». *Remote Sensing* 10, n° 6 (19 juin 2018): 974. <https://doi.org/10.3390/rs10060974>.
- Kendon, Elizabeth J., Rachel A. Stratton, Simon Tucker, John H. Marsham, Ségolène Berthou, David P. Rowell, et Catherine A. Senior. « Enhanced Future Changes in Wet and Dry Extremes over Africa at Convection-Permitting Scale ». *Nature Communications* 10, n° 1 (23 avril 2019): 1794. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09776-9>.
- MacDonald, Alan M., R. Murray Lark, Richard G. Taylor, Tamiru Abiye, Helen C. Fallas, Guillaume Favreau, Ibrahim B. Goni, et al. « Mapping Groundwater Recharge in Africa from Ground Observations and Implications for Water Security ». *Environmental Research Letters* 16, n° 3 (février 2021): 034012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abd661>.
- Massazza, Giovanni, Paolo Tamagnone, Catherine Wilcox, Elena Belcore, Alessandro Pezzoli, Theo Vischel, Gérémy Panthou, et al. « Flood Hazard Scenarios of the Sirba River (Niger): Evaluation of the Hazard Thresholds and Flooding Areas ». *Water* 11, n° 5 (15 mai 2019): 1018. <https://doi.org/10.3390/w11051018>.
- Massazza, Giovanni, Maurizio Bacci, Luc Descroix, Mohamed Housseini Ibrahim, Edoardo Fiorillo, Gaptia Lawan Katiellou, Geremy Panthou, et al. « Recent Changes in Hydroclimatic Patterns over Medium Niger River Basins at the Origin of the 2020 Flood in Niamey (Niger) ». *Water* 13, n° 12 (janvier 2021): 1659. <https://doi.org/10.3390/w13121659>.
- Mathy, Sandrine, Olivier Labussière, Sabine Lavorel, Thierry Lebel, Bertrand Schmitt, le collectif « Autour du 2 °C 2019 », (incluant S. Galle et V. Wendling). « Les enjeux de l'interdisciplinarité de la recherche et des parcours de formation sur le changement climatique : l'école d'été « Autour du 2 °C » ». *Natures Sciences Sociétés*, 2021. <https://doi.org/10.1051/nss/2021017>.
- Normandin, Cassandra, Frédéric Frappart, Adama Telly Diepkilé, Vincent Marieu, Eric Mougin, Fabien Blarel, Bertrand Lubac, Nadine Braquet, et Abdramane Ba. « Evolution of the Performances of Radar Altimetry Missions from ERS-2 to Sentinel-3A over the Inner Niger Delta ». *Remote Sensing* 10, n° 6 (25 mai 2018): 833. <https://doi.org/10.3390/rs10060833>.
- Pierre, Caroline, Laurent Kergoat, Pierre Hiernaux, Christian Baron, Gilles Bergametti, Jean-Louis Rajot, Amadou Abdourhamane Toure, Gregory S. Okin, et Beatrice Marticorena. « Impact of Agropastoral Management on Wind Erosion in Sahelian Croplands: Agropastoral Management Impact on Wind Erosion in Sahelian Croplands ». *Land Degradation & Development* 29, n° 3 (mars 2018): 800-811. <https://doi.org/10.1002/ldr.2783>.

- Outrequin, C., Alexandre, A., Vallet-Coulomb, C., Piel, C., Devidal, S., Landais, A., Couapel, M., Mazur, J.-C., Peugeot, C., Pierre, M., Prié, F., Roy, J., Sonzogni, C., Voigt, C., 2021. The triple oxygen isotope composition of phytoliths, a new proxy of atmospheric relative humidity: controls of soil water isotope composition, temperature, CO₂ concentration and relative humidity. *Climate of the Past Discussions* 1–25. <https://doi.org/10.5194/cp-2021-34>
- Poméon, Thomas, Bernd Diekkrüger, Anne Springer, Jürgen Kusche, et Annette Eicker. « Multi-Objective Validation of SWAT for Sparsely-Gauged West African River Basins—A Remote Sensing Approach ». *Water* 10, n° 4 (9 avril 2018): 451. <https://doi.org/10.3390/w10040451>.
- Poméon, Thomas, Bernd Diekkrüger, et Rohini Kumar. « Computationally Efficient Multivariate Calibration and Validation of a Grid-Based Hydrologic Model in Sparsely Gauged West African River Basins ». *Water* 10, n° 10 (10 octobre 2018): 1418. <https://doi.org/10.3390/w10101418>.
- Poméon, Thomas, Dominik Jackisch, et Bernd Diekkrüger. « Evaluating the Performance of Remotely Sensed and Reanalysed Precipitation Data over West Africa Using HBV Light ». *Journal of Hydrology* 547 (avril 2017): 222–35. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.01.055>.
- Rahimi, Jaber, Expedi Evariste Ago, Augustine Ayantunde, Sina Berger, Jan Bogaert, Klaus Butterbach-Bahl, Bernard Cappelaere, et al. « Modelling Gas Exchange and Biomass Production in West African Sahelian and Sudanian Ecological Zones ». *Geoscientific Model Development Discussions*, 5 février 2021, 1-39. <https://doi.org/10.5194/gmd-2020-417>.
- Rashid, Mehnaz, Rong-You Chien, Agnès Ducharne, Hyungjun Kim, Pat J.-F. Yeh, Christophe Peugeot, Aaron Boone, et al. « Evaluation of Groundwater Simulations in Benin from the ALMIP2 Project ». *Journal of Hydrometeorology* 20, n° 2 (février 2019): 339-54. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-18-0025.1>.
- Raso, Luciano, Jan Kwakkel, Jos Timmermans, et Geremy Panthou. « How to Evaluate a Monitoring System for Adaptive Policies: Criteria for Signposts Selection and Their Model-Based Evaluation ». *Climatic Change* 153, n° 1-2 (mars 2019): 267-83. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2355-3>.
- Roca, Rémy, Nicolas Taburet, Estelle Lorant, Philippe Chambon, Matias Alcoba, Hélène Brogniez, Sophie Cloché, Christophe Dufour, Marielle Gosset, et Clément Guilloteau. « Quantifying the Contribution of the Megha-Tropiques Mission to the Estimation of Daily Accumulated Rainfall in the Tropics ». *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 144, n° S1 (novembre 2018): 49-63. <https://doi.org/10.1002/qj.3327>.
- Senior, Catherine A, John H Marsham, Sègolène Berthou, Laura E Burgin, Sonja S Folwell, Elizabeth J Kendon, Cornelia M Klein, et al. « Convection permitting regional climate change simulations for understanding future climate and informing decision making in Africa ». *Bulletin of the American Meteorological Society*, 19 février 2021, 1-46. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0020.1>.
- Tagesson, Torbern, Jonas Ardö, Bernard Cappelaere, Laurent Kergoat, Abdulhakim Abdi, Stéphanie Horion, et Rasmus Fensholt. « Modelling Spatial and Temporal Dynamics of Gross Primary Production in the Sahel from Earth-Observation-Based Photosynthetic Capacity and Quantum Efficiency ». *Biogeosciences* 14, n° 5 (17 mars 2017): 1333-48. <https://doi.org/10.5194/bg-14-1333-2017>.
- Taylor, Christopher M., Danijel Belušić, Françoise Guichard, Douglas J. Parker, Théo Vischel, Olivier Bock, Phil P. Harris, Serge Janicot, Cornelia Klein, et Gérémy Panthou. « Frequency of extreme Sahelian storms tripled since 1982 in satellite observations ». *Nature* 544, n° 7651 (26 avril 2017): 475-78. <https://doi.org/10.1038/nature22069>.
- Trichon, Valérie, Pierre Hiernaux, Romain Walcker, et Eric Mougín. « The Persistent Decline of Patterned Woody Vegetation: The Tiger Bush in the Context of the Regional Sahel Greening Trend ». *Global Change Biology* 24, n° 6 (11 février 2018): 2633-48. <https://doi.org/10.1111/gcb.14059>.
- Verbruggen, Wim, Guy Schurgers, Stéphanie Horion, Jonas Ardö, Paulo N. Bernardino, Bernard Cappelaere, Jérôme Demarty, et al. « Contrasting Responses of Woody and Herbaceous Vegetation to Altered Rainfall Characteristics in the Sahel ». *Biogeosciences* 18, n° 1 (7 janvier 2021): 77-93. <https://doi.org/10.5194/bg-18-77-2021>.
- Zribi, M., M. Foucras, N. Baghdadi, J. Demarty, et S. Muddu. « A New Reflectivity Index for the Retrieval of Surface Soil Moisture From Radar Data ». *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 14 (2021): 818-26. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.3033132>.

D3. Autres publications

- Bidou, J-E., A. Koukperé, et I. Droy. « Chapitre 8 : La crise du parc arboré à karité : exemple de Djougou au Bénin ». In *Agroforesterie et services écosystémiques en zone tropicale*, édité par J. Seghieri et J. M. Harmand, 129-45. Collection Update Sciences & Technologies. Versailles: éditions Quae, 2019. <https://www.quae-open.com/produit/110/9782759230600/agroforesterie-et-services-ecosystemiques-en-zone-tropicale>.
- Blarel, F., F. Frappart, E. Mougín, C. Ottlé, M. Grippa, G. Ramillien, et N. Raoult. « Inversion of Surface Soil Moisture from Radar Altimetry Backscattering in Semi-Arid Environments ». In *IGARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 9110-13, 2018. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2018.8518637>.
- Boubacar Na'Allah, A., M. Malam Abdou, A. Ingatan Warzagan, I. Mamadou, O. Faran Maiga, I. Bouzou Moussa, et L. Descroix. « Efficacité du sous-solage dans la restauration des sols sahéliens dégradés. Étude expérimentale sur le site de Tondi Kiboro, Niger ». *Afrique Science* 13, n° 6 (2017): 189-201. http://www.afriquescience.net/numero6_vol_13.html.
- Cawse-Nicholson, K., J. Fisher, et A. Wang. « ECOSTRESS Calibration and Validation ». JPL, NASA, 2017. https://ecostress.jpl.nasa.gov/downloads/science_team_meetings/2017/day2/1_ECOSTRESS_calibration_val.pdf.
- Clermont-Dauphin, C., L. Séguis, C. Velluet, M. Degbe, L. Cournac, et J. Seghieri. « Chapitre 10 : Impacts du karité sur les ressources du sol et la production d'une culture de maïs associée dans un parc agroforestier soudanien du Nord-Est du Bénin ». In *Agroforesterie et services écosystémiques en zone tropicale*, édité par J. Seghieri et J. M. Harmand, 159-71. Collection Update Sciences & Technologies. Versailles: éditions Quae, 2019. <https://www.quae-open.com/produit/110/9782759230600/agroforesterie-et-services-ecosystemiques-en-zone-tropicale>.
- Descroix, Luc. *Processus et enjeux d'eau en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne*. France: Editions des archives contemporaines, 2018. <http://www.archivescontemporaines.com/books/9782813003140>.
- Kosmowski, F., R. Lalou, B. Sultan, B. Muller, S. Galle, et L. Séguis. « Chapter 4 : Contrasting Perceptions with Climate Change Scientific Observations in Three West African Contexts ». In *Rural Societies in the Face of Climatic and Environmental Changes in West Africa*, édité par B. Sultan, R. Lalou, S. Amadou, A. Oumarou, et M.A. Soumaré, 87-107. Synthèses. Marseille: IRD Editions, 2017. <http://books.openedition.org/irdeditions/8914?format=toc>.
- Seghieri, Josiane, et Jean-Michel Harmand. *Agroforesterie et services écosystémiques en zone tropicale*. Collection Update Sciences & Technologies. Versailles: Editions Quae, 2019. <https://www.quae.com/produit/1580/9782759230600/agroforesterie-et-services-ecosystemiques-en-zone-tropicale>.
- Sultan, Benjamin, Richard Lalou, Mouftaou Amadou Sanni, Amadou Oumarou, et Mame Arame Soumaré, éd. *Rural Societies in the Face of Climatic and Environmental Changes in West Africa*. IRD Éditions, 2017. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.12298>.

D4. Conférence Internationale de Niamey (2018)

- Albergel, C., M. Tall, B. Bonan, Y. Zheng, S. Munier, et J.-C. Calvet. « A 10-yr offline reanalyses of the land surface variables over Western Africa using LDAS-Monde ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14 nov., 2018.
- Albergel, J., A. Biarnes, D. Feurer, O. Grunberger, Z. Jenhaoui, et I. Mekki. « Kamech, a long-term observatory of critical zone in interaction with land management and the presence of a small dam in North Africa ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14 nov., R.
- Ali, A. « Gestion durable des ressources en eau dans la région du Sahel ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication invitée. Niamey (Niger): 12-14 nov., 2018.

- Aubinet, M. « Mesure des flux de CO₂ et bilan carboné : état de la question et méthodologie ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, communication invitée. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Carrière, S.D., et K. Chalikakis. « New hydro-climatic observatory in a hotspot of global change? Mahafaly plateau southwestern of Madagascar ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Descroix, L., L. Fleury, R. Lalou, M.J. senghor, et et al. « Salinité des eaux continentales : une contrainte pour le développement ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Gaillardet, J., I. Braud, et F. Hankard. « L'infrastructure de recherche OZCAR et son ancrage international ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, communication invitée. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Haida, S., Y. Bahin, J. L. Probst, et A. Probst. « Hydroclimatologie et dynamique fluviale dans le bassin versant du Sebou : Un Observatoire de la zone critique au Maroc ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Hassane Yaou, B., B. Hamadou Younoussa, A. A. Touré, I. Issa Toukal, et Z. Garza. « Caractérisations physiques des sols et de leurs rôles dans les inondations à Niamey, Niger ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Hinderer, J., S. Rosat, J.-P. Boy, M. Calvo, U. Riccardi, B. Hector, F. Littel, et J-D Bernard. « Hydrogravimetry to investigate water storage changes: the case of the AMMA-CATCH Djougou site in northern Benin ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Kananbaye, B., M. Karambée, F. Dambele, et H. Niall. « Impact des changements climatiques sur l'évolution du système d'élevage transhumant au Mali : Cas des zones de Nioro et Diéma dans la région de Kayes ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Lawin, A. E. « Priorités pour la GIRE au Benin et besoins en observation ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Maman, I., et I. Bouzou Moussa. « Femmes et résilience des ménages ruraux à Banizoumbou dans l'Ouest Nigérien ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Martcorena, B., A. Féron, C. Gaimoz, F. Maisonneuve, G. Siour, et J. L. Rajot. « Monitoring mineral dust in the Sahel to constrain the mass budget in regional simulations ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Rajot, J-L., G. Bergametti, B. Martcorena, B. Chatenet, A. Féron, C. Gaimoz, G. Siour, et al. « Les vents érosifs au Sahel Central : une analyse fondée sur 10 années de suivi météorologique à haute résolution temporelle ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Roupsard, O., C. Jourdan, L. Cournac, L. Tall, Y. Ndour, E. Gaglo, G. Demarchi, et Niakkhar team. « Faidherbia-Flux »: a new long-term Collaborative Observatory on GHG fluxes and ecosystem services in a semi-arid agro-silvo-pastoral ecosystem (groundnut basin in Niakhar/Sob, Senegal) ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Simonneaux, V., S. Er-Raki, S. Khabba, L. Hanich, J. Ezzahar, et observatoire du Tensift. « Coupling In Situ observation, Remote Sensing and Modeling for the study of Water Resources in semi-arid watersheds. Case of the Tensift Watershed (Marrakech, Morocco) ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Taylor, R., M.O. Cuthbert, G. Favreau, et Consortium The Chronicles. « Rainfall - recharge relationships observed from multi-decadal chronicles of groundwater levels across tropical Africa: implications for water security and climate change ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication invitée. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.

- Touré, A. A., D. Tidjani Amadou, J-L. Rajot, B. Marticorena, C. Bouet, I. Garba, G. Bergametti, et K. Ambouta. « Les vents érosifs au Sahel Central : une analyse fondée sur 10 années de suivi météorologique à haute résolution temporelle ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.
- Vodounou, J-B., et A. Zannou. « Mise en place d'observatoire de suivi des usages des ressources en eau dans la haute vallée de l'Ouémé ? Bénin - (Collecte des données socio-économiques liées aux usages) ». In *Enjeux et Actualités des Observatoires de la Zone Critique en Afrique*, Communication orale. Niamey (Niger): 12-14nov., 2018.

Annexe E : Bibliographie de la partie B1

- Allies, A., J. Demarty, A. Olioso, I. Bouzou Moussa, H. B.-A. Issoufou, C. Velluet, M. Bahir, I. Maïnassara, M. Oï, J.-P. Chazarin and B. Cappelaere (2020). "Evapotranspiration Estimation in the Sahel Using a New Ensemble-Contextual Method." *Remote Sensing* 12(3): 380.
- Boucher, M., G. Favreau, J. M. Vouillamoz, Y. Nazoumou and A. Legchenko (2009). "Estimating specific yield and transmissivity with magnetic resonance sounding in an unconfined sandstone aquifer (Niger)." *Hydrogeology Journal* 17(7): 1805.
- Brandt, M., P. Hiernaux, K. Rasmussen, C. Mbow, L. Kergoat, T. Tagesson, Y. Z. Ibrahim, A. Wélé, C. J. Tucker and R. Fensholt (2016). "Assessing woody vegetation trends in Sahelian drylands using MODIS based seasonal metrics." *Remote Sensing of Environment* 183: 215-225.
- Chagnaud, G., H. Gallée, T. Lebel, G. Panthou and T. Vischel (2020). "A Boundary Forcing Sensitivity Analysis of the West African Monsoon Simulated by the Modèle Atmosphérique Régional." *Atmosphere* 11(2): 191.
- Chagnaud, G., G. Panthou, T. Vischel, J. Blanchet and T. Lebel (2021). "A unified statistical framework for detecting trends in multi-timescale precipitation extremes: application to non-stationary intensity-duration-frequency curves." *Theoretical and Applied Climatology* 145(1): 839-860.
- Colliander, A., T. J. Jackson, R. Bindlish, S. Chan, N. Das, S. B. Kim, M. H. Cosh, R. S. Dunbar, L. Dang, L. Pashaian, J. Asanuma, K. Aida, A. Berg, T. Rowlandson, D. Bosch, T. Caldwell, K. Caylor, D. Goodrich, H. al Jassar, E. Lopez-Baeza, J. Martínez-Fernández, A. González-Zamora, S. Livingston, H. McNairn, A. Pacheco, M. Moghaddam, C. Montzka, C. Notarnicola, G. Niedrist, T. Pellarin, J. Prueger, J. Pulliainen, K. Rautiainen, J. Ramos, M. Seyfried, P. Starks, Z. Su, Y. Zeng, R. van der Velde, M. Thibeault, W. Dorigo, M. Vreugdenhil, J. P. Walker, X. Wu, A. Monerris, P. E. O'Neill, D. Entekhabi, E. G. Njoku and S. Yueh (2017). "Validation of SMAP surface soil moisture products with core validation sites." *Remote Sensing of Environment* 191: 215-231.
- Colliander, A., R. H. Reichle, W. T. Crow, M. H. Cosh, F. Chen, S. Chan, N. Das, R. Bindlish, J. Chaubell, S. B. Kim, Q. Liu, P. O'Neill, R. S. Dunbar, L. Dang, J. Kimball, T. J. Jackson, H. K. al Jassar, J. Asanuma, B. K. Bhattacharya, A. Berg, D. D. Bosch, L. Bourgeau-Chavez, T. Caldwell, J.-C. Calvet, C. Holifield Collins, K. H. Jensen, S. Livingston, E. Lopez-Baeza, J. Martínez-Fernández, H. McNairn, M. Moghaddam, C. Montzka, C. Notarnicola, T. Pellarin, I. Pfeil, J. Pulliainen, J. Ramos, M. Seyfried, P. Starks, Z. Su, R. van der Velde, Y. Zeng, M. Thibeault, M. Vreugdenhil, J. P. Walker, M. Zribi, D. Entekhabi and S. Yueh (2021). "Validation of Soil Moisture Data Products from the NASA SMAP Mission " *IEEE Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing*: submitted.
- Cuthbert, M. O., R. G. Taylor, G. Favreau, M. C. Todd, M. Shamsudduha, K. G. Villholth, A. M. MacDonald, B. R. Scanlon, D. O. V. Kotchoni, J.-M. Vouillamoz, F. M. A. Lawson, P. A. Adjomayi, J. Kashaigili, D. Seddon, J. P. R. Sorensen, G. Y. Ebrahim, M. Owor, P. M. Nyenje, Y. Nazoumou, I. Goni, B. I. Ousmane, T. Sibanda, M. J. Ascott, D. M. J. Macdonald, W. Agyekum, Y. Koussoubé, H. Wanke, H. Kim, Y. Wada, M.-H. Lo, T. Oki and N. Kukuric (2019). "Observed controls on resilience of groundwater to climate variability in sub-Saharan Africa." *Nature* 572(7768): 230-234.
- Dardel, C., L. Kergoat, P. Hiernaux, E. Mougin, M. Grippa and C. J. Tucker (2014). "Re-greening Sahel: 30years of remote sensing data and field observations (Mali, Niger)." *Remote Sensing of Environment* 140: 350-364.
- Descloitres, M., L. Séguis, A. Legchenko, M. Wubda, A. Guyot and J.-M. Cohard (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(2): 187-200.
- Descroix, L., P. Genthon, O. Amogu, J.-L. Rajot, D. Sighomnou and M. Vauclin (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.
- Descroix, L., F. Guichard, M. Grippa, L. A. Lambert, G. Panthou, G. Mahé, L. Gal, C. Dardel, G. Quantin, L. Kergoat, Y. Bouaïta, P. Hiernaux, T. Vischel, T. Pellarin, B. Faty, C. Wilcox, M. Malam Abdou, I.

- Mamadou, J.-P. Vandervaere, A. Diongue-Niang, O. Ndiaye, Y. Sané, H. Dacosta, M. Gosset, C. Cassé, B. Sultan, A. Barry, O. Amogu, B. Nka Nnomo, A. Barry and J.-E. Paturel (2018). "Evolution of Surface Hydrology in the Sahelo-Sudanian Strip: An Updated Review." *Water* 10(6): 748.
- Favreau, G., B. Cappelaere, S. Massuel, M. Leblanc, M. Boucher, N. Boulain and C. Leduc (2009). "Land clearing, climate variability, and water resources increase in semiarid Southwest Niger: A review." *Water Resource Research* 45.
- Favreau, G., Y. Nazoumou, M. Leblanc, A. Guéro and I. B. Goni (2012). Groundwater resources increase in the Iullemeden Basin, West Africa Climate change effects on groundwater resources, A global synthesis of findings and recommendations. H. Treidel, J. L. Martin-Bordes and J. J. Gurdak. Leiden, The Netherlands, CRC Press Inc: 113-128.
- Fisher, J. B., B. Lee, A. J. Purdy, G. H. Halverson, M. B. Dohlen, K. Cawse-Nicholson, A. Wang, R. G. Anderson, B. Aragon, M. A. Arain, D. D. Baldocchi, J. M. Baker, H. Barral, C. J. Bernacchi, C. Bernhofer, S. C. Biraud, G. Bohrer, N. Brunzell, B. Cappelaere, S. Castro-Contreras, J. Chun, B. J. Conrad, E. Cremonese, J. Demarty, A. R. Desai, A. De Ligne, L. Foltynová, M. L. Goulden, T. J. Griffis, T. Grünwald, M. S. Johnson, M. Kang, D. Kelbe, N. Kowalska, J.-H. Lim, I. Mañassara, M. F. McCabe, J. E. C. Missik, B. P. Mohanty, C. E. Moore, L. Morillas, R. Morrison, J. W. Munger, G. Posse, A. D. Richardson, E. S. Russell, Y. Ryu, A. Sanchez-Azofeifa, M. Schmidt, E. Schwartz, I. Sharp, L. Šigut, Y. Tang, G. Hulley, M. Anderson, C. Hain, A. French, E. Wood and S. Hook (2020). "ECOSTRESS: NASA's Next Generation Mission to Measure Evapotranspiration From the International Space Station." *Water Resources Research* 56(4): e2019WR026058.
- Gal, L., M. Grippa, P. Hiernaux, L. Pons and L. Kergoat (2017). "The paradoxical evolution of runoff in the pastoral Sahel: analysis of the hydrological changes over the Agoufou watershed (Mali) using the KINEROS-2 model." *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 21(9): 4591-4613.
- Galle, S., M. Grippa, C. Peugeot, I. B. Moussa, B. Cappelaere, J. Demarty, E. Mougin, G. Panthou, P. Adjomayi, E. K. Agbossou, A. Ba, M. Boucher, J.-M. Cohard, M. Descloitres, L. Descroix, M. Diawara, M. Dossou, G. Favreau, F. Gangneron, M. Gosset, B. Hector, P. Hiernaux, B.-A. Issoufou, L. Kergoat, E. Lawin, T. Lebel, A. Legchenko, M. M. Abdou, O. Malam-Issa, O. Mamadou, Y. Nazoumou, T. Pellarin, G. Quantin, B. Sambou, J. Seghieri, L. Séguis, J.-P. Vandervaere, T. Vischel, J.-M. Vouillamoz, A. Zannou, S. Afouda, A. Alhassane, M. Arjounin, H. Barral, R. Biron, F. Cazenave, V. Chaffard, J.-P. Chazarin, H. Guyard, A. Koné, I. Mainassara, A. Mamane, M. Oi, T. Ouani, N. Soumaguel, M. Wubda, E. E. Ago, I. C. Alle, A. Allies, F. Arpin-Pont, B. Awessou, C. Cassé, G. Charvet, C. Dardel, A. Depeyre, F. B. Diallo, T. Do, C. Fatras, F. Frappart, L. Gal, T. Gascon, F. Gibon, I. Guiro, A. Ingatan, J. Kempf, D. O. V. Kotchoni, F. M. A. Lawson, C. Leauthaud, S. Louvet, E. Mason, C. C. Nguyen, B. Perrimond, C. Pierre, A. Richard, E. Robert, C. Román-Cascón, C. Velluet and C. Wilcox (2018). "AMMA-CATCH, a Critical Zone Observatory in West Africa Monitoring a Region in Transition." *Vadose Zone Journal* 17(1).
- Getirana, A., A. Boone, C. Peugeot and A. W. Group (2017). "Streamflows over a West African Basin from the ALMIP2 Model Ensemble." *Journal of Hydrometeorology* 18(7): 1831-1845.
- Grippa, M., L. Kergoat, A. Boone, C. Peugeot, J. Demarty, B. Cappelaere, L. Gal, P. Hiernaux, E. Mougin, A. Ducharme, E. Dutra, M. Anderson, C. Hain and A. W. Group (2017). "Modeling Surface Runoff and Water Fluxes over Contrasted Soils in the Pastoral Sahel: Evaluation of the ALMIP2 Land Surface Models over the Gourma Region in Mali." *Journal of Hydrometeorology* 18(7): 1847-1866.
- Grippa, M., L. Kergoat, F. Frappart, Q. Araud, A. Boone, P. de Rosnay, J.-M. Lemoine, S. Gascoin, G. Balsamo, C. Ottlé, B. Decharme, S. Saux-Picart and G. Ramillien (2011). "Land water storage variability over West Africa estimated by Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) and land surface models." *Water Resources Research* 47(5).
- Grippa, M., C. Rouzies, S. Biancamaria, D. Blumstein, J. F. Cretaux, L. Gal, E. Robert, M. Gosset and L. Kergoat (2019). "Potential of SWOT for Monitoring Water Volumes in Sahelian Ponds and Lakes." *Ieee Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing* 12(7): 2541-2549.
- Guyot, A., J.-M. Cohard, S. Anquetin and S. Galle (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(0): 84-98.

- Guyot, A., J.-M. Cohard, S. Anquetin, S. Galle and C. R. Lloyd (2009). "Combined analysis of energy and water balances to estimate latent heat flux of a sudanian small catchment." *Journal of Hydrology* 375(1-2): 227-240.
- Hector, B., J. M. Cohard, L. Séguis, S. Galle and C. Peugeot (2018). "Hydrological functioning of western African inland valleys explored with a critical zone model." *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22(11): 5867-5888.
- Hector, B., J. Hinderer, L. Séguis, J.-P. Boy, M. Calvo, M. Descloitres, S. Rosat, S. Galle and U. Riccardi (2014). "Hydro-gravimetry in West-Africa: First results from the Djougou (Benin) superconducting gravimeter." *Journal of Geodynamics* 80: 34-49.
- Hector, B., J. Hinderer, L. Séguis, M. Descloitres, J.-M. Vouillamoz and M. Wubda (2013). "Hydro-gravimetry in West-Africa: first results from the Djougou (Bénin) superconducting gravimeter." *Journal of Geodynamic*: Submit.
- Hinderer, J., B. Hector, J. P. Boy, U. Riccardi, S. Rosat, M. Calvo and F. Littel (2014). "A search for atmospheric effects on gravity at different time and space scales." *Journal of Geodynamics* 80: 50-57.
- Hinderer, J., B. Hector, U. Riccardi, S. Rosat, J.-P. Boy, M. Calvo, F. Littel and J.-D. Bernard (2020). "A study of the monsoonal hydrology contribution using a 8-yr record (2010–2018) from superconducting gravimeter OSG-060 at Djougou (Benin, West Africa)." *Geophysical Journal International* 221(1): 431-439.
- Kergoat, L., F. Guichard, C. Pierre and C. Vassal (2017). "Influence of dry-season vegetation variability on Sahelian dust during 2002–2015." *Geophysical Research Letters* 44(10): 5231-5239.
- Lebel, T., G. Panthou and T. Vischel (2020). "Inondations en Afrique : une nouvelle ère hydroclimatique." *the Conversation*.
- Lebel, T., D. J. Parker, C. Flamant, H. Höller, J. Polcher, J.-L. Redelsperger, C. Thorncroft, O. Bock, B. Bourles, S. Galle, B. Marticorena, E. Mougin, C. Peugeot, B. Cappelaere, L. Descroix, A. Diedhiou, A. Gaye and J.-P. Lafore (2011). "The AMMA field campaigns: accomplishments and lessons learned." *Atmospheric Science Letters* 12(1): 123-128.
- Legchenko, A., B. Texier, J.-F. Girard, J.-M. Vouillamoz, F. M. A. Lawson, I. C. Alle, J.-M. Baltassat, G. Pierrat and M. Boucher (2020). "Feasibility study of a surface-borehole NMR method." *Journal of Applied Geophysics* 177: 104039.
- Lohou, F., L. Kergoat, F. Guichard, A. Boone, B. Cappelaere, J. M. Cohard, J. Demarty, S. Galle, M. Grippa, C. Peugeot, D. Ramier, C. M. Taylor and F. Timouk (2014). "Surface response to rain events throughout the West African monsoon." *Atmos. Chem. Phys.* 14(8): 3883-3898.
- Louvet, S., T. Pellarin, A. al Bitar, B. Cappelaere, S. Galle, M. Grippa, C. Gruhier, Y. Kerr, T. Lebel, A. Mialon, E. Mougin, G. Quantin, P. Richaume and P. de Rosnay (2015). "SMOS soil moisture product evaluation over West-Africa from local to regional scale." *Remote Sensing of Environment* 156: 383-394.
- Mamadou, O., J. M. Cohard, S. Galle, C. N. Awanou, A. Diedhiou, B. Kounouhewa and C. Peugeot (2014). "Energy fluxes and surface characteristics over a cultivated area in Benin: daily and seasonal dynamics." *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 18(3): 893-914.
- Mamadou, O., S. Galle, J.-M. Cohard, C. Peugeot, B. Kounouhewa, R. Biron, B. Hector and A. B. Zannou (2016). "Dynamics of water vapor and energy exchanges above two contrasting Sudanian climate ecosystems in Northern Benin (West Africa)." *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 121(19): 11,269-211,286.
- Massazza, G., M. Bacci, L. Descroix, M. H. Ibrahim, E. Fiorillo, G. L. Katiellou, G. Panthou, A. Pezzoli, M. Rosso, E. Sauzedde, A. Terenziani, T. De Filippis, L. Rocchi, S. Burrone, M. Tiepolo, T. Vischel and V. Tarchiani (2021). "Recent Changes in Hydroclimatic Patterns over Medium Niger River Basins at the Origin of the 2020 Flood in Niamey (Niger)." *Water* 13(12): 1659.

- Mekonnen, M. M. and A. Y. Hoekstra (2016). "Four billion people facing severe water scarcity." *Science Advances* 2(2): e1500323.
- Mora, C., B. Dousset, I. R. Caldwell, F. E. Powell, R. C. Geronimo, Coral R. Bielecki, C. W. W. Counsell, B. S. Dietrich, E. T. Johnston, L. V. Louis, M. P. Lucas, M. M. McKenzie, A. G. Shea, H. Tseng, T. W. Giambelluca, L. R. Leon, E. Hawkins and C. Trauernicht (2017). "Global risk of deadly heat." *Nature Climate Change* 7(7): 501-506.
- Nka, B. N., L. Oudin, H. Karambiri, J. E. Paturel and P. Ribstein (2015). "Trends in floods in West Africa: analysis based on 11 catchments in the region." *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 19(11): 4707-4719.
- Nkrumah, F., T. Vischel, G. Panthou, N. A. B. Klutse, D. C. Adukpo and A. Diedhiou (2019). "Recent Trends in the Daily Rainfall Regime in Southern West Africa." *Atmosphere* 10(12): 741.
- Outrequin, C., A. Alexandre, C. Vallet-Coulomb, C. Piel, S. Devidal, A. Landais, M. Couapel, J. C. Mazur, C. Peugeot, M. Pierre, F. Prié, J. Roy, C. Sonzogni and C. Voigt (2021). "The triple oxygen isotope composition of phytoliths, a new proxy of atmospheric relative humidity: controls of soil water isotope composition, temperature, CO₂ concentration and relative humidity." *Clim. Past Discuss.* 2021: 1-25.
- Ozer, P., M. Erpicum, G. DemarÉE and M. Vandiepenbeeck (2003). "The Sahelian drought may have ended during the 1990s." *Hydrological Sciences Journal* 48(3): 489-492.
- Panthou, G., T. Lebel, T. Vischel, G. Quantin, Y. Sane, A. Ba, O. Ndiaye, A. Diongue-Niang and M. Diopkane (2018). "Rainfall intensification in tropical semi-arid regions: the Sahelian case." *Environmental Research Letters* 13(6): 064013.
- Panthou, G., T. Vischel and T. Lebel (2014). "Recent trends in the regime of extreme rainfall in the Central Sahel." *International Journal of Climatology* 34(15): 3998-4006.
- Pellarin, T., C. Román-Cascón, C. Baron, R. Bindlish, L. Brocca, P. Camberlin, D. Fernández-Prieto, Y. H. Kerr, C. Massari, G. Panthou, B. Perrimond, N. Philippon and G. Quantin (2020). "The Precipitation Inferred from Soil Moisture (PrISM) Near Real-Time Rainfall Product: Evaluation and Comparison." *Remote Sensing* 12(3): 481.
- Rahimi, J., E. E. Ago, A. Ayantunde, S. Berger, J. Bogaert, K. Butterbach-Bahl, B. Cappelaere, J. M. Cohard, J. Demarty, A. A. Diouf, U. Falk, E. Haas, P. Hiernaux, D. Kraus, O. Rounsard, C. Scheer, A. K. Srivastava, T. Tagesson and R. Grote (2021). "Modelling Gas Exchange and Biomass Production in West African Sahelian and Sudanian Ecological Zones." *Geosci. Model Dev. Discuss.* 2021: 1-39.
- Rashid, M., R.-Y. Chien, A. Ducharme, H. Kim, P. J.-F. Yeh, C. Peugeot, A. Boone, X. He, L. Séguis, Y. Yabu, M. Boukari and M.-H. Lo (2019). "Evaluation of Groundwater Simulations in Benin from the ALMIP2 Project." *Journal of Hydrometeorology* 20(2): 339-354.
- Robert, E., M. Grippa, L. Kergoat, S. Pinet, L. Gal, G. Cochonneau and J.-M. Martinez (2016). "Monitoring water turbidity and surface suspended sediment concentration of the Bagre Reservoir (Burkina Faso) using MODIS and field reflectance data." *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 52: 243-251.
- Robert, E., L. Kergoat, N. Soumaguel, S. Merlet, J.-M. Martinez, M. Diawara and M. Grippa (2017). "Analysis of Suspended Particulate Matter and Its Drivers in Sahelian Ponds and Lakes by Remote Sensing (Landsat and MODIS): Gourma Region, Mali." *Remote Sensing* 9(12): 1272.
- Sylla, M. B., A. Faye, F. Giorgi, A. Diedhiou and H. Kunstmann (2018). "Projected Heat Stress Under 1.5 °C and 2 °C Global Warming Scenarios Creates Unprecedented Discomfort for Humans in West Africa." *Earth's Future* 6(7): 1029-1044.
- Tappan, G. G., W. M. Cushing, S. E. Cotillon, M. L. Mathis, J. A. Hutchinson, S. M. Herrmann and K. J. Dalsted (2016). *West Africa Land Use Land Cover Time Series: U.S. Geological Survey data release.* U. S. G. Survey.

- Taylor, C. M., D. Belušić, F. Guichard, D. J. Parker, T. Vischel, O. Bock, P. P. Harris, S. Janicot, C. Klein and G. Panthou (2017). "Frequency of extreme Sahelian storms tripled since 1982 in satellite observations." *Nature* 544: 475.
- Timouk, F., L. Kergoat, E. Mougin, C. R. Lloyd, E. Ceschia, J.-M. Cohard, P. de Rosnay, P. Hiernaux, V. Demarez and C. M. Taylor (2009). "Response of surface energy balance to water regime and vegetation development in a Sahelian landscape." *Journal of Hydrology* 375(1-2): 178-189.
- Trichon, V., P. Hiernaux, R. Walcker and E. Mougin (2018). "The persistent decline of patterned woody vegetation: The tiger bush in the context of the regional Sahel greening trend." *Global Change Biology* 24(6): 2633-2648.
- Velluet, C., J. Demarty, B. Cappelaere, I. Braud, H. B. A. Issoufou, N. Boulain, D. Ramier, I. Mainassara, G. Charvet, M. Boucher, J. P. Chazarin, M. Oï, H. Yahou, B. Maidaji, F. Arpin-Pont, N. Benarrosh, A. Mahamane, Y. Nazoumou, G. Favreau and J. Seghieri (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(12): 5001-5024.
- Vischel, T., G. Panthou, P. Peyrill , R. Roehrig, G. Quantin, T. Lebel, C. Wilcox, F. Beucher and M. Budiarti (2019). Chapter 4 - Precipitation Extremes in the West African Sahel: Recent Evolution and Physical Mechanisms. *Tropical Extremes*. V. Venugopal, J. Sukhatme, R. Murtugudde and R. Roca, Elsevier: 95-138.
- Vouillamoz, J. M., F. M. A. Lawson, N. Yalo and M. Desclotres (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.
- Vouillamoz, J. M., F. M. A. Lawson, N. Yalo and M. Desclotres (2015). "Groundwater in hard rocks of Benin: Regional storage and buffer capacity in the face of change." *Journal of Hydrology* 520: 379-386.
- Wendling, V., C. Peugeot, A. G. Mayor, P. Hiernaux, E. Mougin, M. Grippa, L. Kergoat, R. Walcker, S. Galle and T. Lebel (2019). "Drought-induced regime shift and resilience of a Sahelian ecohydrosystem." *Environmental Research Letters* 14(10): 105005.
- Wilcox, C., T. Vischel, G. Panthou, A. Bodian, J. Blanchet, L. Descroix, G. Quantin, C. Cass , B. Tanimoun and S. Kone (2018). "Trends in hydrological extremes in the Senegal and Niger Rivers." *Journal of Hydrology* 566: 531-545.

Annexe F : lettres de soutien et d'engagement

F1. Lettres d'engagement de moyens

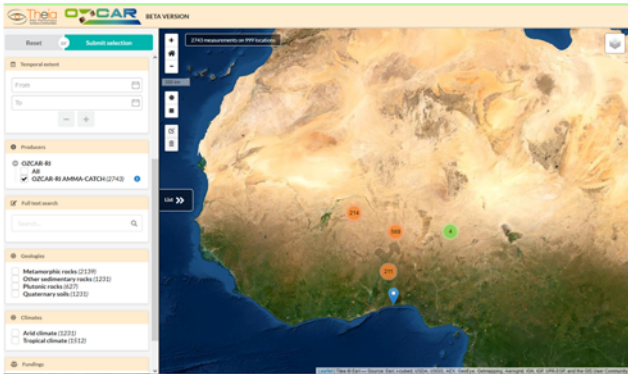
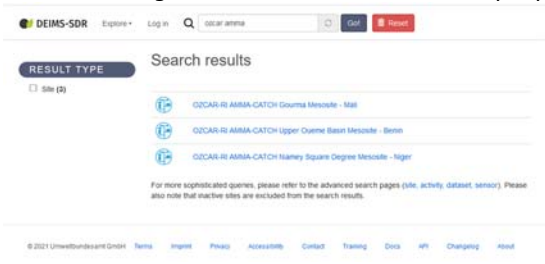
B9 RH : engagement de l'unité hôte (OSU, UMR, UMS) à l'inscrire dans ses priorités d'attribution de moyens humains en cas de labellisation (lettres d'engagement à fournir en annexe).

unité hôte	Directeur	n° lettre	Remarque
IGE	A.Dommergue	01-02	lettre commune
OSUG	N. Cotte		
HSM	P. Lachassagne	03	
OREME	E. Servat	04	
GET	S. Bonvalot	05-06	lettre commune
OMP	Mike Toplis		
UAC / INE	M. Daouda	07	
UAM	changement de Recteur	08	en attente
UDDM	changement de Recteur	09	
UZ	B. Mahaman	10	
USTTB/FAST	O. Diallo	11	
UCAD, laboratoire Télédétection	G. Faye	12	en attente
ISRA/CRZ	O. Ndiaye	13	
DG-Eau	Dossou	14	

F2. Liens avec des IR et des réseaux de mesures

A3 Lien avec IR : préciser la (les) IR (inclure une lettre de soutien ou une preuve d'appartenance de la ou des IR en annexe au dossier) :

B7 Apport aux communautés : Liens avec d'autres SNO, insertion du SNO dans le dispositif de recherche français (régional, national, IR), insertion européenne et internationale, appartenance à un réseau européen ou international d'observation (lettres de soutien à fournir en annexe).

<i>IR ou réseau de mesure</i>	<i>Lettre ou preuve d'appartenance</i>	<i>n° lettre</i>
<i>IR OZCAR</i>	https://www.ozcar-ri.org/fr/les-observatoires/les-observatoires/ <i>Voir lettre collective envoyée directement par l'IR OZCAR</i>	-
<i>IR Data Terra - Theia/OZCAR</i>	https://in-situ.theia-land.fr/ 	-
<i>eLTER / DEIMS-SDR, DEIMS-SDR is operated by ILTER, US LTER and LTER-Europe.</i>	<i>Description des sites et données AMMA-CATCH sur portail européen DEIMS-SDR en tant qu'observatoire de l'IR OZCAR</i> https://deims.org/search?query=ozcar+amma <i>DEIMS is an information management system that allows you to discover long-term ecosystem research sites around the globe, along with the data gathered at those sites and the people and network</i> 	-
<i>réseau CZEN</i>	<i>membre du réseau international CZEN (ne distribue pas les données)</i> https://www.czen.org/content/amma-catch	-
<i>SNO INDAAF</i>	<i>colocalisation du site de Banizoumbou (Niger)</i> https://indaaf.obs-mip.fr/network/	15
<i>Gravimètre supraconducteur réseau IGETS</i>	<i>colocalisation du site de Djougou (Bénin)</i> http://iqets.u-strasbg.fr/SG_france.php	<i>en attente-</i>
<i>réseau ISMN</i>	<i>Lettre de Soutien F. Dorigo (Department of Geodesy and Geoinformation, TU Wien)</i> <i>Distribution de données d'humidité des sols AMMA-CATCH via ISMN</i> https://ismn.geo.tuwien.ac.at/en/networks/	17
<i>Site de Dahra (Sénégal)</i>	<i>Lettre de soutien de Fensholt (Univ. of Copenhagen Dept of Geosciences and Natural Resource Management, Danemark)</i>	18

Observatoire Niakhar "Faidherbia-Flux" platform	Lettre de soutien O. Roupsard (UMR Eco&Sol)	En attente
--	--	---------------

F3. Lettres de soutien

B5 Rayonnement : fournir les lettres de soutien

- *des équipes ayant exploité les données du SNO*
- *des projets (régionaux, nationaux, européens, internationaux) réalisés avec l'aide des données du SNO*

Pays, Ville	laboratoire	Nom signataire	n° lettre
France			
France Aix	CEREGE	A. Alexandre (humi-17)	20
France Toulouse	CESBIO	Y. Kerr	21
France Toulouse	ECOLAB	L. Lambs	22
France, Toulouse	CNRM	D. Bouniol	23
France Toulouse	Laboratoire d'Aérodologie équipe LEETCHIE	C. Delon	24
France Nantes	LETG, Université de Nantes	E. Robert	25
France Paris	PALOC	L. Descroix	26
France, Marne-la- Vallée	LASTIG MATIS, UPEM	P.-L. Frison	27
France Créteil	IEES	E. Rochelle-Newall	28
International			
Belgique	Gembloux Agro-Bio Tech, Univ. de Liège	B. Heinesch	29
Germany	Département de Géographie, Université de Bonn	T. Poméon	30
Germany	Karlsruhe Institute of Technology	A. Fink	31
Taiwan	National Taiwan University, Taipei	Min-Hui Lo	32
UK	CEH Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford	Chris Taylor	33

UK	Department of Geography, University College London	Richard Taylor	34
UK	Met Office Hadley Centre	C. Senior & U. Lewis	35
UK	School of geosciences King's College, Aberdeen	J-C. Comte	36
Côte d'Ivoire	LMI NEXUS	A. Diedhiou	37
USA	JPL, California Institute of Technology	A. Colliander (SMAP)	38