

**Pouvoir adjudicateur :**  
**Agence Italienne pour la Coopération au Développement**  
**(AICS)**

**Appui à la gestion des ressources en eau et du Nexus eau-  
énergie-agriculture dans le bassin du fleuve Sénégal**  
**(ENV/2017/383-744)**

**Formulaire de demande de subvention**

Ligne budgétaire:

21020701 du Budget General de l'Union Européenne  
Instrument de Coopération au Développement (ICD)

Référence: AP N° 01/2019/WEFE-SENEGAL

Date limite de présentation

31 Mai 2019 à 12h (heure locale)

Intitulé de l'action:	Aide à la gestion de réservoirs multi-objectifs dans le bassin du fleuve Sénégal
Numéro et intitulé du lot	Lot 3. Optimisation de la gestion des réservoirs à usages multiples sur le fleuve Sénégal et contribution aux outils d'aide à la décision développés dans le cadre du projet WEFE Sénégal pour la satisfaction d'objectifs multicritères (Nexus eau-alimentation-énergie-écosystèmes)
Localisation(s) de l'action:	<i>Sénégal, Mauritanie, Mali, Guinée</i>
Nom du demandeur principal	Institut de Recherche pour le Développement (IRD)

Nationalité du demandeur principal <sup>1</sup>	Française
---	-----------

Dossier n°	
------------	--

(pour usage interne seulement)

Numéro de fiche de l'entité légale/du contrat en cours (si disponible) <sup>2</sup>	N/A
Statut juridique <sup>3</sup>	Etablissement public national à caractère administratif
Codemandeur <sup>4</sup>	Université Cheikh Anta Diop UCAD, Sénégal, 24.02.1957, Etablissement public national. Partenaire scientifique
	Université Gaston Berger UGB, Sénégal, 02.01.1990. Etablissement public national. Partenaire scientifique
Entités affiliées <sup>5</sup>	N/A

Informations de contact du demandeur principal dans le cadre de la présente action	
<b>Adresse postale:</b>	Le Sextant - 44 boulevard de Dunkerque CS 90009 13572 Marseille cedex 02
<b>Numéro de téléphone :</b> (téléphone fixe et mobile) indicatif du pays + indicatif de la ville + numéro	+33 (0)4 91 99 92 00
<b>Numéro de télécopieur :</b> Indicatif du pays + indicatif de la ville + numéro	+33 (0)4 91 99 92 22
<b>Personne à contacter pour cette action :</b>	Dr. Andrew OGILVIE
<b>Adresse électronique de la personne de contact :</b>	Andrew.ogilvie@ird.fr
<b>Adresse :</b>	IRSTEA - Case IRD-G-eau - 361 rue JF Breton - BP 5095 34196 Montpellier Cedex 5 – France
<b>Site internet du demandeur principal :</b>	www.ird.fr

**Tout changement relatif aux adresses, numéros de téléphone, numéros de télécopieur et adresses électroniques doit être notifié par écrit au pouvoir adjudicateur. Le pouvoir adjudicateur ne sera pas tenu pour responsable au cas où il ne pourrait entrer en contact avec le demandeur.**

<sup>1</sup> Les statuts de l'organisation doivent démontrer qu'elle a été établie en vertu du droit interne du pays concerné et que son siège social est situé dans un pays éligible. Toute organisation établie dans un autre pays ne peut être considérée comme une organisation locale éligible. Voir les notes de bas de page des lignes directrices pour l'appel.

<sup>2</sup> Si un demandeur principal a déjà signé un contrat avec la Commission européenne et/ou a été informé du numéro de fiche d'entité légale. Dans le cas contraire, inscrivez la mention « N/A ».

<sup>3</sup> Par exemple, organisme à but non lucratif, organisme gouvernemental, organisation internationale.

<sup>4</sup> Utilisez une ligne pour chaque codemandeur.

<sup>5</sup> Utilisez une ligne pour chaque entité affiliée.

# Table des matières

<b>SECTION A. NOTE SUCCINCTE DE PRÉSENTATION.....</b>	<b>4</b>
1.1. Résumé de l'action.....	4
1.2. Description de l'action (max. 2 pages).....	5
1.3. Intérêt de l'action (max. 3 pages) .....	7
<b>SECTION B. FORMULAIRE DE DEMANDE COMPLETE.....</b>	<b>10</b>
<b>1 Informations générales.....</b>	<b>10</b>
<b>2 L'action.....</b>	<b>11</b>
2.1. Description de l'action.....	11
2.2. Expérience du demandeur principal.....	32
2.3. Expérience du (des) codemandeur(s) (le cas échéant) .....	36
2.4. Expérience de(s) entité(s) affiliée(s) (le cas échéant) .....	37
<b>3 Le demandeur PRINCIPAL .....</b>	<b>38</b>
3.1. Identité .....	38
<b>4 Le(s) codemandeur(s).....</b>	<b>39</b>
<b>5 ENTITÉ(S) AFFILIÉE(S) participant à l'action .....</b>	<b>45</b>
5.1. Description de l'/des entité(s) affiliée(s).....	45
5.2. Déclaration des entité(s) affiliée(s).....	45
<b>6 Entreprises associées participant à l'action.....</b>	<b>45</b>
<b>7 Liste de vérification concernant le formulaire de demande complète.....</b>	<b>46</b>
<b>8 Déclaration du demandeur PRINCIPAL (DEMANDE COMPLETE).....</b>	<b>48</b>
<b>9 Grille d'évaluation de la demande complète .....</b>	<b>50</b>

# SECTION A. NOTE SUCCINCTE DE PRÉSENTATION

## 1.1. Résumé de l'action<sup>6</sup>

Intitulé de l'action:	Aide à la gestion de réservoirs multi-objectifs dans le bassin du fleuve Sénégal
Lot :	3. Optimisation de la gestion des réservoirs à usages multiples sur le fleuve Sénégal et contribution aux outils [...]
Localisation(s) de l'action:	Sénégal, Mauritanie, Mali, Guinée
Durée totale de l'action (mois):	15 mois
Contribution de l'UE demandée (montant)	129,000 EUR
Contribution de l'UE demandée en pourcentage du montant total des coûts éligibles de l'action (à titre indicatif) <sup>7</sup>	65%
Budget indicatif total	199,000 EUR
Objectifs de l'action	<p>Améliorer la gestion coordonnée de multiples réservoirs sur le fleuve Sénégal pour la satisfaction d'objectifs multi-critères au pas de temps journalier.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Développer un outil de gestion d'ouvrages en fonction d'objectifs préétablis et multiples : Simulsen+</li> <li>2. Caractériser en termes d'indicateurs l'influence de scénarios d'aménagement et de gestion d'ouvrages sur le Nexus eau-alimentation-énergie-écosystèmes</li> <li>3. Simuler l'influence de changements climatiques et anthropiques dans les bassins amonts du fleuve Sénégal</li> </ol>
Groupe(s) cible(s)	Gestionnaires du fleuve et des barrages (OMVS, directions nationales, SOGEM, SOGED)
Bénéficiaires finaux	Agriculteurs, Éleveurs, Pêcheurs du bassin du fleuve Sénégal
Résultats escomptés	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Production d'un outil d'aide à la décision pour la gestion multi-critères de plusieurs barrages en parallèle</li> <li>2. Caractérisation des cultures de décrue et corrélations avec les cotes du fleuve Sénégal</li> <li>3. Évaluation des impacts de changement climatiques et anthropiques</li> <li>4. Production d'indicateurs de satisfaction et défaillance des besoins en eau des secteurs du Nexus.</li> <li>5. Formation des experts nationaux à l'utilisation et l'exploitation des modèles développés</li> <li>6. Diffusion et publication des résultats</li> </ol>
Principales activités	Analyse hydro-climatique ; Modélisation pluie-débit ; Gestion de barrages ; Télédétection ; Formation continue ; Publications et communication.

<sup>6</sup> La page de couverture conforme au modèle de la page 1 sera également jointe.

<sup>7</sup> Le cas échéant, ajouter un % du total des coûts acceptés.

## 1.2. Description de l'action (max. 2 pages)

Réalisé en 2011, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du fleuve Sénégal (SDAGE), fournit un état des lieux très détaillé sur les ressources naturelles, et évalue les possibilités offertes par la construction de nouveaux barrages sur le bassin projetés par les états membres de l'OMVS (Guinée, Mali, Mauritanie Sénégal). Ces aménagements hydrauliques visent à répondre aux besoins croissants en eau, alimentation, énergie des états membres mais certains besoins peuvent être antinomiques avec d'autres, voire entraîner des effets délétères notamment sur les écosystèmes. L'influence de ces ouvrages (actuels et projetés), comme les stratégies de gestion permettant d'optimiser leur fonctionnement et minimiser leurs impacts, doivent donc être étudiées et comprises afin d'appuyer la gestion durable et responsable du fleuve, portée par l'OMVS dans le cadre des réflexions actuelles sur le nexus eau-alimentation-énergie-écosystèmes (WEFE Sénégal). L'étude pour élaborer le SDAGE a évalué les performances de scénarios d'aménagement et de gestion mais les modules d'allocation ne sont actuellement pas optimisés pour gérer plusieurs ouvrages en parallèle, les temps de propagation des crues n'étant pas suffisamment pris en compte. De plus un pas de temps mensuel (versus journalier) ne permet ni de calculer les pertes en production hydroélectrique à Manantali d'un déstockage pour le soutien de crue dépassant la capacité des turbines, ni de représenter correctement les besoins en eau pour la santé des écosystèmes et des cultures. Enfin, le contexte actuel de non stationnarité et l'influence des scénarios d'évolution climatique sur le fleuve doivent être mieux comprises.

L'objectif de ce projet est d'améliorer la gestion coordonnée de multiples réservoirs sur le fleuve Sénégal pour la satisfaction d'objectifs multicritères au pas de temps journalier. De manière spécifique, on propose ici de :

- A. Développer un outil Simulsen+ permettant de simuler au pas de temps journalier la gestion coordonnée de réservoirs en parallèle en fonction d'objectifs préétablis et multiples.

L'IRD a développé le logiciel Simulsen qui modélise la gestion d'un barrage de façon détaillée au pas de temps journalier, gère les temps de propagation d'écoulement et permet un calcul optimal de limnigrammes limites à respecter dans un réservoir. Cet outil sera amélioré afin de pouvoir simuler et optimiser la gestion de plusieurs ouvrages en parallèle. Ces travaux répondent aux attentes exprimées par l'OMVS, la SOGEM et la SOGED qui exploitent déjà l'outil Simulsen. Ces parties prenantes seront sollicitées pour définir et retenir les divers scénarios d'équipement du bassin, des objectifs à satisfaire, et les modes de gestion concertée des ouvrages, qui seront utilisés pour élaborer différentes versions du (même) modèle, à comparer avec un scénario de référence. Les chroniques de débits actualisées et critiquées par la monographie hydrologique réalisée par l'IRD pour l'OMVS seront exploitées.

- B. Caractériser et quantifier en termes d'indicateurs l'influence des scénarios d'aménagement et de gestion d'ouvrages sur la production hydroélectrique, la satisfaction des besoins en eau de l'irrigation, et le soutien de crue pour le maintien des services écosystémiques.

Simulsen+ sera exploité pour calculer la production d'énergie aux ouvrages et les débits en aval, permettant de quantifier le respect des débits environnementaux et des indicateurs d'altération hydrologiques (IHA) en tout point du fleuve. Les produits satellites optiques (Sentinel-2) et radar (Sentinel-1, Sentinel-3) récents ainsi que les processeurs de calcul dématérialisés tels Google Earth Engines seront exploités pour caractériser les dynamiques d'inondation et les superficies exploitées en cultures de décrue dans les cuvettes et casiers des plaines inondables de la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Combinés aux travaux de l'IRD dans le Programme d'Optimisation de Gestion des Réservoirs (POGR) et les observations de terrain depuis 2016, l'influence de modifications (régulation, soutien de crue) de l'hydrogramme de crue sur les superficies de cultures de décrue seront caractérisées. Les impacts de réduction du niveau du fleuve sur le remplissage du système exceptionnel et fragile du Lac de Guiers – Ndiael – Ferlo seront aussi quantifiés. Le remplissage de ce système favorise un ensemble de services écosystémiques (alimentation en eau potable de Dakar, périmètres irrigués et maraichers, zone humide du Ndiael, éleveurs du Ferlo) essentiels pour de nombreux bénéficiaires jeunes, ruraux, et des femmes.

- C. Simuler l'influence de changements climatiques et anthropiques dans les bassins amonts du fleuve Sénégal sur les régimes hydrologiques en aval et les services associés.

L'expertise de l'UGB et l'UCAD permettra de comparer et synthétiser les projections pluviométriques des Global Circulation Models (GCMs) afin d'étudier au travers de modèles pluie-débit (semi-

distribué type SWAT ou conceptuel type GR4J) l'influence de ces évolutions (tendances, extrêmes) sur le régime hydrologique. Ces modèles s'appuieront sur les chroniques hydrométriques long terme critiquées et validées dans la monographie hydrologique du fleuve Sénégal (IRD et OMVS), de longues séries climatiques (in situ et produits satellitaires), de données topographiques améliorées, et d'occupation et utilisation du sol à partir d'imagerie satellite de haute résolution. L'approche intégrée et le co-développement d'outils de modélisation pluie-débit, de modélisation Simulsen+ et d'optimisation permettra *in fine* au JRC et à l'OMVS de simuler l'influence de changements climatiques, de changements d'occupation du sol ainsi que le remplissage/gestion de barrages sur les débits en aval pour la satisfaction des multiples objectifs (énergie, alimentation, écosystèmes). Des indicateurs quantitatifs (quantités d'hydroélectricité, surfaces pour les cultures de décrue, indices d'altération hydrologique, remplissage du système Lac de Guiers-Ndiael-Ferlo) permettront d'évaluer la satisfaction ou défaillance des objectifs en fonction des scénarios (aménagement + gestions + changements amont). L'analyse de sensibilité (et élasticité) des résultats permettra d'identifier les secteurs ou scénarios les plus sensibles, et les paramètres qui sont à l'origine de cette vulnérabilité. Une interface (type R Shiny) à destination des parties prenantes permettra une représentation graphique et interactive de la satisfaction des multiples objectifs en vue d'identifier les meilleurs modes de gestion concertée.

A moyen et long terme, ce projet vise à fournir à l'OMVS et aux gouvernements des quatre États membres les outils et indicateurs pour décider des choix de développement à mettre en œuvre sur le bassin du fleuve Sénégal afin de faire face à l'augmentation des besoins en eau, énergie, alimentation, tout en minimisant l'impact sur les écosystèmes. Il permettra notamment d'améliorer la compréhension des impacts des barrages et d'améliorer les règles de leur gestion au travers d'outils adaptés et dédiés et permettre aux parties prenantes d'identifier pour chaque scénario quels moyens mettre en œuvre pour réduire la probabilité de défaillances. Une meilleure compréhension des plaines inondables et des pratiques des cultures de décrue permettra d'accompagner efficacement les populations dépendant de la crue annuelle pour leur subsistance, et de concevoir en partenariat avec les bailleurs de fonds, des initiatives pour optimiser la rétention d'eau dans ces zones fortement cultivées, grâce à des barrages, vannes et réductions de seuils. La modélisation de scénarios d'évolutions climatiques et anthropiques dans les bassins amonts du fleuve Sénégal permettront d'anticiper leur influence sur les secteurs du NEXUS et favoriser une gestion intégrée à long terme des ressources hydriques du bassin. En somme, ce développement d'outils et modèles vise à soutenir les travaux du programme WEFÉ de l'OMVS et du JRC afin de disposer d'outils d'aide à la décision performants pour la modélisation et l'optimisation de l'aménagement et la gestion du fleuve Sénégal.

Cette collaboration s'appuie sur des actions réparties en 3 pôles (données et télédétection, modélisation des ouvrages et modélisation pluie-débit) et une équipe possédant une forte expertise scientifique et une connaissance aigüe du bassin du fleuve Sénégal. L'IRD UMR G-EAU travaille depuis plusieurs décennies en étroite partenariat avec l'OMVS, l'UGB et l'UCAD sur le bassin du fleuve Sénégal. Ces travaux incluent notamment le développement des logiciels d'aide à la gestion stratégiques et opérationnelle pour le barrage de Manantali (SIMULSEN et PROGEMAN) et des manuels de gestion pour les barrages de Manantali et Diama utilisés par l'OMVS, la SOGEM et la SOGED, ainsi que l'actualisation entre 2010 et 2013 de la monographie hydrologique du fleuve Sénégal. Ce travail se prolonge actuellement avec la mise au point de prévisions saisonnières du débit naturel de crue du fleuve Sénégal (OMVS-IRD-Météo France). Cette proposition s'inscrit dans l'Accord-Cadre OMVS-IRD-CIRAD signé en mai 2015, et dans une collaboration continue entre l'IRD, l'UCAD et l'UGB, soutenue actuellement par plusieurs financements de projets de recherche (par ex. EU LEAP Agri). Les compétences et expériences récentes en partenariat de l'équipe favorisent la bonne exécution de ce projet et une collaboration porteuse avec les parties prenantes, en premier lieu l'OMVS et la SOGEM. Afin de favoriser le co-développement de ces outils et leur appropriation (utilisation, exploitation) par les experts nationaux (groupes cibles), le calendrier prévoit plusieurs échanges, points de conception et activités de formation (atelier et formation continue) répartis sur les 15 mois du projet. Au terme des activités de modélisation et de recherche réalisées en concertation avec le Comité Technique du WEFÉ Sénégal, un atelier sera organisé afin de valider et restituer les outils et synthèses produits. Les communications et publications prévues permettront une large diffusion des résultats au sein de la communauté scientifique et technique.

### **1.3. Intérêt de l'action (max. 3 pages)**

#### **1.3.1. Pertinence par rapport aux objectifs/secteurs/thèmes/priorités spécifiques de l'appel à propositions**

Ces travaux répondent directement à l'objectif spécifique de l'appel à proposition qui est de fournir un appui scientifique-technique pour l'identification de projets d'intervention. Une meilleure compréhension de l'hydrologie du fleuve et de l'influence des réservoirs sur les multiples usages de l'eau (nexus eau-alimentation-énergie-écosystèmes) permettra de produire de nouvelles connaissances et d'appuyer l'OMVS et les groupes cibles dans le choix des projets d'aménagements et de leur gestion. L'action s'inscrit parfaitement dans la priorité de recherche du lot 3 et vise à développer de nouveaux modèles et outils pour optimiser au pas de temps journalier la gestion de réservoirs multiples en fonction d'objectifs multicritères (Simulsen+). La prise en compte des scénarios de changement climatique dans la modélisation intégrée permettra d'élaborer des scénarios actuels et futurs de gestion afin de réduire l'impact des changements globaux sur les différents secteurs du Nexus. L'action prévoit également conformément aux priorités de l'appel, l'estimation des superficies inondées et exploitables pour les cultures de décrue en fonction des divers scénarios d'aménagement et de gestion.

Ces activités contribueront aussi à l'objectif général du présent appel à propositions qui est de mobiliser et produire des connaissances pour alimenter l'observatoire scientifique environnemental du bassin du fleuve Sénégal. Ces groupes cibles sont les gestionnaires du bassin du fleuve Sénégal, notamment l'OMVS mais également les Société de gestion des barrages existants et futures (SOGEM, SOGED). Au travers d'activités de formation et d'un transfert de connaissances et d'outils, cette action vise à renforcer la capacité scientifique et technique de ces groupes cibles.

Les bénéficiaires finaux de l'action sont la population du bassin, notamment les populations rurales, pauvres et dépendantes du secteur agricole et des écosystèmes, mais également les populations nationales qui bénéficient d'une meilleure fourniture en eau (alimentation de Dakar notamment), électricité et aliments. In fine, l'amélioration de la gestion des ressources en eau doit favoriser un développement socio-économique équilibré et équitable dans le bassin, réduire la pauvreté et l'exode rural des bénéficiaires finaux, et augmenter la résilience nationale aux changements globaux (variabilité climatique, pressions et changements anthropiques).

#### **1.3.2. Pertinence par rapport aux besoins et contraintes spécifiques du/des pays, région(s) cible(s) et/ou des secteurs concernés (synergie avec d'autres initiatives de développement et absence de double emploi).**

Réalisé en 2011, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du fleuve Sénégal (SDAGE), cofinancé par la délégation de l'UE au Sénégal, fournit un état des lieux très détaillé sur les ressources naturelles, les activités économiques et les services publics en rapport avec la gestion des eaux sur le bassin versant. Il évalue notamment les possibilités offertes par la construction de nouveaux barrages sur le bassin, projetés par les états membres de l'OMVS (Guinée, Mali, Mauritanie Sénégal) pour faire face à une demande d'énergie croissante (+ 7% par an). Parmi ces projets de barrages figurent ceux de Félou (60 MW, réalisé en 2013) et Gouina (140 MW, en cours de réalisation) sur le Sénégal amont, de Koukoutamba (280 MW, 3,6 km<sup>3</sup>) sur le Bafing, et Gourbassy (30 MW, 2,1 km<sup>3</sup>) sur la Falémé. Si tous les ouvrages projetés sont réalisés (fig. 2), le haut bassin sera équipé d'une capacité de stockage de 34 km<sup>3</sup> et d'une puissance installée totale de 1122 MW produisant en moyenne 4260 GWh par année, au lieu de 11 km<sup>3</sup>, 200 MW et 800 GWh pour le seul équipement de Manantali.

Ce triplement de la capacité de stockage, répartie qui plus est sur les trois principales branches mères du fleuve Sénégal (Bafing, Falémé, Bakoye), amplifierait de façon notable les possibilités de régularisation de débit du cours d'eau. Ces aménagements permettront l'augmentation de la production hydroélectrique (jusqu'à + 400%) et un soutien d'étiage pour satisfaire la navigation et les prélèvements de l'agriculture irriguée, dont les besoins devraient être triplés en 2025 par rapport à ceux de 2007-2008. Cependant, la régularisation excessive des écoulements, notamment la réduction de l'ampleur de la crue dans le lit majeur, peut avoir des effets néfastes pour l'environnement (biodiversité, maladies parasitaires, espèces végétales aquatiques envahissantes, recharge des nappes) et de nombreux usagers (agriculteurs, pêcheurs et éleveurs). Dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal, dans les plaines d'inondation et au bord des cours d'eau, ces

ressources en eau ont été traditionnellement exploitées pour les cultures de décrue, les pêches, le pâturage, les fibres ou encore le bois. Les sécheresses des années 1970-1980 favorisèrent le développement de l'irrigation, mais celle-ci ne concerne encore à ce jour qu'un faible pourcentage des terres agricoles, avec des rendements et résultats financiers souvent en deçà des attentes initiales, et des résidus de culture sans bonne valeur fourragère. Les cultures de décrue, dans les cuvettes et sur les berges, demeurent pratiquées chaque fois que la crue est suffisante sur plusieurs dizaines de milliers d'hectares (jusque 150 000 ha en 2015-16 et 2016-17 par exemple), et nécessaires à l'alimentation de la population (et des troupeaux) qui n'a pas accès aux périmètres irrigués.

Les aménagements hydrauliques pour soutenir l'irrigation et le développement de l'hydro-électricité introduisent d'importants changements hydrologiques, réduisant l'amplitude des crues, mais permettent également le soutien d'étiage. Conscient de ces interactions, l'OMVS veut promouvoir une gestion écosystémique de l'eau suite à la construction de ces nouveaux barrages. L'influence de ces ouvrages (actuels et projetés), comme les stratégies de gestion permettant d'optimiser leur fonctionnement et minimiser leurs impacts, doivent donc être étudiées et comprises. Le soutien de crue pour l'irrigation en saison sèche et la navigation, et le stockage de crue pour la production hydroélectrique sont en effet antinomiques avec les besoins d'inondations pour la recharge des nappes alluviales qui contribuent au maintien des écosystèmes, le respect des cycles naturels des rivières ou les cultures de décrues. Il est ainsi indispensable de développer des approches intégrées qui considèrent les relations interdépendantes et complexes entre ces secteurs/usages. Il s'agit de représenter au mieux ces interactions afin de nourrir les discussions et concertations entre les parties prenantes, en vue d'identifier les modes de gestion les plus adaptés pour fournir une production suffisante d'eau, d'aliments et d'énergie pour subvenir aux besoins d'une population croissante, tout en préservant au mieux l'intégrité des écosystèmes.

Plus spécifiquement, avant la réalisation des futurs barrages, il est indispensable d'en prévoir les impacts positifs et négatifs, en estimant au mieux la satisfaction de leurs objectifs de gestion. Plusieurs de ces objectifs peuvent être assignés de façon globale à l'ensemble des ouvrages du haut bassin : (i) production d'énergie, (ii) laminage des fortes crues, (iii) soutien des débits d'étiage, (iv) soutien des faibles crues. Réalisé à partir du seul barrage de Manantali, le soutien de crue peut par exemple entraîner une perte de production d'énergie pouvant atteindre en moyenne 14% d'après les scénarios analysés par l'IRD avec le logiciel Simulsen pour une hydraulité naturelle conforme à celle de la période 1970-2000. Ce soutien de crue peut en effet nécessiter à certains moments des débits lâchés dépassant largement la capacité des turbines. A ces pertes s'ajouteront celles que le soutien de crue entraînera de la même façon aux barrages de Felou (construit) et Gouina (à venir) construits à l'aval de Manantali. Les barrages réservoirs de Gourbassy sur la Falémé et Badoumbé sur le Bakoye pourraient - à condition de gérer ces ouvrages de façon coordonnée avec celui de Manantali - permettre au contraire d'atténuer – au moins de façon relative - ces pertes de production d'énergie liées au soutien de crue.

L'étude pour élaborer le SDAGE a évalué les performances potentielles de différents scénarios d'aménagement et a défini des règles de gestion pour chacun de ces scénarios. Elle s'est basée sur des modélisations numériques (logiciel Rio Manager) réalisées au pas de temps mensuel et effectuées avant l'actualisation de la monographie hydrologique du fleuve Sénégal réalisée par l'IRD pour l'OMVS. Les chroniques historiques de pluies et de débits utilisées ne reflètent ni les connaissances actuelles sur les scénarios d'évolution climatique, ni le contexte actuel de non stationnarité. Cette action vise donc à combler ce besoin et affiner les résultats des études antérieures sur les impacts potentiels des barrages et d'améliorer les règles de leur gestion en développant un outil adapté et dédié, avec un pas de temps adapté, qui permette de représenter et quantifier de façon détaillée l'influence de la régulation sur les écosystèmes en aval. Les évolutions climatiques et anthropiques dans les bassins amonts du fleuve Sénégal doivent également être étudiées et comprises afin d'anticiper leur influence sur les régimes hydrologiques et les services associés, et appuyer les besoins de l'OMVS pour une gestion intégrée à long terme des ressources hydriques du bassin. Ces résultats et outils permettront notamment d'appuyer la révision du SDAGE 2025-2050 voulue par l'OMVS.

### **1.3.3. Veuillez décrire et définir les groupes cibles et les bénéficiaires finaux, ainsi que leurs besoins et contraintes et la façon dont l'action répondra à ces besoins**

Les groupes cibles de ce projet sont les gestionnaires des ressources en eau du fleuve Sénégal. En premier lieu, ils désignent l'OMVS, qui coordonne au niveau des 4 états membres la bonne gestion du fleuve, et



incluent également les gestionnaires des sociétés de gestion des barrages actuels (SOGEM, SOGED) et en projet, ainsi que les autorités nationales. Le programme WEFÉ vise notamment à renforcer la capacité scientifique et technique au bénéfice de l'OMVS, au travers du renforcement d'un Observatoire Scientifique, de la collecte et analyse des données et de la mise en œuvre de solutions en réponse aux problématiques prioritaires en matière de nexus. Suite à l'élaboration du SDAGE et d'étude complémentaires (PARACI, ERS, PEC...), et comme formulé clairement lors des réunions du Comité Technique du WEFÉ Sénégal, l'OMVS désire un appui scientifique et technique spécifiquement sur l'optimisation de l'aménagement et gestion des réservoirs à usages multiples pour guider ses actions futures et les activités de la SOGEM, SOGED, et futures sociétés de gestion des barrages en projet. Cette proposition répond directement à cette demande et profite de la connaissance et collaboration de longue date entre l'OMVS et l'IRD notamment pour le développement de connaissances et outils pour la gestion du fleuve. L'IRD a ainsi réalisé avec (et pour) l'OMVS la mise à jour de la monographie du fleuve Sénégal et le développement de logiciels d'aide à la gestion stratégiques et opérationnelle pour le barrage de Manantali (SIMULSEN et PROGEMAN) et des manuels de gestion pour les barrages de Manantali et Diama, utilisés par l'OMVS, la SOGEM et la SOGED. Les activités proposées ici visent à poursuivre cette collaboration et mettre à profit l'expertise accumulée sur la gestion des réservoirs dans le bassin du fleuve Sénégal.

Afin d'assurer la participation des groupes cibles à cette action, plusieurs moments d'échange sont prévus. Ils incluent des réunions régulières à Dakar mais également des points de conception spécifiques auxquels des représentants des groupes cibles seront conviés. Ceux-ci visent à s'accorder sur les méthodes utilisées (modèles, etc.), les données d'entrées nécessaires, et la nature et forme des livrables, sur les sujets principaux : modèle de gestion, indicateurs, changements bassins amonts et cultures de décrue. Un atelier final doit permettre de restituer aux groupes cibles l'ensemble des résultats, et de transférer les outils et méthodes développés. Des activités de formation auront lieu tout le long du projet avec un accueil notamment des groupes cibles (i.e. SOGEM) en France ou Dakar pour la prise en compte de leurs besoins dans le co-développement de l'outil ainsi que la prise en main du modèle Simulsen+. Au sens plus large, ce projet vise également à appuyer la coordination du programme WEFÉ (JRC, AICS, OMVS) notamment dans la production d'outils à la décision et des échanges réguliers (à Dakar, Ispra ou en visio) permettront notamment de s'assurer de la synergie des outils développés par cette projet avec ceux développés par l'ensemble du programme WEFÉ (e.g. outils d'optimisation et modélisation du JRC, résultats des lots 1&2).

Les bénéficiaires finaux de ce projet sont les populations du bassin du fleuve Sénégal qui bénéficieront d'une gestion durable et responsables des ressources en eau. En premier lieu, ils désignent les habitants riverains du fleuve qui dépendent directement de la crue du fleuve et des nombreux services associés. Ils incluent des milliers d'agriculteurs ruraux, souvent pauvres et vulnérables, qui exploitent la crue annuelle pour des cultures de décrue, pêches mais également la production de fourrage. Ceux-ci sont estimés à plus d'un million de petits exploitants vivant le long du fleuve Sénégal. Par ailleurs ces travaux visent à sécuriser le développement et la fourniture d'hydroélectricité et d'aliments issus de périmètres irrigués le long du fleuve, dont dépendent les populations du bassin. Enfin, le fleuve dessert également en eau potable les villes de Dakar et Nouakchott au travers de longues canalisations, multipliant d'autant les bénéficiaires d'une bonne gestion des eaux du fleuve.

#### **1.3.4. Éléments de valeur ajoutée spécifiques**

Le projet proposé est innovant car il n'existe actuellement aucune méthode de gestion coordonnée de plusieurs ouvrages en parallèle à un pas de temps journalier. Les modules d'allocation ne sont pas optimisés pour gérer plusieurs ouvrages en parallèle, les temps de propagation des crues n'étant pas suffisamment pris en compte. De plus, si le pas de temps mensuel suffit pour évaluer le volume déstocké à Manantali pour des lâchers de soutien de crue, il ne permet pas de calculer la part non turbinée de ce déstockage, inévitable quand les lâchés nécessaires au soutien de crue dépassent la capacité des turbines de Manantali. Le développement d'une approche permettant cette gestion coordonnée présente donc un fort intérêt scientifique et méthodologique, qui mènera à des publications dans des revues scientifiques internationales. De plus, le transfert et l'application de cette méthode dans le cadre du programme WEFÉ permettra d'appuyer sur le long terme la gestion transfrontalière des ressources en eau et consolider la position d'exemple de l'OMVS en Afrique. Enfin, la collaboration de longue date entre les participants à cette action et les groupes cibles favorisera la bonne mise en œuvre de cette action ainsi qu'un appui au-delà de la période du projet, soutenu par la présence sur place de personnel IRD et un accord cadre IRD-OMVS.

# SECTION B. FORMULAIRE DE DEMANDE COMPLETE<sup>8</sup>

À envoyer par tous les demandeurs

Afin de réduire les dépenses et les déchets, nous vous conseillons vivement de ne pas utiliser de classeurs ou d'intercalaires en plastique. Veuillez également recourir à l'impression recto-verso si possible.

## 1 INFORMATIONS GENERALES

<b>Référence de l'appel à propositions</b>	AP N° 01/2019/WEFE-SENEGAL
<b>Nom du demandeur principal</b>	IRD (Institut de Recherche pour le Développement)
<b>Intitulé de l'action</b>	<b>Aide à la gestion de réservoirs multi-objectifs dans le bassin du fleuve Sénégal</b> Évaluation multicritère de différents modes de gestion
<b>Localisation de l'action</b>	Sénégal, Mauritanie, Mali, Guinée
<b>Durée de l'action</b>	15 mois
<b>[Numéro du lot]</b>	Lot 3

---

<sup>8</sup> La demande complète se compose du formulaire de demande complète, du budget (annexe B) et du cadre logique (annexe C).

## 2 L'ACTION<sup>9</sup>

### 2.1. Description de l'action

#### 2.1.1. Description (13 pages maximum)

##### CONTEXTE

##### *Régime d'écoulement et équipement actuel du bassin*

L'écoulement du fleuve Sénégal provient en majeure partie des pluies de mousson qui arrosent de mai à octobre la partie la plus au sud du bassin, située dans le massif du Fouta Djalon. A l'aval de Bakel (situé à environ 800 km de l'embouchure), où le cours d'eau ne reçoit plus que des apports négligeables, la crue annuelle se propage lentement (moins de 20 km par jour pour les plus fortes crues) en inondant le vaste lit majeur (ou *walo*) d'une vallée à très faible pente. Après de forts écoulements observés dans les années 1950 et 1960, l'hydraulicité naturelle du fleuve a fortement diminué suite à la réduction des précipitations observée à partir du début des années 1970, pour atteindre un minimum au milieu des années 1980. De meilleurs écoulements naturels<sup>10</sup> ont été observés ensuite dans les années 1990 et 2000, mais ils restent inférieurs à ceux des années 1950-1960 (fig. 1).

Sous l'impulsion de l'OMVS (Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal), deux grands barrages ont été réalisés sur le fleuve (fig. 2). Exploité sur le Bafing depuis 1987, le barrage réservoir de Manantali a pour objectif de produire de l'électricité, soutenir les débits d'étiage pour la navigation et les besoins de l'agriculture irriguée (essentiellement localisés dans la vallée à l'aval de Bakel), écrêter les trop fortes crues pour la protection des personnes et des biens et soutenir les trop faibles crues pour maintenir l'équilibre environnemental de la vallée grâce à une inondation annuelle suffisante. Le barrage anti-sel de Diama, implanté en 1986 à une cinquantaine de kilomètres de l'embouchure et prolongé par un endiguement du fleuve vers l'amont, permet quant à lui d'empêcher la progression vers l'amont des eaux salées, qui envahissaient auparavant la partie estuarienne du fleuve sur plus de 200 km en période d'étiage. Créant une réserve d'eau douce dont le niveau peut être maintenu en permanence –sauf pendant le passage de la crue- à plus de 2 m au-dessus du niveau de la mer, il favorise les prélèvements destinés à l'agriculture irriguée et à l'alimentation en eau potable.

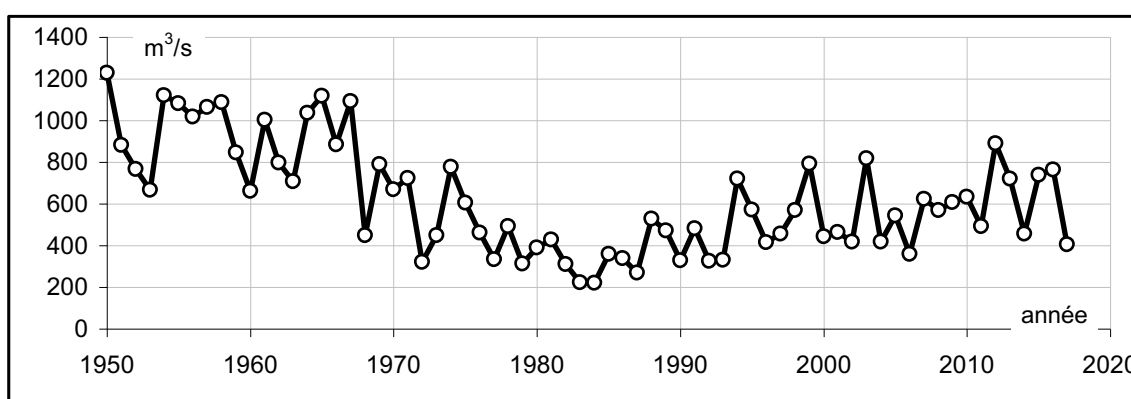


Figure 1 : débit moyen annuel naturel du fleuve Sénégal à Bakel sur la période 1950-2017

<sup>9</sup> Le comité d'évaluation se référera aux informations fournies dans la note succincte de présentation en ce qui concerne les objectifs et la pertinence de l'action.

<sup>10</sup> Les débits naturels postérieurs à 1986 sont ici reconstitués par une méthode décrite par Bader *et al.* (2015) pour les stations telles que Bakel, situées à l'aval de Manantali.

## Perspectives d'évolution de l'équipement du bassin

Réalisé en 2011, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du fleuve Sénégal (SDAGE), cofinancé par la délégation de l'UE au Sénégal, fournit un état des lieux très détaillé sur les ressources naturelles, les activités économiques et les services publics en rapport avec la gestion des eaux sur le bassin versant. Il évalue notamment les possibilités offertes par la construction de nouveaux barrages sur le bassin, projetés par les états membres de l'OMVS (Guinée, Mali, Mauritanie Sénégal) pour faire face à une demande d'énergie croissante (+ 7% par an). Parmi ces projets de barrages figurent ceux de Félou (60 MW, réalisé en 2013) et Gouina (140 MW, en cours de réalisation) sur le Sénégal amont, de Koukoutamba (280 MW, 3,6 km<sup>3</sup>) sur le Bafing, et Gourbassy (30 MW, 2,1 km<sup>3</sup>) sur la Falémé. Si tous les ouvrages projetés sont réalisés (fig. 2), le haut bassin sera équipé d'une capacité de stockage de 34 km<sup>3</sup> et d'une puissance installée totale de 1122 MW produisant en moyenne 4260 GWh par année, au lieu de 11 km<sup>3</sup>, 200 MW et 800 GWh pour le seul équipement de Manantali.

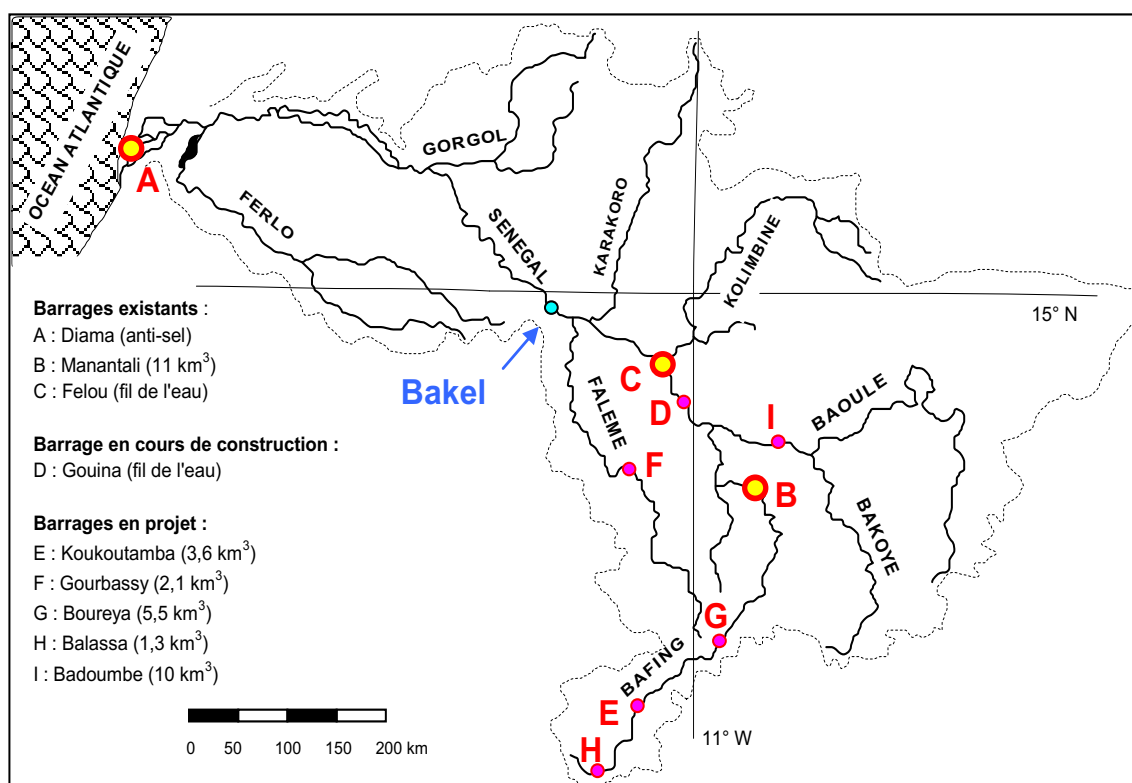


Figure 2 : carte de localisation des barrages sur le bassin versant du fleuve Sénégal.

Ce triplement de la capacité de stockage, répartie qui plus est sur les trois principales branches mères du fleuve Sénégal (Bafing, Falémé, Bakoye), amplifierait de façon notable les possibilités de régularisation de débit du cours d'eau. Ces aménagements permettront l'augmentation de la production hydroélectrique (jusqu'à + 400%) et un soutien d'étiage pour satisfaire la navigation et les prélèvements de l'agriculture irriguée, dont les besoins devraient être triplés en 2025 par rapport à ceux de 2007-2008. Cependant, la régularisation excessive des écoulements, notamment la réduction de l'ampleur de la crue dans le lit majeur, peut avoir des effets néfastes pour l'environnement et de nombreux usagers. Parmi ces problèmes, on peut citer :

- La diminution de superficie des terres exploitables en cultures de décrue
- La diminution de la recharge des nappes alluviales ; cette recharge tend à s'annuler en cas de crue trop faible (Bader *et al.* 2015) ;
- L'affaiblissement des ressources ichtyologiques ;

- La perte de biodiversité - notamment observée dans le delta du fleuve Sénégal, suite à la mise en place de différents endiguements qui empêchent l'inondation de la zone du Ndiel par la crue annuelle du fleuve (Bos *et al.* 2018).
- L'augmentation des maladies parasitaires liées à l'eau, le développement d'espèces végétales aquatiques envahissantes

Dans les plaines alluviales, les crues annuelles assurent en effet de nombreux services écosystémiques d'approvisionnement, de régulation et de soutien mais ont également d'importantes fonctions culturelles ou immatérielles. Dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal, dans les plaines d'inondation et au bord des cours d'eau, ces ressources ont été traditionnellement exploitées pour les cultures de décrue, les pêches, le pâturage, les fibres ou encore le bois. Les sécheresses des années 1970-1980 favorisèrent le développement de l'irrigation, mais celle-ci ne concerne encore à ce jour qu'un faible pourcentage des terres agricoles, avec des rendements et résultats financiers souvent en deçà des attentes initiales, et des résidus de culture sans bonne valeur fourragère. Les cultures de décrue, dans les cuvettes et sur les berges, demeurent pratiquées chaque fois que la crue est suffisante sur plusieurs dizaines de milliers d'hectares (jusqu'à 150 000 ha en 2015-16 et 2016-17 par exemple), et nécessaires à l'alimentation de la population (et des troupeaux) qui n'a pas accès aux périmètres irrigués.

Les aménagements hydrauliques pour soutenir l'irrigation et le développement de l'hydro-électricité introduisent d'importants changements hydrologiques, réduisant l'amplitude des crues, mais permettent également le soutien d'étiage. Conscient de ces interactions, l'OMVS veut promouvoir une gestion écosystémique de l'eau suite à la construction de ces nouveaux barrages. L'influence de ces ouvrages (actuels et projetés), comme les stratégies de gestion permettant d'optimiser leur fonctionnement et minimiser leurs impacts, doivent donc être étudiées et comprises.

### ***Nexus Eau-Alimentation-Énergie-Écosystèmes et gestion multi-objectifs de plusieurs réservoirs***

Les contradictions entre les besoins en eau des différents secteurs/usages sont au centre des réflexions actuelles sur le nexus eau-alimentation-énergie-écosystèmes (Yang *et al.* 2018). Le soutien d'étiage pour l'irrigation en saison sèche et la navigation, et le stockage de crue pour la production hydroélectrique sont en effet antinomiques avec les besoins d'inondations pour la recharge des nappes alluviales qui contribuent au maintien des écosystèmes, le respect des cycles naturels des rivières ou les cultures de décrues. Il est ainsi indispensable de développer des approches intégrées qui considèrent les relations interdépendantes et complexes entre ces secteurs/usages. Il s'agit de représenter au mieux ces interactions afin de nourrir les discussions et concertations entre les parties prenantes, en vue d'identifier les modes de gestion les plus adaptés pour fournir une production suffisante d'eau, d'aliments et d'énergie pour subvenir aux besoins d'une population croissante, tout en préservant au mieux l'intégrité des écosystèmes.

Plus spécifiquement, avant la réalisation des futurs barrages, il est indispensable d'en prévoir les impacts positifs et négatifs, en estimant au mieux la satisfaction de leurs objectifs de gestion. Plusieurs de ces objectifs peuvent être assignés de façon globale à l'ensemble des ouvrages du haut bassin : (i) production d'énergie, (ii) laminage des fortes crues, (iii) soutien des débits d'étiage, (iv) soutien des faibles crues. Réalisé à partir du seul barrage de Manantali, le soutien de crue peut par exemple entraîner une perte de production d'énergie pouvant atteindre en moyenne 14% d'après les scénarios analysés par l'IRD avec le logiciel Simulsen pour une hydraulique naturelle conforme à celle de la période 1970-2000 (Bader *et al.* 2003). Ce soutien de crue peut en effet nécessiter à certains moments des débits lâchés dépassant largement la capacité des turbines. A ces pertes s'ajouteront celles que le soutien de crue entraînera de la même façon aux barrages de Felou (construit) et Gouina (à venir) construits à l'aval de Manantali. Les barrages réservoirs de Gourbassy sur la Falémé et Badoumbé sur le Bakoye pourraient - **à condition de gérer ces ouvrages de façon coordonnée avec celui de Manantali** - permettre au contraire d'atténuer les pertes relatives de production d'énergie liées au soutien de crue.

L'étude pour élaborer le SDAGE a évalué les performances potentielles de différents scénarios d'aménagement et a défini des règles de gestion pour chacun de ces scénarios. Elle s'est basée sur des modélisations numériques (logiciel Rio Manager) réalisées au pas de temps mensuel et effectuées avant l'actualisation de la monographie hydrologique du fleuve Sénégal réalisée par l'IRD pour l'OMVS.

D'autres approches de modélisation hydrologique (e.g. SWAT) peuvent exploiter un module réservoir et des modules d'allocation qui permettent de moduler les lâchers ou retenues d'eau (Koch *et al.*, 2013 ; Liersch *et al.*, 2017). Ces approches souffrent toutefois de la rigidité des « *reservoirs rule curves* », et les modules d'allocation ne sont pas optimisés pour gérer plusieurs ouvrages en parallèle, les temps de propagation des crues n'étant pas suffisamment pris en compte. D'autres approches de type Multi-Agent existent, mais à des pas de temps plus grossier (Khan *et al.*, 2017) qui ne prennent pas suffisamment en compte les éventuelles périodes sèches, essentielles pour la santé des écosystèmes et des cultures par ex. De plus, si le pas de temps mensuel suffit pour évaluer le volume déstocké à Manantali pour le soutien de crue, il ne permet pas de calculer la part non turbinée de ce déstockage. Or des lâchers non turbinés peuvent être inévitables à certains moments pour le soutien de crue, quand la réalisation de l'hydrogramme objectif à Bakel nécessite des débits lâchés dépassant la capacité des turbines de Manantali. Des indicateurs quantitatifs de satisfaction des différents objectifs (énergie, irrigation, navigation, environnement) sont également nécessaires afin de légitimer les choix. L'absence d'analyse de robustesse des modélisations ne permet pas non plus d'analyser les sources d'incertitude, ni de comprendre les leviers d'action. Enfin, les calculs du SDAGE par exemple exploitent les chroniques historiques de pluies et de débits qui, s'ils témoignent d'une certaine variabilité, ne reflètent ni les connaissances actuelles sur les scénarios d'évolution climatique, ni le contexte actuel de non stationnarité.

Il est donc nécessaire d'affiner les résultats des études antérieures sur les performances et impacts potentiels des barrages et l'optimisation de leur gestion. Il faut pour cela développer un outil adapté et dédié, produisant des simulations à un pas de temps suffisamment fin et permettant de représenter et quantifier de façon détaillée l'influence de la régulation sur les écosystèmes en aval. Les évolutions climatiques et anthropiques dans les bassins amonts du fleuve Sénégal doivent également être étudiées et comprises afin d'anticiper leur influence sur les régimes hydrologiques et les services associés, et appuyer les besoins de l'OMVS pour une gestion intégrée à long terme des ressources hydriques du bassin.

## OBJECTIFS

L'objectif de ce projet est d'améliorer la gestion coordonnée de multiples réservoirs sur le fleuve Sénégal pour la satisfaction d'objectifs multicritères au pas de temps journalier.

De manière spécifique, on propose ici de :

- A. Développer un outil opérationnel d'aide à la décision, Simulsen+, permettant de simuler et optimiser la gestion de réservoirs en parallèle en fonction d'objectifs préétablis et multiples. L'outil Simulsen, déjà couramment employé par l'OMVS, sera amélioré afin de pouvoir simuler et optimiser la gestion de plusieurs ouvrages en parallèle. Les calculs, qui exploiteront la base de données hydrométriques homogénéisées de l'OMVS, seront basés sur des modélisations numériques réalisées au pas de temps journalier, mieux adapté que le pas de temps mensuel pour ce système.
- B. Caractériser et quantifier en termes d'indicateurs l'influence des scénarios d'aménagement et de gestion d'ouvrages sur la production hydroélectrique, le soutien d'étiage pour la satisfaction des besoins en eau de l'irrigation, et le soutien de crue pour le maintien des services écosystémiques. Ces derniers seront étudiés au travers du calcul des débits environnementaux, des superficies exploitables en cultures de décrue, et de l'approvisionnement en eau des systèmes Lac de Guiers - Ndiel - Bas Ferlo.
- C. Optimiser la satisfaction de multiples objectifs en fonction de scénarios d'aménagement et de gestion d'ouvrages hydrauliques dans un contexte de changement global. Ces travaux visent à contribuer aux outils d'aide à la décision du WEFÉ Sénégal en intégrant des modèles hydrologiques permettant de simuler l'influence de changements climatiques et anthropiques dans les bassins amonts sur les régimes hydrologiques et les services associés.

Ces préoccupations sont au centre des questions sur le Nexus Eau, Énergie, Alimentation, Environnement. Ces travaux contribuent directement à l'objectif général du présent appel à propositions qui est de mobiliser et produire des connaissances pour alimenter l'observatoire scientifique environnemental du bassin du fleuve Sénégal. Une meilleure compréhension de l'hydrologie du fleuve et de l'influence des réservoirs sur les multiples usages de l'eau (eau, alimentation, énergie, écosystèmes) permettra de produire de nouvelles connaissances et d'appuyer les groupes cibles dans le choix des projets d'aménagements et l'optimisation de leur gestion, répondant ainsi à l'objectif spécifique de cet appel. Ces groupes cibles sont les gestionnaires du bassin du fleuve Sénégal, notamment l'OMVS, qui prépare notamment la révision du SDAGE 2025-2050, mais également les Société de gestion des barrages existants et futures (SOGEM, SOGED). Au travers d'activités de formation et d'un transfert de connaissances et d'outils, cette action vise à renforcer la capacité scientifique et technique de ces groupes cibles. Les bénéficiaires finaux de l'action sont la population du bassin, notamment les populations rurales, pauvres et dépendantes du secteur agricole et des écosystèmes, mais également les populations nationales qui bénéficient d'une meilleure fourniture en eau (alimentation de Dakar notamment), électricité et aliments. In fine, l'amélioration de la gestion des ressources en eau doit favoriser un développement socio-économique équilibré et équitable dans le bassin, réduire la pauvreté et l'exode rural des bénéficiaires finaux, et augmenter la résilience nationale aux changements globaux (variabilité climatique, pressions et changements anthropiques).

## **METHODE ET ACTIVITES**

Les hydrologues de l'IRD UMR G-EAU travaillent depuis plusieurs décennies sur le bassin du fleuve Sénégal en étroite partenariat avec l'OMVS, l'UGB et l'UCAD. Ce travail en partenariat a produit des logiciels d'aide à la gestion stratégiques et opérationnelle pour le barrage de Manantali (SIMULSEN (Bader *et al.* 2006) et PROGEMAN (Bader 2002)) et des manuels de gestion pour les barrages de Manantali et Diama (Bader 2001/2004), utilisés par l'OMVS, la SOGEM et la SOGED, ainsi que l'actualisation entre 2010 et 2013 de la monographie hydrologique du fleuve Sénégal (Bader *et al.* 2015). Ce travail se prolonge actuellement pour la mise au point de prévisions saisonnières du débit naturel de crue du fleuve Sénégal (OMVS-IRD-Météo France, Bader *et al.* 2006). L'opération de recherche proposée ici dans le cadre du projet WEFÉ Sénégal, s'inscrit dans l'Accord-Cadre OMVS-IRD-CIRAD signée en mai 2015 pour une durée de 4 ans, et dans une collaboration continue entre l'IRD, UCAD et UGB, soutenue actuellement par plusieurs financements de projets de recherche (EU LEAP Agri, fonds IRD, etc.).

### ***A. Développer un outil permettant de simuler la gestion coordonnée d'infrastructures hydrauliques en parallèle***

L'IRD a développé le logiciel Simulsen qui modélise la gestion d'un barrage de façon détaillée au pas de temps journalier, gère les temps de propagation d'écoulement et permet un calcul optimal de limnigrammes limites à respecter dans un réservoir. Ce logiciel intègre le modèle corrélatif de propagation de crue de Lamagat (Lamagat 1983, Morel Seytoux *et al.* 1993), développé par l'ORSTOM/IRD, qui exploite deux fonctions (atténuation et délai) calées sur les données observées. Cet outil robuste et exploitable par les partenaires opérationnels permet d'évaluer, en fonction des consignes de gestion simulées et des scénarios d'apports naturels en eau, les performances et impacts potentiels du barrage de Manantali en termes de production d'énergie et de débits obtenus à l'aval jusqu'à Bakel. Ici, une version Simulsen+ sera développée par l'IRD et exploitée pour étudier des stratégies de gestion coordonnée de plusieurs barrages en parallèle, afin de représenter leur production d'énergie et leurs impacts sur les débits en aval jusqu'à Bakel et sur les multiples objectifs d'intérêt pour l'OMVS. La propagation des écoulements entre Bakel et Diama sera simulée en termes de niveau à l'aide du logiciel PROPAVAL récemment développé par IRD G-EAU. Ce logiciel basé sur le modèle de propagation de Lamagat tient compte de l'influence aval variable imposée par le barrage de Diama, en simulant la gestion de cet ouvrage conformément aux règles préconisées dans son manuel de gestion.

Différentes versions (du même modèle) seront élaborées pour simuler le fonctionnement du parc de barrages, selon divers scénarios d'équipement du bassin et de besoins/objectifs à satisfaire, et selon divers modes de gestion concertée des ouvrages. Chaque « version » correspondra à un scénario « équipement x objectif x gestion ».

Un scénario/version, dit « de référence », correspondant à « la situation actuelle » sera élaboré, auquel les autres scénarios seront comparés pour juger de leur intérêt. Ensuite, plusieurs scénarios (plus ou moins optimistes, comme dans le SDAGE) de construction de barrages complémentaires (scénario d'équipement) seront développés et adaptés en fonction des besoins exprimés par l'OMVS.

Pour chaque scénario d'équipement, différents scénarios de gestion seront proposés qui combineront des consignes répondant à deux groupes d'objectifs concurrentiels :

- **(o.1 – favoriser la production hydroélectrique et irriguée)** répondre à l'importante demande d'énergie électrique, protéger de crues dévastatrices, assurer un soutien d'étiage pour l'eau potable, l'agriculture, l'élevage du bétail, la navigation, le développement industriel et minier ;
- **(o.2 – favoriser le soutien de crue et les services écosystémiques associés)** éviter certains risques socio-environnementaux liés à une régularisation excessive de l'écoulement : diminution des superficies de cultures de décrue et de la recharge des nappes, affaiblissement des ressources piscicoles et de la biodiversité, développement de maladies parasitaires et d'espèces aquatiques envahissantes...

Une régularisation maximale des écoulements favorise les objectifs productifs (o.1), alors que les objectifs socio-environnementaux (o.2) exigent le maintien de crues inondant le lit majeur dans la vallée.

Ces combinaisons proposeront un éventail de scénarios de développement du bassin et de modes de gestion. Les travaux réalisés sur l'amélioration des modes de gestion des ouvrages pourront aboutir à modifier certains paramètres de chaque scénario, notamment ceux ayant une incidence sur l'occurrence des crues artificielles. De même, des variantes d'allocation intersectorielle de l'eau et de gestion des infrastructures pourront également être construits avec l'OMVS et évalués. En termes d'allocation, il est en effet envisageable de considérer différents partages de la ressource entre secteurs (énergie, agriculture irriguée avec une intensité culturale variant de 1 à 2, cultures de décrue, environnement...) et d'en évaluer les bénéfices marginaux.

Ces modes de gestion se différencieront par les règles associées à plusieurs rythmes de décisions :

- **(d.1) Des décisions annuelles de stratégie sur l'ensemble du bassin**, définissant les objectifs de gestion du parc d'équipements. L'une des plus sensibles est celle qui concerne le soutien d'une crue annuelle, car elle conditionne le niveau de satisfaction des deux groupes d'objectifs concurrentiels (o.1) et (o.2). On cherchera des indicateurs robustes (niveaux des réservoirs, prévisions hydro-climatologiques à moyen terme...) pouvant servir de base à cette prise de décision. D'autres décisions stratégiques concernent la programmation des niveaux à suivre dans les réservoirs (courbes de remplissage), calculés pour garantir la possibilité de satisfaire les besoins exprimés.
- **(d.2) Des décisions tactiques prises à un pas de temps intermédiaire, par exemple hebdomadaire**. Ces décisions visent en particulier à coordonner la gestion des ouvrages en répartissant la charge des objectifs communs entre réservoirs, dans le but de valoriser au maximum la ressource en eau et éviter les gaspillages. On explorera différentes modalités de répartition, en tenant compte des temps de propagation entre points de gestion. Les décisions tactiques doivent respecter au mieux les objectifs stratégiques fixés, en les adaptant éventuellement en fonction d'indicateurs à définir. On basera ces indicateurs sur l'état des réservoirs, la situation hydrologique sur le bassin et d'éventuelles prévisions hydro-météorologiques.
- **(d.3) Des décisions journalières qui visent à optimiser les commandes des organes des différents ouvrages**. Ces décisions exploitent toutes les informations disponibles au jour le jour sur la situation hydrologique dans le bassin et sur les divers points de gestion.



## **B. Comprendre les relations entre les dynamiques de crue et les services écosystémiques des plaines inondables**

Le logiciel Simulsen+ permettra d'optimiser la gestion des barrages en fonction de différents objectifs, dont certains visent à satisfaire des besoins en eau définis à l'aval. Pour les services écosystémiques, une approche multi-site et multi-échelle est proposée pour définir ces besoins et évaluer leur satisfaction.

### **B.1. Débits environnementaux et indicateurs d'altération hydrologiques**

Tout d'abord, les débits calculés par Simulsen+ seront exploités pour calculer en tout point du fleuve le respect des débits environnementaux et indicateurs d'altération hydrologiques (IHA). Une première approche permet d'imposer des simples débits minimaux (Q95) à tout moment de l'année : valeurs minimales à respecter afin de limiter le stockage et la consommation d'eau notamment en période d'étiages et maintenir l'écosystème. Toutefois ceci ne mesure pas suffisamment l'impact de la modification du fonctionnement naturel du fleuve (*natural flood pulse* etc.). Des indicateurs écologiques liés aux débits, comme les IHA (Mathews et Richter 2007), seront exploités en complément pour apprécier les perturbations hydrologiques subies par l'écosystème. La disponibilité d'une méthode de calcul des débits naturalisés permettra ici de représenter la dégradation par les barrages supplémentaires mais aussi l'influence de scénarios de gestion de Manantali et Diama.

Ces normes participent directement au maintien de certains usages agricoles de l'eau à l'échelle locale. Pour favoriser la discussion et la concertation entre les parties prenantes, l'influence des scénarios sur deux écosystèmes particuliers en aval seront étudiés.

### **B.2. Estimation des surfaces inondées et exploitables pour les cultures de décrue**

Une des conditions à remplir pour maintenir l'équilibre écologique consiste à favoriser une bonne inondation du lit majeur par la crue, grâce au maintien d'un hydrogramme de crue suffisant, qui permette d'exploiter les surfaces inondées avec des cultures de décrue dans la moyenne vallée du fleuve. Dans les années 2000, de nombreux travaux ont été réalisés sur le soutien de crue par le Programme d'Optimisation de Gestion des Réservoirs (POGR) de l'OMVS avec l'IRD. Ils ont permis en particulier de définir des hydrogrammes objectifs de crue du fleuve à Bakel en fonction de superficies potentielles de cultures de décrue, ainsi que les modalités de réalisation du soutien de crue (Lamagat 2001 ; Bader 2014). Ces travaux qui ont également décrit la propagation des écoulements entre lit mineur et lit majeur dans la vallée du fleuve Sénégal (Bader *et al.* 2017) seront ici actualisés à l'aide des nouveaux produits satellites et des travaux menés par l'IRD depuis 2016 dans la vallée du fleuve Sénégal. Le développement de nouveaux capteurs satellites procurant des images à faible coût et aux résolutions spatiale, temporelle et spectrale grandissantes, a ouvert de nombreuses perspectives d'application et d'amélioration en hydrologie. Le traitement de ces images permet d'affiner les relations entre le niveau de plan d'eau dans le lit mineur du fleuve et les superficies inondées dans les plaines du lit majeur et utilisée pour les cultures de décrue (Ogilvie *et al.* 2015). Les travaux du POGR utilisaient uniquement 8 images SPOT du pic d'inondation au cours des années 1990. La résolution spatiale et temporelle des images Landsat (30 m depuis Landsat 4 en 1982, et jusqu'à 8 jours d'intervalle en combinant 2 satellites) et Sentinel-2, (jusqu'à 10 m et 5 jours d'intervalle avec S2A et S2B), combinée au suivi quotidien par l'OMVS des cotes dans le lit mineur, permet d'affiner les relations Surface = f(cote) et Surface = f(débit), prélude à la modélisation des dynamiques des superficies inondées (Fig. 3). Le suivi à haute répétitivité temporelle des superficies permet également de distinguer des relations en phase de crue et de décrue, et de représenter correctement le phénomène d'hystérésis (Fig. 4 ; Ogilvie *et al.* 2018b). Ce phénomène témoigne d'un ressuyage plus lent des eaux dans certaines zones du lit majeur, l'eau restant captive par des seuils naturels dans la plaine inondable. Ces notions sont importantes pour améliorer la modélisation de l'inondation de ces zones, et des usages et services écosystémiques associés.

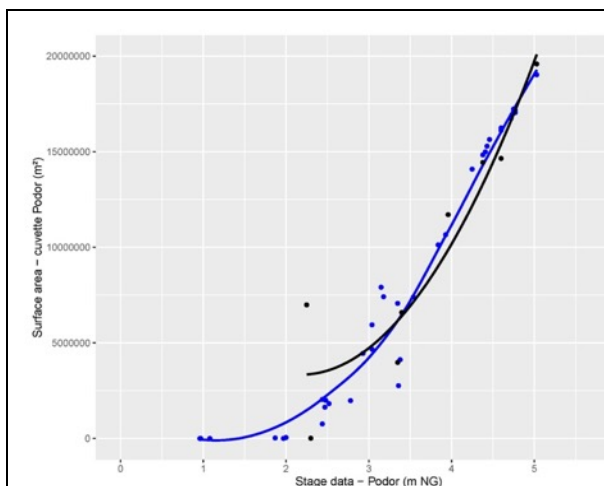


Figure 3: Relations entre les données de cotes à Podor et les superficies en eau détectées dans la cuvette de Podor, i) à partir de 8 images SPOT (ligne noire), ii) à partir d'images Landsat et Sentinel-2A (ligne bleue)

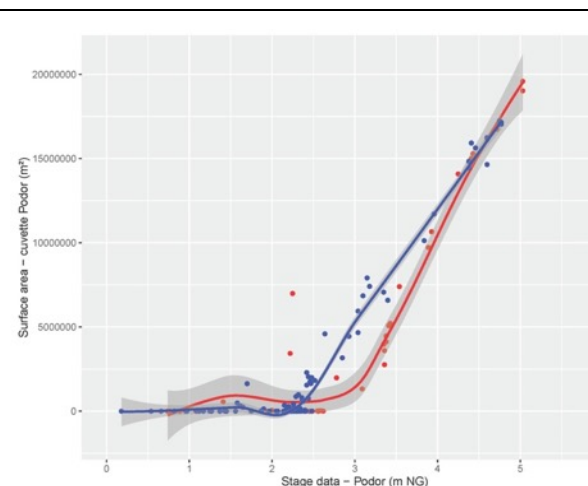


Figure 4: Relations entre les données de cotes à Podor et les superficies eau détectées dans la cuvette de PODOR lors de la montée de la crue (Ligne rouge) et la décrue (Ligne bleue), révélant la forte hystérésis

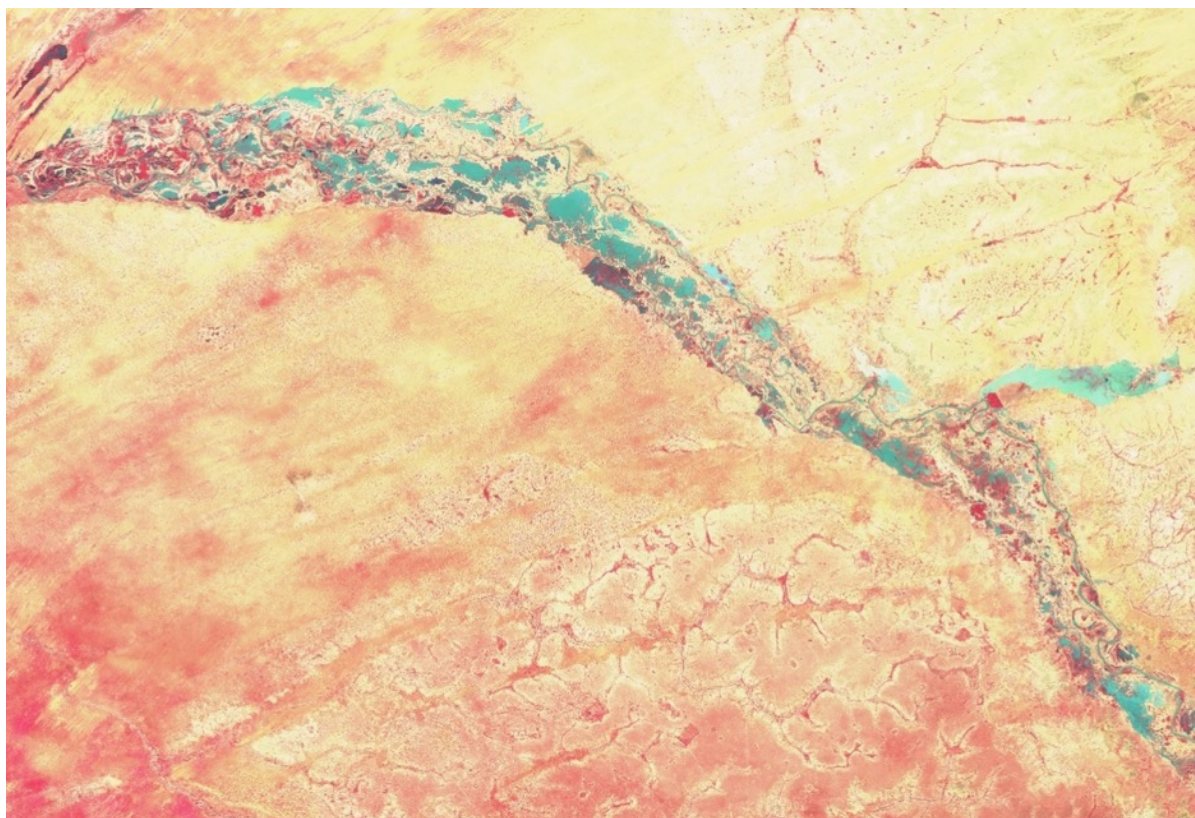


Figure 5 : Image en fausse composition couleur de l'inondation dans la plaine alluviale de la moyenne vallée du fleuve Sénégal (image Sentinel-2 du 12.10.2018)

Appliquée à plusieurs cuvettes, casiers, ou à la totalité des plaines inondables de la moyenne vallée du fleuve Sénégal (Fig. 5), cette approche peut fournir des informations essentielles sur les surfaces exploitables en cultures de décrue selon l'inondation liée à l'hydrogramme de crue. Elle permettra de fournir des informations spatialisées sur les dates d'arrivée et la durée de la crue dans des zones d'intérêt de la plaine d'inondation, et de développer des relations spécifiques dans différentes zones de la vallée du fleuve Sénégal. Combinée avec une topographie de la plaine d'inondation, elle permettra également d'estimer la profondeur de l'eau à partir de surfaces détectées par les images satellites, fournissant ainsi



des informations précieuses aux parties prenantes. Celles-ci pourront ainsi optimiser la gestion de l'eau dans ces zones fortement cultivées, grâce à des barrages, vannes et réductions de seuils afin de réduire ou d'augmenter les durées de rétention. Un premier suivi, effectué à partir de 443 images Landsat entre 1999 et 2017 démontre l'amélioration dans le suivi de la dynamique de crues. Il démontre notamment l'intérêt d'une approche spécifique par rapport à l'utilisation de produits globaux disponibles (e.g. Pekel *et al.* 2016), du fait des difficultés de la télédétection sur des sites qui combinent une forte présence de végétation inondée et une faible profondeur, donnant lieu à un profil de réflectance mixte (Ogilvie *et al.* 2018a). Ces travaux, réalisés sur la zone autour de Podor, seront étendus à l'ensemble de la plaine inondable, en utilisant notamment des processeurs de calcul dématérialisé Google Earth Engines (Gorelick *et al.*, 2017).

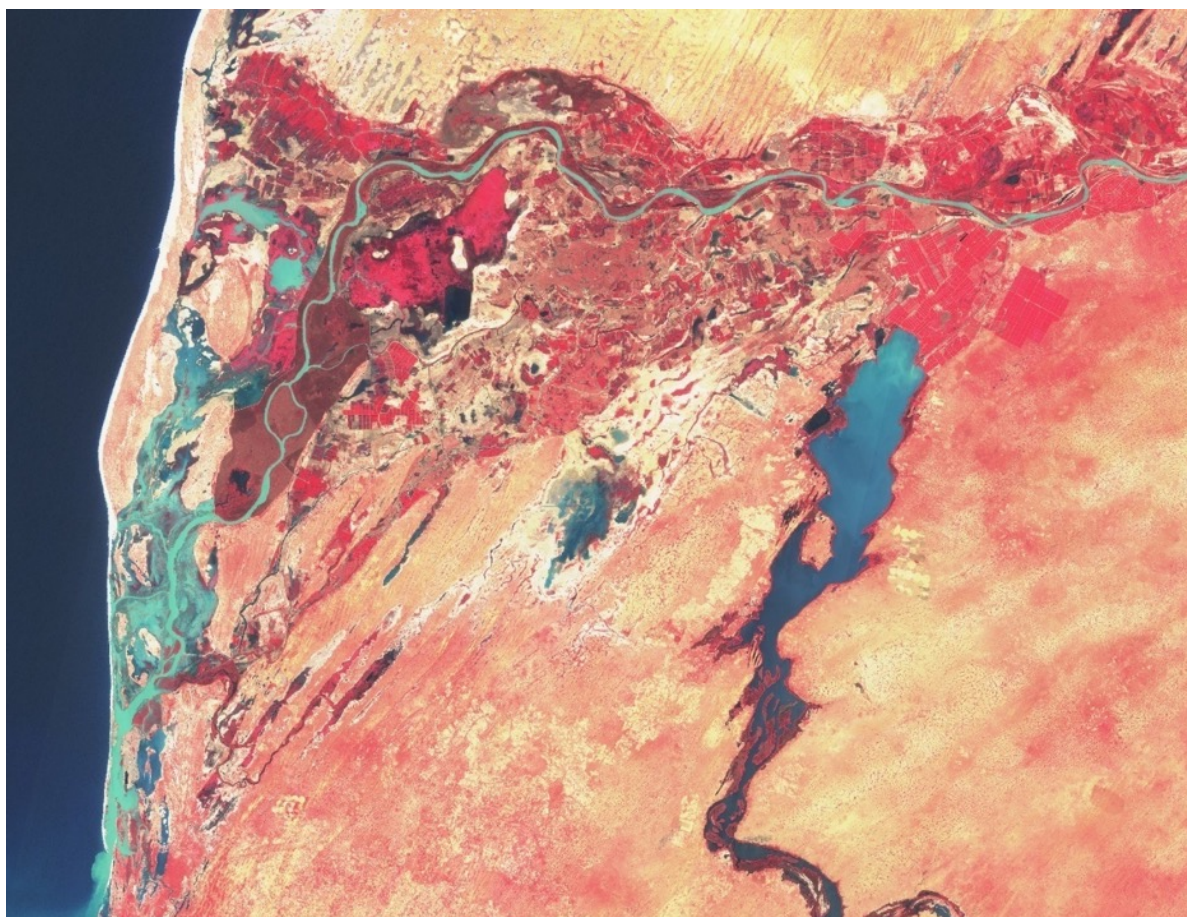


Figure 6 : Image en fausse composition couleur de la zone du Lac de Guiers, de la cuvette du Ndiael et des Trois Marigots (image Sentinel-2 du 10.10.2018)

### **B.3. Le système Lac de Guiers – Ndiael – Bas Ferlo**

Les relations entre le niveau du fleuve et le remplissage du Lac de Guiers seront étudiés afin de quantifier l'impact des multiples scénarios sur cet écosystème essentiel pour le Sénégal. L'alimentation du Lac de Guiers par le fleuve au niveau des vannes de Richard Toll dépend en effet d'une cote suffisante dans le fleuve (Fig. 6). Son remplissage par le canal de la Tahouey favorise un ensemble de services écosystémiques exceptionnels : l'alimentation en eau potable de Dakar, l'eau d'irrigation pour de grands agrobusiness (Compagnie Sucrière Sénégalaise, Fermes de la Téranga, ex-Senhuile, West Africa Farm...) et pour de multiples petits périmètres maraîchers, l'alimentation de la cuvette du Ndiael, écosystème Ramsar, par le Yeti Yone dans le cadre du projet Prefelag (Fig. 7 ; Triplet *et al.* 2018), et celle du Bas Ferlo dans le cadre du projet Preferlo. Pour toutes ces raisons, il semble primordial d'étudier spécifiquement l'influence de scénarios d'aménagement et de gestion des barrages prévus sur ce système exceptionnel et fragile du Lac de Guiers – Ndiael - Ferlo.

Le logiciel Simulsen+ sera exploité pour simuler la production d'énergies aux ouvrages et les débits aux différentes stations en aval jusqu'à Bakel, en fonction des objectifs et de la gestion coordonnée des réservoirs. Les cotes résultantes, simulées par le logiciel PROPAVAL aux zones d'intérêt/hotspots situées à l'aval de Bakel seront ensuite combinées aux relations entre cotes du fleuve et services écosystémiques dans les plaines inondables (surfaces exploitables en cultures de décrue) et dans le système Lac de Guiers-Ndiael-Ferlo.

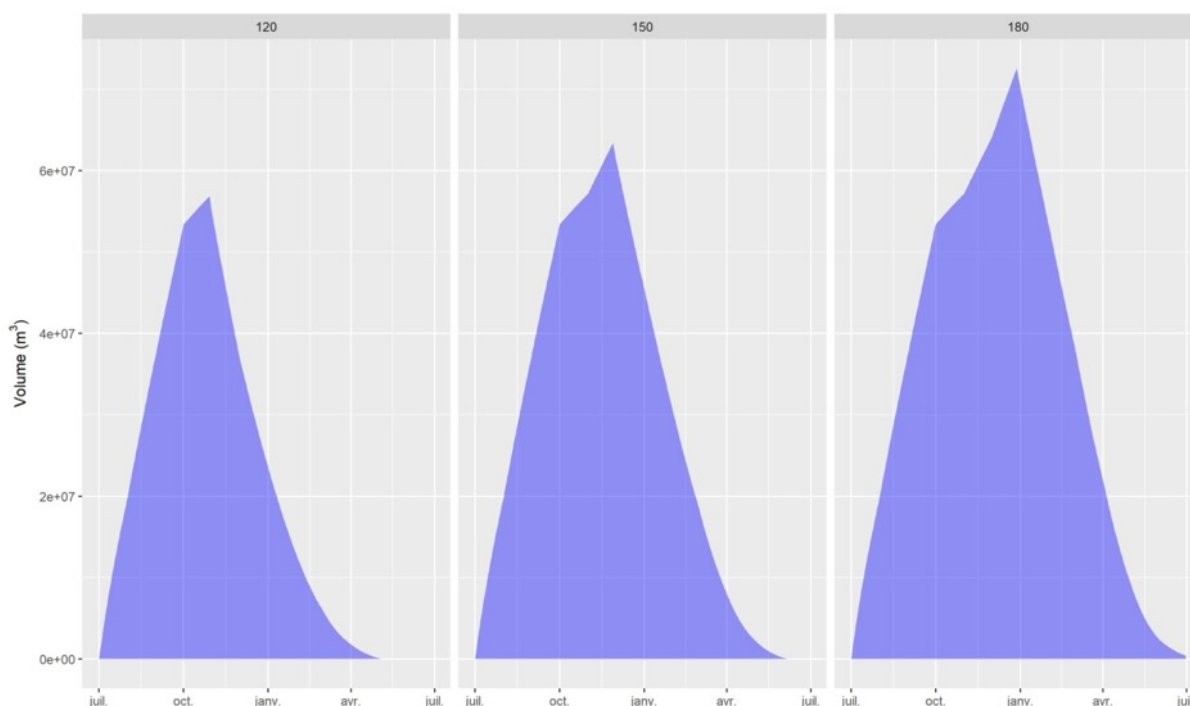


Figure 7 : Simulation du fonctionnement hydrologique de la grande mare du Ndiael sur la base d'un débit entrant de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  en fonction de la durée de remplissage (120, 150 et 180 jours/an) (Triplet *et al.* 2018).

### C. Améliorer la gestion des barrages dans un contexte de changement global

D'autres modèles et outils seront élaborés pour représenter l'influence de changements climatiques et de changements d'occupation du sol dans les hauts bassins du fleuve Sénégal sur le régime hydrologique du fleuve. L'intégration d'outils de modélisation pluie-débit avec les outils de modélisation Simulsen+ permettra *in fine* de simuler l'influence de changements climatiques, de changements d'occupation du sol ainsi que le remplissage/gestion de barrages sur les débits en aval et la satisfaction des multiples objectifs (énergie, alimentation, écosystèmes) déterminés avec l'OMVS. Une approche intégrée permettra d'augmenter la portée et valeur des travaux d'optimisation des barrages et de disposer d'interfaces intégrées plus ergonomiques.

L'expertise de l'UGB et l'UCAD sur les changements climatiques sera mobilisée afin de disposer de scénarios d'évolution de la pluviométrie et température, ainsi que sur les extrêmes (Wilcox *et al.* 2018). Les scénarios d'évolution climatique représentent une source prépondérante d'incertitudes dans les études d'impact/évolution, contrairement aux modèles hydrologiques qui, comparativement, représentent une faible source d'incertitude (Hattermann *et al.* 2018). Les projections pluviométriques des Global Circulation Models (GCMs, notamment CanESM2, CNRM, CSIRO, HadGEM2-CC, HadGEM2-ES, and MIROC5) seront comparées et synthétisées pour le bassin du Sénégal afin de disposer des scénarios les plus récents et représentatifs (Bodian *et al.* 2018). L'influence de ces évolutions (tendances, extrêmes) pluviométriques sur les ruissellements seront étudiés au travers de modèles pluie-débit permettant de représenter les modifications du régime hydrologique. Ces calculs pourront notamment s'appuyer sur des modèles hydrologiques pluie-débit existants (semi-distribué à

base physique type SWAT ; Sambou *et al.* 2015), ou conceptuel type GR (Bodian *et al.* 2016a), ou P-Q dans WEAP (Pouget *et al.* 2017). Ces modèles pourront également être affinés et améliorés à partir des chroniques hydrométriques long terme critiquées et validées dans la monographie hydrologique du fleuve Sénégal (IRD et OMVS), de séries climatiques (in situ et produits satellitaires type GPCC, CRU, TRMM, Bodian *et al.* 2016b) et de données topographiques (e.g. MNT Merit (Yamazaki *et al.* 2017) développé à partir du NASA SRTM3 v2.1 30 m, et le JAXA AW3D30 30 m, qui inclut plusieurs corrections sur le bruit ainsi que la présence de végétation). L'occupation et l'utilisation des sols seront caractérisés sur l'ensemble du bassin à partir d'imagerie satellite de moyenne résolution. L'objectif est de développer un modèle souple permettant de simuler la gestion du système Sénégal amont, au pas de temps allant du mensuel au journalier, en introduisant la prise en compte des temps de propagation, point crucial pour le laminage des crues exceptionnelles et le soutien d'une crue artificielle.

Par ailleurs, des indicateurs quantitatifs permettront de visualiser et d'évaluer en fonction des scénarios retenus (X barrages supplémentaires, Y scénarios de gestion, Z scénarios des débits amonts/climat), les divers usages de la ressource. Ceux-ci seront présentés en termes statistiques de satisfaction/défaillance des différents besoins et objectifs considérés : les quantités d'hydroélectricité produites, les surfaces inondées pour les cultures de décrue (et leur localisation), ainsi que les défaillances en termes d'indices d'altération hydrologique et de remplissage du système Lac de Guiers-Ndiael-Bas Ferlo. Une interface (type R Shiny) permettra une représentation graphique et interactive de la satisfaction des multiples objectifs en vue d'identifier les meilleurs modes de gestion concertée.

Enfin, une analyse de sensibilité (ou élasticité, qui mesure le ratio entre l'évolution des indicateurs et les variations des écoulements) des résultats aux paramètres sera effectuée (Ghile *et al.* 2014 ; Grijzen *et al.* 2013). Celle-ci est nécessaire pour identifier les secteurs ou scénarios les plus sensibles, et les paramètres qui sont à l'origine de cette vulnérabilité. Il sera alors possible d'envisager pour chaque scénario quels moyens mettre en œuvre pour réduire la probabilité de défaillances.

## RESULTATS ATTENDUS/LIVRABLES

Ce projet doit fournir à l'OMVS et aux gouvernements des quatre Etats membres les outils et les indicateurs leur permettant de décider des choix de développement à mettre en œuvre sur le haut bassin du Sénégal afin de faire face à l'augmentation des besoins en eau, énergie, alimentation, tout en minimisant l'impact sur les écosystèmes et en accompagnant les populations et les usages dépendant d'une inondation suffisante pour leur subsistance.

L'outil de modélisation développé apportera des éléments qualitatifs et quantitatifs pour chaque indicateur. Cet outil de modélisation sera développé en partenariat avec les groupes cibles (OMVS, SOGEM, SOGED), et l'accompagnement nécessaire à son exploitation sera fourni.

1. Production d'un outil Simulsen+ pour la gestion multi-critères de plusieurs barrages en parallèle, et l'extension de la simulation des cotes jusqu'à Diama (IRD)
2. Couplage de modèles hydrologiques avec Simulsen+ pour la simulation de changements climatiques et anthropiques sur les bassins amonts (UCAD, UGB)
3. Scénarios d'évolution et d'extrêmes climatiques (précipitations, évaporation, température) et hydrologiques (écoulements) sur les bassins amonts (UCAD, UGB)
4. Établissement de corrélations entre les zones inondées pour les cultures de décrue (superficies et profondeurs d'inondations) et les hauteurs d'eau sur le fleuve Sénégal. Relations spatialisées et cartes des zones, périodes, durées d'inondations (IRD)
5. Représentation graphique dynamique des résultats des modélisations en termes de : production hydroélectrique, satisfaction des besoins de l'agriculture irriguée et de décrue, indicateurs écosystémiques (débits environnementaux, IHA...) et remplissage du système Guiers-Ndiael-Ferlo. (IRD)
6. Synthèse des résultats des différents scénarios (aménagement x gestion x évolutions climatiques) simulés afin d'optimiser l'exploitation des barrages (IRD, UCAD, UGB)

7. Production d'une synthèse des résultats de l'étude servant d'aide à la décision et communications scientifiques. (IRD, UCAD, UGB)
8. Accompagnement et la formation des experts nationaux (groupes cibles) à l'utilisation et l'exploitation des modèles développés (IRD, UCAD, UGB)

Plus de détails sur la relation entre les activités et les résultats sont présentés dans le cadre logique (annexe C).

En plus des outils développés et de la formation/transfert de ces outils des publications dans des revues scientifiques internationales sont prévues. Celles-ci incluent une publication sur l'outil Simulsen+ et son application, une publication sur la simulation de changements climatiques et anthropiques dans les bassins amonts ainsi qu'une publication sur les corrélations entre la crue du fleuve et la production de services écosystémiques.

## REFERENCES

- Bader J.-C. (2001) Programme d'optimisation de la gestion des réservoirs : phase 3 : manuel de gestion du barrage de Manantali : version finale. Dakar : IRD ; OMVS, 109 p. multigr.
- Bader J.-C. (2002) PROGEMAN : logiciel d'aide à la gestion en temps réel du barrage de Manantali. Dakar : IRD ; OMVS, 62 p. multigr.
- Bader J.-C., Lamagat J.-P., Guigen N. (2003) Gestion du barrage de Manantali sur le fleuve Sénégal : analyse quantitative d'un conflit d'objectifs. *Hydrological Sciences Journal*, 48 (4), p. 525-538.
- Bader J.-C. (2004) Programme d'optimisation de gestion des réservoirs : manuel de gestion du barrage de Diama : version révisée pour les conditions d'écoulement prévalant depuis octobre 2003 (ouverture de la brèche dans la Langue de Barbarie). Dakar : IRD ; OMVS, 52 p. multigr.
- Bader J.-C., Rolland D., Pouget J.-C. (2006) SIMULSEN : logiciel de simulation de gestion d'un barrage à objectifs multiples, au pas de temps journalier : manuel de référence et d'utilisation des versions DOS et Windows XP de décembre 2005. Dakar : IRD ; OMVS, 86 p. multigr. Version mise à jour en 2015 : Montpellier : IRD, 103p. multigr.
- Bader J.-C., Piedelievre J.-P., Lamagat J.-P. (2006) Seasonal forecasting of the flood volume of the Senegal River based on results of the ARPEGE Climate model. *Hydrological Sciences Journal*, 51 (3), 406-417.
- Bader J.-C. (2014) Actualisation de résultats du POGR concernant le soutien de la crue du fleuve Sénégal par le barrage de Manantali. Montpellier, IRD, 48 p multigr.
- Bader J.-C. (ed.), Cauchy S., Duffar L., Saura P. (2015) Monographie hydrologique du fleuve Sénégal : de l'origine des mesures jusqu'en 2011. Marseille : IRD, 2015, 79 p. (livret) + CD-Rom (920 p.) ISBN 978-2-7099-1885-5
- Bader J.-C., Belaud G., Lamagat J.-P., Ferret T., Vauchel P. (2017) Modélisation de propagation d'écoulement entre lits mineur et majeur sur les fleuves Sénégal et Niger. *Hydrological Sciences Journal*, 2017, 62 : 3, p. 447-466
- Bodian, A., Dezetter, A., & Dacosta, H. (2016)a. Rainfall-runoff modelling of water resources in the upper Senegal River basin. *International Journal of Water Resources Development*, 32(1), 89-101.
- Bodian, A., Dezetter, A., Deme, A., & Diop, L. (2016b). Hydrological evaluation of TRMM rainfall over the upper Senegal river basin. *Hydrology*, 3(2), 15.
- Bodian, A.; Dezetter, A.; Diop, L.; Deme, A.; Djaman, K.; Diop, A. (2018). Future Climate Change Impacts on Streamflows of Two Main West Africa River Basins: Senegal and Gambia. *Hydrology*, 5, 21.
- Bos, D., Davids, L., Wade, P. M., Sow, A., Gueye, Y., & Gaye, A. (2018). The Ndiavel, a former floodplain on the brink of change from dry to wet?. *Bird Conservation International*, 28(1), 27-37.
- Ghile Y. B., Taner M. Ü., Brown C., Grijnsen J. G., Talbi A. (2014) Bottom-up climate risk assessment of infrastructure investment in the Niger River Basin. *Climatic change*, 122(1-2), 97-110.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27.

- Grijsen, J. G., Brown, C., Tarhule, A., Ghile, Y. B., Taner, Ü., Talbi-Jordan, A., ... & Coulibaly, B. (2013). Climate risk assessment for water resources development in the Niger River basin part I: Context and climate projections. In *Climate Variability-Regional and Thematic Patterns*. InTech.
- Hattermann, F.F., Vetter, T., Breuer, L., Su, B., Daggupati, P., Donnelly, C., Fekete, B., Flörke, F., Gosling, S. N., Hoffmann, P., Liersch, S., Masaki, Y., Motovilov, Y., Müller, C., Samaniego, L., Stacke, T., Wada, Y., Yang, T. and Krysnova, V. (2018). Sources of uncertainty in hydrological climate impact assessment: a cross-scale study. *Environmental Research Letters*, 13(1): 015006.
- Khan H. F., Yang Y. C. E., Xie H., Ringler C. (2017) A coupled modeling framework for sustainable watershed management in transboundary river basins. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 6275–6288
- Koch, H., Liersch, S., & Hattermann, F. F. (2013). Integrating water resources management in eco-hydrological modelling. *Water Science and Technology*, 67(7), 1525-1533.
- Lamagat J.-P. (1983) Analyse de la vitesse de propagation des crues. Application à la prévision des crues et des étiages : delta central du Niger, modèle provisoire de propagation. Bondy, ORSTOM, 42 p.
- Lamagat J.-P. (2001) Programme d'optimisation de la gestion des réservoirs, phase 3 : Crue artificielle et cultures de décrue. Synthèse finale. Dakar : IRD ; OMVS, 67 p. multigr.
- Liersch, S., Koch, H. and Hattermann, F.F. (2017). Management Scenarios of the Grand Ethiopian Renaissance Dam and Their Impacts Under Recent and Future Climates. *Water* 9(10): 24p.
- Mathews, R., & Richter, B. D. (2007). Application of the Indicators of hydrologic alteration software in environmental flow setting 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 43(6), 1400-1413.
- Morel-Seytoux H.J., Fahmy H., Lamagat J.P. (1993) A composite hydraulic and statistical flow-routing method, *Water Resources Research*, 29(2), 413-418
- Ogilvie, A., Belaud, G., Delenne, C., Bailly, J.S., C., Bader, J.-C., Oleksiak, A., Ferry, L., and Martin, D.: Decadal monitoring of the Niger Inner Delta flood dynamics using MODIS optical data, *Journal of Hydrology*, 523, 368-383, doi:10.1016/j.jhydrol.2015.01.036, 2015
- Ogilvie, A., Belaud, G., Massuel, S., Mulligan, M., Le Goulven, P., Calvez, R. (2018a) "Surface water monitoring in small water bodies: potential and limits of multi-sensor Landsat time series". *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, 4349-4380. DOI:10.5194/hess-22-4349-2018
- Ogilvie, A., Massuel, S., Poussin, J.C., Belaud, G., Martin, D. (2018b) Improved understanding of multiple socio-hydrosystems with multi-scalar earth observations. 8th Global FRIEND Water conference, Beijing, China, November 2018.
- Pekel, J. F., Cottam, A., Gorelick, N., and Belward, A.S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes, *Nature*, 540, 418-422. doi:10.1038/nature20584
- Pouget, J. C., Proaño, D., Vera, A., Villacís, M., Condom, T., Escobar, M., ... & Calvez, R. (2017). Modélisation glacio-hydrologique et gestion des ressources en eau dans les Andes équatoriennes: l'exemple de Quito. *Hydrological Sciences Journal*, 62(3), 431-446.
- Sambou, S., Sane, M.L., Boithias, L., Sauvage, S., Sanchez-Perez, J.M. (2015). Hydrological modelling of the Bafing river (Senegal river basin): towards better management of the Manantali multipurpose dam. SWAT 2015 Conference, Pula, Italy.
- Triplet P., Dodman T., Ogilvie A., Ndiaye P., Ndiaye N., Kane A. S., Ouedraogo P. (2018) Réserve de Faune du Ndiaël. Mission consultative Ramsar 87, rapport de mission, 45 p.
- Wilcox, C., Vischel, T., Panthou, G., Bodian, A., Blanchet, J., Descroix, L., ... & Kone, S. (2018). Trends in hydrological extremes in the Senegal and Niger Rivers. *Journal of Hydrology*, 566, 531-545.
- Yamazaki, D., Ikeshima, D., Tawatari, R., Yamaguchi, T., O'Loughlin, F., Neal, J. C., ... & Bates, P. D. (2017). A high-accuracy map of global terrain elevations. *Geophysical Research Letters*, 44(11), 5844-5853.
- Yang, J., Yang, Y. E., Khan, H. F., Xie, H., Ringler, C., Ogilvie, A., ... & Tharme, R. (2018). Quantifying the Sustainability of Water Availability for the Water-Food-Energy-Ecosystem Nexus in the Niger River Basin. *Earth's Future*, 6(9), 1292-1310.



## 2.1.2. Approche de la mise en œuvre (5 pages maximum)

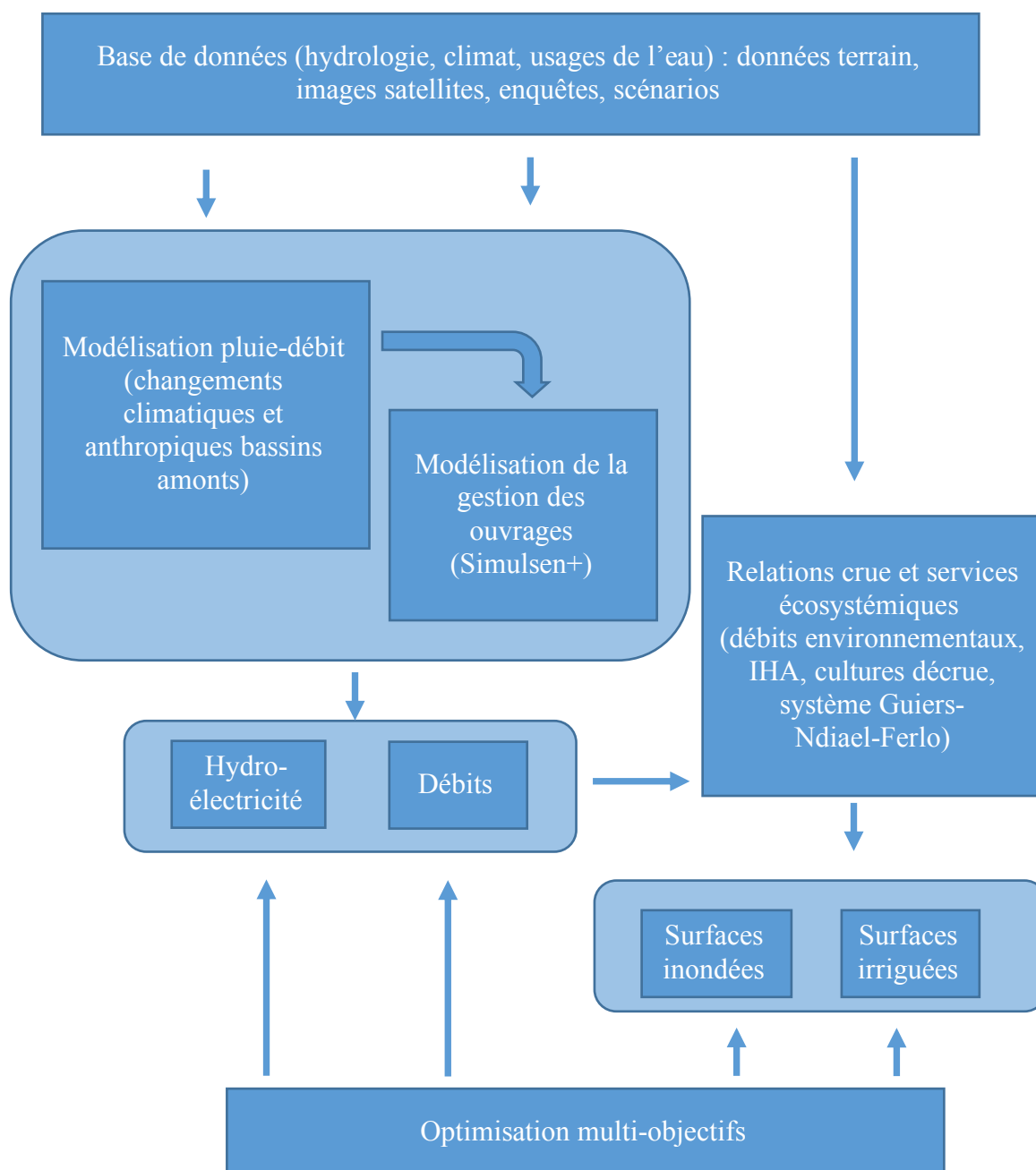


Figure 8 : Représentation conceptuelle de la méthodologie

La mise en œuvre de ce projet s'appuie sur un ensemble d'activités présenté en 2.1.1 et en figure 8, et organisé en 3 pôles de travail, cf. figure 9. Ces activités incluent des activités de bureau (recherche, analyse, rédaction), de réunions (par visioconférence et présentiels), formation continue, et ateliers de formation et restitution. Une réunion de lancement avec tous les membres du projet est prévue à Dakar et vise à ajuster l'organisation interne, le calendrier de mise en œuvre et s'assurer de la mise à disposition des données et moyens pour chaque activité et livrable. En plus de réunions régulières, 4 points de conception spécifiques sont prévus. Ceux-ci visent à s'accorder sur les méthodes utilisées (modèles, etc.), les données d'entrées nécessaires, et la nature et forme des livrables, sur les sujets principaux. Modèle de gestion, indicateurs, changements bassins amonts et cultures de décrue. Un atelier final doit permettre de restituer aux groupes cibles l'ensemble des résultats, et de transférer les outils et méthodes développés. Des activités de formation auront lieu tout le long du projet avec un accueil notamment des



groupes cibles (i.e. SOGEM) en France pour la prise en compte de leurs besoins dans le développement de l'outil ainsi que la prise en main du modèle Simulsen+. Des échanges réguliers avec la coordination du programme WEFE (JRC, AICS, OMVS) et les groupes cibles sont prévus afin de valider les décisions prises au cours de l'action. Ceux-ci seront invités à participer à certains points de conception et aux activités de formation continue qui les concernent. Des moments d'échange avec les modélisateurs du JRC sont également prévus à Dakar ou Ispra.

Aucune instrumentation ou collecte sur le terrain de données primaires n'est prévue compte tenu de la nature et durée du projet. Les données hydrologiques et climatiques sont disponibles à l'OMVS et à l'IRD. L'expert en modélisation a notamment réalisé l'actualisation de la monographie du fleuve Sénégal, incluant la critique et l'homogénéisation de base de données. Il a également développé pour l'OMVS et la SOGEM un logiciel Simulsen de gestion de barrage appliquée et utilisée par le gestionnaire du barrage de Manantali. Cette action s'inscrit dans le prolongement de ces travaux et pourra ainsi s'appuyer sur une connaissance experte de l'hydrologie du fleuve Sénégal et de la gestion des barrages existants, et une collaboration de longue date entre l'IRD, l'OMVS et la SOGEM sur cette problématique. En parallèle, cette action pourra s'appuyer sur des actions en cours sur le fleuve Sénégal. L'IRD participe notamment à un projet EU LEAP AGRI qui s'intéresse aux pratiques agricoles de plusieurs sites et a récemment complété deux projets (FSP Agricora et AFD Saed) sur la problématique de cultures de décrue dans les cuvettes de la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Ces résultats qui montrent l'importance de ces sites et la possibilité de représenter le fonctionnement hydrologique à l'aide de données terrain et imagerie satellite seront ici approfondis et étendus à l'ensemble de la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Projets UCAD/UGB... Le projet s'appuie également sur une collaboration ancienne entre l'IRD et les universités sénégalaises. L'IRD collabore actuellement avec l'UGB dans le cadre du projet EU LEAP AGRI et avec l'UCAD dans le cadre d'activités sur la modélisation hydrologique (projet KIM WATERS Normes et GDRI), favorisant le partenariat dans ce projet. Ces activités témoignent non seulement d'une forte dimension technique et spécialisée pour la modélisation hydrologique du fleuve Sénégal mais également d'un partenariat fort permettant d'assurer la collaboration sur les différentes tâches.

La structure organisationnelle est détaillée en figure 9. Le coordinateur sera l'interlocuteur privilégié du Maître d'Ouvrage et sera impliqué dans toutes les étapes du projet. Il participera à tous les points de conception, les formations et les moments d'échanges. Il organisera les rapports, en rédigera les points essentiels à partir des informations fournies par les autres membres du groupement. Le coordinateur sera appuyé par un comité composé de représentants des autres structures et experts sur les différents thématiques de l'action. Comme détaillé ci-après l'équipe pour cette action sera composée de 2 experts en modélisation hydrologique (IRD, UCAD), 1 expert en télédétection/hydrologie (IRD), 2 experts en analyse hydro-climatique (UCAD, UGB), 1 spécialiste en bases de données (IRD), 1 spécialiste en homogénéisation/critique des données (IRD), 1 expert en gestion de barrage (IRD) et 1 expert en techniques d'optimisation de modèles (IRD).

Ce projet valorise l'expertise de l'IRD sur l'hydrologie des grands fleuves en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Niger et Volta), qui s'accompagne d'un fort partenariat avec les universités du Nord et du Sud, les Directions Nationales de l'Hydraulique et les Agences de Bassin. L'équipe IRD sera composée de JC. Bader, A. Ogilvie, JC. Pouget, N. Muther et D. Martin. Elle assurera la coordination du projet, le développement de l'outil Simulsen+, l'actualisation des relations entre débits du fleuve et services écosystémiques, et l'intégration avec des outils de modélisation complémentaires.

Les membres de l'équipe ont notamment participé au Programme d'Optimisation de Gestion des réservoirs de l'OMVS (1998-2006), à la mise à jour de la Monographie hydrologique du fleuve Sénégal avec l'OMVS (2010-2013) et aux études de prévisions saisonnière avec l'OMVS et Météo France (2002-2015 et depuis 2017). Ils participent actuellement au projet UE LEAP AGRI Wagrinova avec l'UGB, et ont participé aux projets FSP Agricora (2016-2019) et AFD SAED (2016-2018) sur la cuvette de Podor, ainsi qu'à la Mission Consultative Ramsar de l'IUCN sur la Remise en eau du Ndiael dans le cadre du projet PREFELAG OLAC/BAD. Ils ont également participé à des projets similaires sur le Nexus dans le bassin du Niger : modélisation des ressources en eau, télédétection de l'inondation dans les plaines alluviales et quantification des services écosystémiques dans le Delta Intérieur du Niger (projets IFR ILEE Hydrodin 2008-2012, CGIAR CPWF BFP Niger 2008-2011, CGIAR WLE Agent-

based modelling Niger 2015-2017, AFD Avenir du fleuve Niger 2018, AID ABN Delta Intérieur 2018-2020).

L'UGB et l'UCAD apporteront leur expertise sur la modélisation des ressources en eau sur les bassins amonts et sur l'analyse des séries hydro-climatiques. Ousamana Bodian, enseignant-chercheur à l'UGB, a notamment travaillé sur la modélisation pluie-débit (logiciels GR2M/GR4J), sur l'analyse des extrêmes hydro-climatiques et sur l'évaluation des estimations satellites des précipitations dans les bassins amonts du fleuve Sénégal. Honoré Da Costa et Soussou Sambou, maîtres de conférences à l'UCAD, ont notamment travaillé sur l'études de la variabilité spatio-temporelle des précipitations et sur la modélisation des bassins amont avec SWAT. Ce projet permettra également d'appuyer et de mobiliser les travaux d'étudiants de l'UCAD et l'UGB, et notamment des doctorants de l'EDEQUE UCAD travaillant actuellement sur ce bassin.

Les membres de l'équipe IRD, UCAD, UGB, OMVS collaborent depuis plusieurs années sur le fleuve Sénégal et le barrage de Manantali, ainsi que sur le développement des normes hydrologiques pour la conception d'ouvrages hydroélectriques. Au sein de l'OMVS, Gora Ndiaye, qui travaille depuis plusieurs années avec l'IRD sur la monographie et la prévision saisonnière, est un interlocuteur privilégié en particulier pour les aspects bases de données. L'équipe de recherche s'appuiera également sur l'équipe du JRC et pourra également faire appel à l'expertise de l'IUCN, l'OLAC, etc. avec lesquels ce groupement a récemment collaboré. Des synergies avec les lots 1 et 2 (sur lesquels des équipes IRD se positionnent également) seront également recherchées.

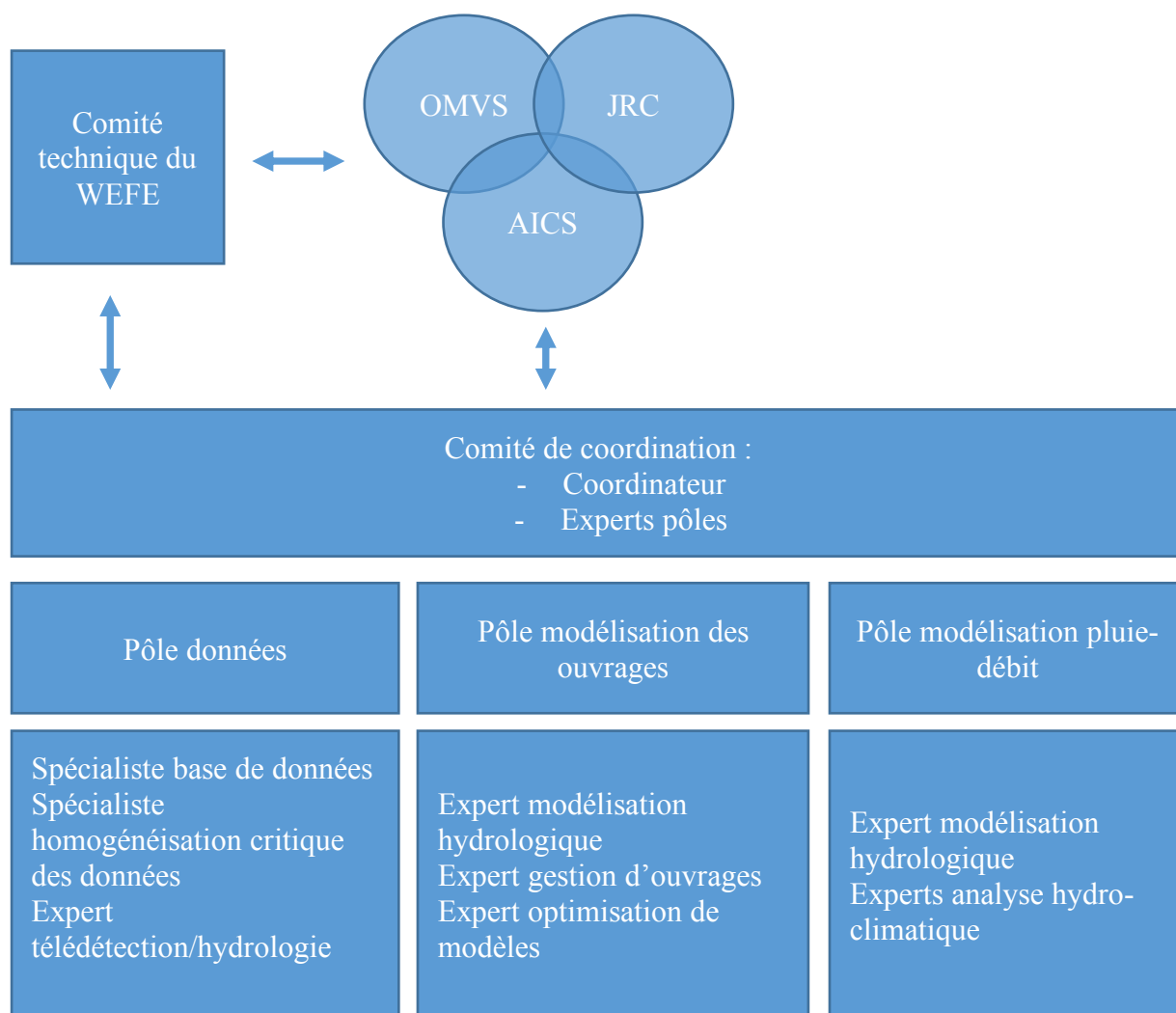


Figure 9 : Représentation conceptuelle de la structure organisationnelle de l'action

Le suivi de ce projet se fera au travers d'échanges et de réunions régulières. Le cadre logique servira de Gantt chart aux activités et sera ajusté par les parties prenantes au projet, lors de la réunion de lancement, et à intervalles réguliers si nécessaire. Des réunions régulières par audio/visio conférence seront organisés ainsi que 4 points de conception (réunion physique ou à distance), une réunion de lancement et un atelier final. Des outils de collaboration en ligne permettront de travailler en commun et regrouper sur une seule plateforme les documents et données nécessaires au projet, les comptes rendus de réunion, et livrables. Le suivi financier sera géré par les services administratifs du centre IRD Montpellier en lien avec une gestionnaire IRD et la coordination du projet. Des outils dédiés pour le suivi des achats, dépenses, missions, sont disponibles à l'IRD. Les rapports financiers semestriels/annuels seront rassemblés par l'IRD et envoyé au bailleur de cette action, accompagné d'un rapport technique explicitant les activités menées.

L'évaluation de cette action s'appuiera sur les rapports demandés par le bailleur et les rencontres avec le Comité Consultatif du WEFÉ Senegal qui coordonne l'ensemble des actions sur l'Appui à la gestion des ressources en eau et du Nexus eau-énergie-agriculture dans le bassin du fleuve Sénégal (ENV/2017/383-744). Les résultats seront présentés lors des réunions annuelles et seront détaillés dans les rapports intermédiaires et finaux envoyés à la coordination du programme WEFÉ Sénégal. Le JRC, l'OMVS et l'AICS seront également conviés à l'atelier final, qui vise à restituer et valider les travaux accomplis.

La visibilité de l'action et de la contribution de l'UE à son financement se fera par plusieurs canaux. Les travaux feront l'objet de communications orales et de publications dans des revues scientifiques, où le financement apporté par l'AICS sera mentionné conformément aux pratiques en vigueur. Ces communications viseront à la fois le monde académique au travers de colloques des sciences hydrologiques et naturelles tels que European Geosciences Union (EGU), International Association of Hydrological Sciences (IAHS) mais également les acteurs socio-économiques, notamment bailleurs, organismes internationaux au travers d'événements type 9th World Water Forum (Dakar 2021), UNESCO FRIEND AOC (Cotonou 2020). Les publications viseront des revues scientifiques internationales (Hydrology and Earth System Sciences, Journal of Hydrology) et un financement pour publier des travaux en Open Access (accès libre) est prévu dans le budget, afin d'augmenter la visibilité et la portée de cette action. La présence d'enseignants chercheurs des deux plus importantes universités nationales permettra également de favoriser la visibilité de l'action auprès de centaines d'étudiants de licence, master et thèse. Des rapprochements avec le Nexus Regional Dialogue permettront également d'augmenter la visibilité et la portée de ces travaux et résultats, auprès de chercheurs, bailleurs travaillant sur d'autres régions du monde. Des résultats seront notamment partagés au travers du Nexus Resource Platform <http://www.water-energy-food.org> financé également par l'Union Européenne. Enfin, contact sera pris avec le Département DIC de l'IRD, de l'UCAD, de l'UGB et de l'OMVS pour appuyer la visibilité de cette action au travers de communications sur les pages internet et réseaux sociaux des instituts (pages Twitter/LinkedIn de l'IRD). Le projet apportera son concours également aux services de communication des partenaires du projet WEFÉ, notamment le JRC et l'AICS, dans le cadre de leur politique/activités de communication.

### 2.1.3. Programme de travail indicatif pour la mise en œuvre de l'action (max. 4 pages)

Le programme de travail doit être établi conformément au modèle ci-après:

Année 1													
	Semestre 1						Semestre 2						
Activité	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Organe d'exécution
A.0 Réunion de démarrage													IRD, UGB, UCAD
A.1.1 Collecte et mise en forme des données													IRD, UGB, UCAD
A.1.2 Développement de l'outil Simulsen+													IRD
A.1.3 Développement des scénarios d'aménagement et de objectifs de gestion (e.g. privilégier hydroélectricité, vs écosystèmes)													IRD, UGB, UCAD
A.2.1 Étude par télédétection des superficies inondées pour cultures de décrue													IRD
A.2.2 Relations $S=f(Z)$ spatialisées et cartes des zones, durée d'inondation													IRD
A.2.3 Développement des indicateurs hydroélectricité, décrue, écosystèmes													IRD
A.3.1 Analyse des scénarios climatiques													UGB, UCAD
A.3.2 Modélisation pluie-débit sur bassins amont avec prise en compte des changements climatiques et anthropiques													UGB, UCAD, IRD



#### **2.1.4. La durabilité de l'action (max. 3 pages)**

Ce projet vise à fournir/doter les gestionnaires des eaux du fleuve Sénégal (OMVS, SOGEM, SOGED, etc.) d'un outil performant et adapté permettant d'optimiser en fonction de multiples objectifs et critères la régulation du fleuve Sénégal. Il permettra ainsi aux gestionnaires du fleuve et des barrages (actuels et futurs) d'optimiser le stockage et le lâcher des eaux, en fonction d'objectifs de production hydroélectrique, de soutien d'étiage notamment pour les activités d'irrigation en aval, et de soutien de crue pour les nombreux services écosystémiques le long du fleuve Sénégal. Le barrage de Manantali génère actuellement 857 GWh d'électricité par an (moyenne estimée sur 2004-2017) et plusieurs centaines de milliers d'hectares le long du fleuve Sénégal dépendent de la bonne gestion du fleuve afin de maintenir une cote et un volume suffisant pour leurs besoins en eau. Le fleuve alimente également plusieurs zones humides (Parc du Djoudj, du Diawling, Ndiael, Trois Marigots), et approvisionne en eau potable les agglomérations de Dakar et Nouakchott. Une bonne gestion des eaux du fleuve peut ainsi directement ou indirectement influencer une population bénéficiaire de plusieurs millions de personnes.

Les risques inhérents à ce projet sont essentiellement politiques. La demande et le soutien de l'OMVS pour cette action démontre l'intérêt par les parties prenantes d'une amélioration de la gestion du fleuve et leur soutien doit permettre de lever d'éventuels obstacles et freins à la réussite du projet. Le succès de ce projet repose en partie sur la mobilisation et l'adhésion des groupes cibles, notamment les gestionnaires de barrage. Ce projet s'appuiera ainsi sur une collaboration de longue date entre l'IRD, la SOGEM et la SOGED. L'IRD a notamment développé le logiciel Simulsen et des manuels de gestion encore utilisé actuellement pour la gestion de barrage. Cette longue collaboration permet de garantir l'intérêt et l'appui de ces partenaires pour la mise en œuvre et l'utilisation du logiciels. L'insécurité actuelle au Mali pourrait compromettre certaines missions du projet à Bamako pour travailler notamment avec la SOGEM. Pour cette raison, un budget pour inviter le personnel malien (SOGEM) en France et/ou à Dakar aux activités de formation continue a été prévu dans cette proposition.

Cette initiative est conçue dans l'objectif de développer et d'équiper les gestionnaires de bassin et de barrages avec les outils, et données nécessaires leur exploitation sur le long terme. La stratégie d'appropriation s'appuie d'une part sur la collaboration existante/antérieure entre les groupes cibles et le demandeur du projet, qui a mené notamment au développement et à l'exploitation des logiciels Simulsen et Progeman pour l'aide à la gestion stratégique et en temps réel du barrage de Manantali. D'autre part, les actions développées dans ce projet permettront d'assurer l'appropriation de ces nouveaux outils au travers d'une implication sur toute la durée du projet, depuis le développement des outils en fonction des données, objectifs et scénarios à retenir, jusqu'à leur exploitation, encouragée et facilitée au travers de formation continue (accueil en France/Dakar de la SOGEM, SOGED), et d'ateliers de formation (avec l'OMVS).

Une spécificité de l'IRD provient d'une vision long terme de ces actions, appuyée par un dispositif d'affectation de personnel sur plusieurs années et de budget récurrent pour son chantier d'Afrique de l'Ouest. Comme avec Simulsen, l'IRD pourra continuer à fournir un appui et un accompagnement sur la durée, avec notamment des mises à jour du logiciel, des échanges entre développeurs des outils et utilisateurs/groupes cibles, compte tenu de sa présence et autres financements sur le long terme sur le bassin du Sénégal. Le projet bénéficiera notamment de la présence en continu de chercheurs IRD à Dakar sur la période du projet et au-delà. De même l'implication des universités nationales dans ce projet permet de mobiliser et d'approfondir l'expertise nationale des enseignants-chercheurs sur ces thématiques et garantir que cette expertise pourra ensuite être mobilisée par d'autres initiatives nationale/gouvernementales, dans le cadre d'expertises, commissions, formations initiales et continues.

Cette collaboration fait d'ailleurs l'objet d'une convention cadre entre l'IRD et l'OMVS. Cette convention permet ainsi d'inscrire ces activités dans la durée et d'assurer la durabilité financière et institutionnelle de cette action. En outre, l'intérêt fort de l'OMVS et son soutien pour cette initiative (activités du Lot 3) permettra d'appuyer la durabilité financière et institutionnelle de ce projet. La puissance/importance et la stabilité de l'OMVS permet également d'assurer une durabilité politique à cette action, à l'aide des initiatives pour améliorer la gestion intégrée des ressources en eau, comme celles soutenues par l'initiative NEXUS WEF. L'OMVS prépare notamment l'actualisation du SDAGE pour 2025-2050 et les résultats de ces travaux participeront à la définition de ce SDAGE. Des

membres de cette action ont déjà été sollicités pour répondre à l'appel à manifestation d'intérêt de l'OMVS pour la révision du SDAGE afin de consolider et intégrer les acquis de ce projet. Enfin, l'objectif premier de ce projet est bien d'appuyer la gestion des ressources naturelles en fonction des priorités de l'OMVS et de ses états membres, appuyant la durabilité environnementale.

La diffusion de ce projet s'opérera selon plusieurs canaux et activités. Au niveau des groupes cibles du projet, la diffusion sera assurée par des échanges réguliers (réunions, rapport de suivi), des activités de formation continue et un atelier final pour restituer et diffuser les outils et résultats. Les avancées de ce projet feront également l'objet de présentations et discussions lors des rencontres techniques annuelles du Comité consultatif du projet WEFE Sénégal.

A l'échelle plus large ces travaux feront l'objet de communications orales et de publications dans des revues scientifiques. Ces communications viseront à la fois le monde académique au travers de colloques des sciences hydrologiques et naturelles tels que European Geosciences Union (EGU), International Association of Hydrological Sciences (IAHS) mais également les acteurs socio-économiques, notamment bailleurs, organismes internationaux au travers d'évènements type 9th World Water Forum (Dakar 2021), FRIEND AOC organisé en partenariat avec le personnel de l'IHP de l'UNESCO, des bureaux d'étude, etc. (Cotonou, 2020). En termes de capitalisation et de réplication, le lien avec les universités nationales doit permettre d'appuyer la formation d'étudiants de master voire de thèse et la réplication de ces approches dans d'autres projets et contexte. Des rapprochements avec le Nexus Regional Dialogue et le Nexus Resource Platform permettront également d'augmenter la visibilité et la portée de ces travaux et résultats. Ceux-ci sont notamment transposables vers d'autres grands fleuves d'Afrique (Nile, Zambeze, Niger, Congo) et d'Asie (Mekong, Gange, Indus), où la variabilité climatique et la multiplication des aménagements hydrauliques (pour l'irrigation et l'hydroélectricité) sur leurs bassins amont introduisent des changements majeurs dans le fonctionnement des plaines inondables et leurs services associés. Les chercheurs de l'IRD impliqués dans ce projet étant par ailleurs impliqué dans des projets autour de la gestion des eaux du fleuve Niger (projet AID DIN) et le fleuve Mékong (WLE ABM), des perspectives d'application de reproduction et d'extension dans ces deux bassins seront explorées par la suite. Un Laboratoire Mixte International porté par l'IRD en Côte d'Ivoire sur le Nexus Eau-Energie-Alimentation-Ecosystèmes devrait également permettre de consolider les apports de cette action dans d'autres régions d'Afrique de l'Ouest.

### **2.1.5. Cadre logique**

Veillez svp vous référer à l'annexe C<sup>11</sup> fournie.

---

<sup>11</sup> Des explications sont fournies à l'adresse suivante : <http://ec.europa.eu/europeaid/prag/annexes.do?group=E>.

## 2.1.6. Le budget, le montant demandé au pouvoir adjudicateur et les autres sources de financement attendues

Veillez svp vous référer à l'annexe B fournie.

## 2.2. Expérience du demandeur principal

### i) Pour des actions similaires

<b>Nom du demandeur principal : ISL Ingénierie, France</b>					
<b>Intitulé du projet : Étude de la modélisation avancée des services écosystémiques dans le Delta Intérieur du Niger</b>		<b>Secteur (voir le point 3.2.2 du point 3) : Ressources en eau, NEXUS, modélisation, services écosystémiques, Télédétection</b>			
<b>Localisation de l'action</b>	<b>Coût de l'action (EUR)</b>	<b>Rôle dans l'action : Coordinateur, co-bénéficiaire, entité affiliée</b>	<b>Donateurs dans le cadre de l'action (nom)<sup>12</sup></b>	<b>Contribution (du donateur)</b>	<b>Dates (du jj/mm/aaaa au jj/mm/aaaa)</b>
Mali, Guinée, France	900,000	Entité affiliée	Association Internationale de Développement – Banque Mondiale	100,000€ pour IRD G-EAU	01/01/2019 au 31/12/2019
<b>Objectifs et résultats de l'action</b>		<b>Modélisation hydrodynamique du Delta Intérieur. Etude de l'influence des aménagements amont sur l'inondation du Delta et les services écosystémiques associés.</b>			

<b>Nom du demandeur principal : IRD</b>					
<b>Intitulé du projet : GENERIA</b>		<b>Secteur (voir le point 3.2.2 du point 3) : Prévision hydroclimatique, Modélisation et gestion des ressources en eau, Production agricole, Télédétection</b>			
<b>Localisation de l'action</b>	<b>Coût de l'action (EUR)</b>	<b>Rôle dans l'action : Coordinateur, co-bénéficiaire, entité affiliée</b>	<b>Donateurs dans le cadre de l'action (nom)<sup>13</sup></b>	<b>Contribution (du donateur)</b>	<b>Dates (du jj/mm/aaaa au jj/mm/aaaa)</b>
Sénégal, Burkina Faso	100,000	Co-bénéficiaire	MAE France, FSP Agricora	55,000€ pour G-EAU	01/06/2016 au 31/12/2018
<b>Objectifs et résultats de l'action</b>		<b>Suivi des cultures de décrue dans des cuvettes de la moyenne vallée du Fleuve Sénégal. Suivi hydrologique et par télédétection de la dynamique d'inondation.</b>			

<sup>12</sup> Si le donateur est l'Union européenne ou un État membre de l'UE, veuillez indiquer la ligne du budget de l'Union, du FED ou des États membres de l'Union européenne.

<sup>13</sup> Si le donateur est l'Union européenne ou un État membre de l'UE, veuillez indiquer la ligne du budget de l'Union, du FED ou des États membres de l'Union européenne.



<b>Nom du demandeur principal : IRD</b>					
<b>Intitulé du projet : Prévision saisonnière</b>		<b>Secteur (voir le point 3.2.2 du point 3) : Prévision hydroclimatique, Modélisation et gestion des ressources en eau</b>			
<b>Localisation de l'action</b>	<b>Coût de l'action (EUR)</b>	<b>Rôle dans l'action : Coordinateur, co-bénéficiaire, entité affiliée</b>	<b>Donateurs dans le cadre de l'action (nom)<sup>14</sup></b>	<b>Contribution (du donateur)</b>	<b>Dates (du jj/mm/aaaa au jj/mm/aaaa)</b>
Sénégal, Mali, Guinée, Mauritanie	1,000,000	Coordinateur (Responsable scientifique)	OMVS		01/01/2005 au 31/12/2015 et depuis 01/01/2017
<b>Objectifs et résultats de l'action</b>		<b>Prévision à moyen terme du volume naturel de crue du fleuve Sénégal à partir de prévisions saisonnières de pluie en Afrique de l'Ouest de Météo-France. Prévisions utilisées par l'OMVS comme aide à la gestion du barrage de Manantali.</b>			

<b>Nom du demandeur principal : IFPRI, Etats Unis d'Amérique</b>					
<b>Intitulé du projet : Agent based modelling in Niger &amp; Mekong basins</b>		<b>Secteur (voir le point 3.2.2 du point 3) : Ressources en eau, NEXUS, modélisation, services écosystémiques.</b>			
<b>Localisation de l'action</b>	<b>Coût de l'action (EUR)</b>	<b>Rôle dans l'action : Coordinateur, co-bénéficiaire, entité affiliée</b>	<b>Donateurs dans le cadre de l'action (nom)<sup>15</sup></b>	<b>Contribution (du donateur)</b>	<b>Dates (du jj/mm/aaaa au jj/mm/aaaa)</b>
Mali, Guinée, Niger, Thaïlande	1,000,000	Co-bénéficiaire	CGIAR Water Land & Ecosystems	55,000€ pour IRD G-EAU	01/01/2015 au 30/06/2017
<b>Objectifs et résultats de l'action</b>		<b>Modélisation hydrodynamique du fleuve Niger et Mekong. Définition d'indicateurs eau-alimentation-énergie-écosystèmes, débits environnementaux et indicateurs d'altération hydrologique.</b>			

<sup>14</sup> Si le donateur est l'Union européenne ou un État membre de l'UE, veuillez indiquer la ligne du budget de l'Union, du FED ou des États membres de l'Union européenne.

<sup>15</sup> Si le donateur est l'Union européenne ou un État membre de l'UE, veuillez indiquer la ligne du budget de l'Union, du FED ou des États membres de l'Union européenne.

<b>Nom du demandeur principal : IRD</b>					
<b>Intitulé du projet : Mise à jour de la monographie hydrologique du fleuve Sénégal</b>		<b>Secteur (voir le point 3.2.2 du point 3) : Prévision hydroclimatique, Modélisation et gestion des ressources en eau</b>			
<b>Localisation de l'action</b>	<b>Coût de l'action (EUR)</b>	<b>Rôle dans l'action : Coordinateur, co-bénéficiaire, entité affiliée</b>	<b>Donateurs dans le cadre de l'action (nom)<sup>16</sup></b>	<b>Contribution (du donateur)</b>	<b>Dates (du jj/mm/aaaa au jj/mm/aaaa)</b>
Sénégal, Mali, Guinée, Mauritanie	220,000	Co-bénéficiaire	Association Internationale de Développement – Banque Mondiale	90,000€ pour IRD G-EAU	01/01/2010 au 31/12/2013
<b>Objectifs et résultats de l'action</b>		<b>Actualisation de la monographie du fleuve Sénégal sur la période 1903-2011. Critique et homogénéisation de la base de données hydrométrique, analyse hydrologique, modélisation et optimisation de la gestion des ouvrages sur le fleuve. Analyse entre gestion des barrages et inondations. Système de prévision de crues.</b>			

ii) Autres actions

<b>Nom du demandeur principal : CSIC, Espagne</b>					
<b>Intitulé du projet : Wagrinnova</b>		<b>Secteur (voir le point 3.2.2 du point 3) : Prévision hydroclimatique, Modélisation et gestion des ressources en eau, Production agricole</b>			
<b>Localisation de l'action</b>	<b>Coût de l'action (EUR)</b>	<b>Rôle dans l'action : Coordinateur, co-bénéficiaire, entité affiliée</b>	<b>Donateurs dans le cadre de l'action (nom)<sup>17</sup></b>	<b>Contribution (du donateur)</b>	<b>Dates (du jj/mm/aaaa au jj/mm/aaaa)</b>
Sénégal, Burkina Faso, Ghana	1,000,000	Co-bénéficiaire	UE LEAP AGRI	100,000€ pour IRD G-EAU	01/10/2018 au 31/09/2021
<b>Objectifs et résultats de l'action</b>		<b>Co-innovations pour améliorer l'intensification agricole et la résilience des systèmes agricoles en Afrique de l'Ouest: périmètres irrigués, bas-fonds et cultures de décrue.</b>			

<sup>16</sup> Si le donateur est l'Union européenne ou un État membre de l'UE, veuillez indiquer la ligne du budget de l'Union, du FED ou des États membres de l'Union européenne.

<sup>17</sup> Si le donateur est l'Union européenne ou un État membre de l'UE, veuillez indiquer la ligne du budget de l'Union, du FED ou des États membres de l'Union européenne.

<b>Nom du demandeur principal : IRD</b>					
<b>Intitulé du projet : Normes hydrologiques en Afrique de l'Ouest</b>		<b>Secteur (voir le point 3.2.2 du point 3) : Prévision hydroclimatique, Modélisation et gestion des ressources en eau</b>			
<b>Localisation de l'action</b>	<b>Coût de l'action (EUR)</b>	<b>Rôle dans l'action : Coordinateur, co-bénéficiaire, entité affiliée</b>	<b>Donateurs dans le cadre de l'action (nom)<sup>18</sup></b>	<b>Contribution (du donateur)</b>	<b>Dates (du jj/mm/aaaa au jj/mm/aaaa)</b>
Sénégal, Guinée, Cote d'Ivoire, Burkina Faso	38,000	Co-bénéficiaire	MUSE Montpellier	38,000€	01/09/2018 au 31/12/2019
<b>Objectifs et résultats de l'action</b>		<b>Actualisation des méthodes de calcul de normes hydrologiques pour le dimensionnement d'ouvrages hydro-agricoles et hydro-électriques. Modélisation hydrologique dans bassins peu jaugés de l'influence de changements climatiques et anthropiques.</b>			

<b>Nom du demandeur principal : TU Delft, Pays Bas</b>					
<b>Intitulé du projet : IN-WOP</b>		<b>Secteur (voir le point 3.2.2 du point 3) : Prévision hydroclimatique, Modélisation et gestion des ressources en eau, Télédétection et assimilation de données</b>			
<b>Localisation de l'action</b>	<b>Coût de l'action (EUR)</b>	<b>Rôle dans l'action : Coordinateur, co-bénéficiaire, entité affiliée</b>	<b>Donateurs dans le cadre de l'action (nom)<sup>19</sup></b>	<b>Contribution (du donateur)</b>	<b>Dates (du jj/mm/aaaa au jj/mm/aaaa)</b>
Tunisie	1,000,000	Co-bénéficiaire	EU Water JPI, ANR	100,000€ pour G-EAU	01/09/2019 au 31/08/2022
<b>Objectifs et résultats de l'action</b>		<b>Innover les pratiques d'optimisation de la gestion de l'eau. Modélisation hydrologique, télédétection des ressources en eau, assimilation de données.</b>			

<sup>18</sup> Si le donateur est l'Union européenne ou un État membre de l'UE, veuillez indiquer la ligne du budget de l'Union, du FED ou des États membres de l'Union européenne.

<sup>19</sup> Si le donateur est l'Union européenne ou un État membre de l'UE, veuillez indiquer la ligne du budget de l'Union, du FED ou des États membres de l'Union européenne.

<b>Nom du demandeur principal : CESBIO, France</b>					
<b>Intitulé du projet : Amethyst</b>		<b>Secteur (voir le point 3.2.2 du point 3) : Préviation hydroclimatique, Modélisation et gestion des ressources en eau, Usages agricoles, Télédétection.</b>			
<b>Localisation de l'action</b>	<b>Coût de l'action (EUR)</b>	<b>Rôle dans l'action : Coordinateur, co-bénéficiaire, entité affiliée</b>	<b>Donateurs dans le cadre de l'action (nom)<sup>20</sup></b>	<b>Contribution (du donateur)</b>	<b>Dates (du jj/mm/aaaa au jj/mm/aaaa)</b>
Tunisie, Maroc	900,000	Co-bénéficiaire	ANR Transmed	180,000€ pour G-EAU	01/01/2013 au 31/12/2016
<b>Objectifs et résultats de l'action</b>		<b>Evolution conjointe des ressources et des usages de l'eau en Méditerranée. Modélisation hydrologique, télédétection des ressources en eau, assimilation de données.</b>			

<b>Nom du demandeur principal : CESBIO, France</b>					
<b>Intitulé du projet : SPOT4TakeFive</b>		<b>Secteur (voir le point 3.2.2 du point 3) : Télédétection</b>			
<b>Localisation de l'action</b>	<b>Coût de l'action (EUR)</b>	<b>Rôle dans l'action : Coordinateur, co-bénéficiaire, entité affiliée</b>	<b>Donateurs dans le cadre de l'action (nom)<sup>21</sup></b>	<b>Contribution (du donateur)</b>	<b>Dates (du jj/mm/aaaa au jj/mm/aaaa)</b>
Tunisie, France	In kind - Image provision	Co-bénéficiaire	CNES	In kind - Image provision	01/01/2013 au 31/12/2016
<b>Objectifs et résultats de l'action</b>		<b>Etude du potentiel des futures images Sentinel-2 à haute résolution spatiale et temporelle à partir de séries d'images SPOT.</b>			

### 2.3. Expérience du (des) codemandeur(s) (le cas échéant)

- i) Pour des actions similaires.

De nombreux travaux sont menés depuis plusieurs années par l'UCAD et l'UGB sur les bassins amonts du fleuve Sénégal dans le cadre de leurs activités de recherche et de formation. L'UCAD a notamment travaillé sur la modélisation hydrologique avec les modèles GR (GR4J et GR2M), SWAT, HEC RAS en combinaison avec le logiciel MOHID et sur la propagation de la marée dans l'estuaire. L'équipe a travaillé sur les modèles statistiques de prévisions des crues sur le fleuve Sénégal et sur l'analyse statistiques des séries de cotes et des débits pour rechercher des ruptures et des tendances. Des travaux et une thèse de doctorat sont en cours sur la gestion des réservoirs des barrages de Niandouba sur la Kayanga et de Manantali sur le Bafing avec SWAT dans l'optique du changement climatique.

<sup>20</sup> Si le donateur est l'Union européenne ou un État membre de l'UE, veuillez indiquer la ligne du budget de l'Union, du FED ou des États membres de l'Union européenne.

<sup>21</sup> Si le donateur est l'Union européenne ou un État membre de l'UE, veuillez indiquer la ligne du budget de l'Union, du FED ou des États membres de l'Union européenne.

ii) Autres actions

<b>Nom du demandeur principal : CSIC, Espagne</b>					
<b>Intitulé du projet : Wagrinnova</b>		<b>Secteur (voir le point 3.2.2 du point 3) : Prévission hydroclimatique, Modélisation et gestion des ressources en eau, Production agricole</b>			
<b>Localisation de l'action</b>	<b>Coût de l'action (EUR)</b>	<b>Rôle dans l'action : Coordinateur, co-bénéficiaire, entité affiliée</b>	<b>Donateurs dans le cadre de l'action (nom)<sup>22</sup></b>	<b>Contribution (du donateur)</b>	<b>Dates (du jj/mm/aaaa au jj/mm/aaaa)</b>
Sénégal	1,000,000	Co-bénéficiaire	UE LEAP AGRI	20,000€ pour UGB	01/10/2018 au 31/09/2021
<b>Objectifs et résultats de l'action</b>		<b>Co-innovations pour améliorer l'intensification agricole et la résilience des systèmes agricoles en Afrique de l'Ouest: périmètres irrigués, bas-fonds et cultures de décrue.</b>			

**2.4. Expérience de(s) entité(s) affiliée(s) (le cas échéant)**

N/A

<sup>22</sup> Si le donateur est l'Union européenne ou un État membre de l'UE, veuillez indiquer la ligne du budget de l'Union, du FED ou des États membres de l'Union européenne.

### 3 LE DEMANDEUR PRINCIPAL<sup>23</sup>

<b>Nom de l'organisation</b>	Institut de Recherche pour le Développement (IRD)
------------------------------	---

#### 3.1. Identité

<b>Informations de contact du demandeur principal dans le cadre de la présente action</b>	Dr Andrew OGILVIE
<b>Abréviation</b>	IRD
<b>Numéro d'immatriculation (ou équivalent)</b>	180 006 025 00159
<b>Date de l'immatriculation</b>	01/09/2008
<b>Lieu d'immatriculation</b>	Marseille
<b>Adresse officielle d'immatriculation</b>	Le Sextant 44 Boulevard de Dunkerque CS 90009 13572 Marseille cedex 02
<b>Pays d'immatriculation<sup>24</sup></b>	France
<b>Site internet et adresse électronique de l'organisation</b>	<a href="http://www.ird.fr">www.ird.fr</a> <a href="mailto:andrew.ogilvie@ird.fr">andrew.ogilvie@ird.fr</a> / <a href="mailto:expertise@ird.fr">expertise@ird.fr</a>
<b>Numéro de téléphone : Indicateur du pays + indicatif de la ville + numéro</b>	+33 (0)4 67 16 64 74 / +33 (0)4 91 99 92 00
<b>Numéro de télécopieur : Indicateur du pays + indicatif de la ville + numéro</b>	+33 (0)4 67 16 64 27

**Le pouvoir adjudicateur sera informé de chaque changement d'adresse, de numéro de téléphone, de numéro de télécopieur et d'adresse électronique, entre autres. Le pouvoir adjudicateur ne sera pas tenu pour responsable au cas où il ne pourrait entrer en contact avec le demandeur.**

<sup>23</sup> N'oubliez pas d'envoyer les formulaires contenant les données de l'organisation (annexe F) pour le demandeur principal, pour chaque codemandeur et pour chaque entité affiliée, accompagnés du formulaire de demande complet.

<sup>24</sup> Pour les organisations.

#### 4 LE(S) CODEMANDEUR(S)

	Codemandeur n° 1
<b>Nom de l'organisation</b>	Université Cheikh Anta Diop
<b>Informations de contact du codemandeur dans le cadre de la présente action</b>	Bassirou LO Département de Physique, Faculté des Sciences et Techniques <a href="mailto:Bassirou.lo@ucad.edu.sn">Bassirou.lo@ucad.edu.sn</a> 00 221 775130821
<b>Abréviation</b>	UCAD FST/Dept Physique
<b>Numéro d'immatriculation (ou équivalent)</b>	Etablissement public national
<b>Date de l'immatriculation</b>	24.02.1957
<b>Lieu d'immatriculation</b>	Dakar, Sénégal
<b>Adresse officielle d'immatriculation</b>	Université Cheikh Anta DIOP de Dakar BP 5005 Dakar-Fann
<b>Pays d'immatriculation<sup>25</sup></b>	Sénégal
<b>Site internet et adresse électronique de l'organisation</b>	<a href="http://www.ucad.sn">www.ucad.sn</a> <a href="mailto:deptphys@ucad.edu.sn">deptphys@ucad.edu.sn</a>
<b>Numéro de téléphone : Indicatif du pays + indicatif de la ville + numéro</b>	00 221 33 8248187
<b>Numéro de télécopieur : Indicatif du pays + indicatif de la ville + numéro</b>	00 221 33 8246318
<b>Statut juridique</b>	<b>But lucratif</b> <input type="checkbox"/> <b>Oui</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Non.</b> <b>ONG</b> <input type="checkbox"/> <b>Oui</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Non.</b>
<b>Nature</b>	<input type="checkbox"/> Politique <input type="checkbox"/> Religieuse <input type="checkbox"/> Humanitaire <input checked="" type="checkbox"/> Neutre
<b>Votre organisation est-elle liée à une autre entité ?</b>	<input type="checkbox"/> Oui, l'entité fondatrice : <input type="checkbox"/> Oui, une (des) entité(s) contrôlée(s) <input type="checkbox"/> Oui, une organisation familiale/ un entité de réseau <sup>26</sup> <input checked="" type="checkbox"/> Non, il s'agit d'une entité indépendante
<b>Historique de la coopération avec le demandeur</b>	L'IRD et l'UCAD collaborent au travers d'une convention d'accueil d'étudiants et d'appui aux chercheurs, et aux écoles doctorales

<sup>25</sup> Pour les organisations.

<b>Catégorie (voir le point 3.2.1)</b>	Point 3.2.1 non défini
<b>Secteur(s) (voir le point 3.2.2)</b>	Point 3.2.2 non défini
<b>Groupe(s) cible(s)(voir le point 3.2.3)</b>	Point 3.2.3 non défini


**Note importante : Ce formulaire de demande doit être daté, signé et accompagné d'une procuration de chacun des codemandeurs, conformément au modèle fourni ci-dessous.**



## Mandat (pour le(s) codemandeur(s))

Le(s) codemandeur(s) autorisent le demandeur principal l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) à envoyer en leur nom le présent formulaire de demande et à signer en leur nom le modèle de contrat de subvention (annexe G des lignes directrices à l'attention des demandeurs) (ou un accord de financement, le cas échéant) avec l'Agence Italienne pour la Coopération au Développement (AICS) (ci-après: le « pouvoir adjudicateur»), ainsi que, à être représentés par le demandeur principal pour toutes les questions relatives à au présent contrat de subvention.

Nous avons lu et approuvé le contenu de la proposition présentée au pouvoir adjudicateur. Nous nous engageons à respecter les principes de bonne pratique de partenariat.

Nom :	Bassirou LO
Organisation :	Université Cheikh Anta DIOP Département de Physique/Faculté des Sciences et Techniques
Emplacement :	Dakar, Sénégal
Signature :	
Date et lieu:	Dakar, le 28 mai 2019

	Codemandeur n° 2
<b>Nom de l'organisation</b>	Université Gaston Berger
<b>Informations de contact du codemandeur dans le cadre de la présente action</b>	<p>Ansoumana BODIAN</p> <p>Section de Géographie, UFR Lettres et Sciences Humaines</p> <p><a href="mailto:bodianansoumana@gmail.com">bodianansoumana@gmail.com</a> /</p> <p><a href="mailto:ansoumana.bodian@ugb.edu.sn">ansoumana.bodian@ugb.edu.sn</a></p> <p>00 221 77 811 75 53</p>
<b>Abréviation</b>	UGB
<b>Numéro d'immatriculation (ou équivalent)</b>	Etablissement public national
<b>Date de l'immatriculation</b>	02.01.1990
<b>Lieu d'immatriculation</b>	Dakar, Sénégal
<b>Adresse officielle d'immatriculation</b>	Université Gaston Berger BP: 234 - Saint-Louis, Nationale 2, route de Ngallèle
<b>Pays d'immatriculation<sup>27</sup></b>	Sénégal
<b>Site internet et adresse électronique de l'organisation</b>	<a href="http://www.ugb.sn">www.ugb.sn</a>
<b>Numéro de téléphone : Indicatif du pays + indicatif de la ville + numéro</b>	00 221 33 9611906
<b>Numéro de télécopieur : Indicatif du pays + indicatif de la ville + numéro</b>	00 221 33 9611884
<b>Statut juridique</b>	<p><b>But lucratif</b>    <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non.</p> <p><b>ONG</b>            <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non.</p>
<b>Nature</b>	<input type="checkbox"/> Politique <input type="checkbox"/> Religieuse <input type="checkbox"/> Humanitaire <input checked="" type="checkbox"/> Neutre
<b>Votre organisation est-elle liée à une autre entité ?</b>	<input type="checkbox"/> Oui, l'entité fondatrice : <input type="checkbox"/> Oui, une (des) entité(s) contrôlée(s) <input type="checkbox"/> Oui, une organisation familiale/ un entité de réseau <sup>28</sup> <input checked="" type="checkbox"/> Non, il s'agit d'une entité indépendante
<b>Historique de la coopération avec le demandeur</b>	L'IRD et l'UGB collaborent au travers de projets de recherche (notamment EU LEAP AGRI Wagrinova) et de l'accueil d'étudiants
<b>Catégorie (voir le point 3.2.1)</b>	Point 3.2.1 non défini

<sup>27</sup> Pour les organisations.

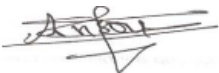
<b>Secteur(s) (voir le point 3.2.2)</b>	Point 3.2.2 non défini
<b>Groupe(s) cible(s)(voir le point 3.2.3)</b>	Point 3.2.3 non défini

**Note importante : Ce formulaire de demande doit être daté, signé et accompagné d'une procuration de chacun des codemandeurs, conformément au modèle fourni ci-dessous.**

## Mandat (pour le(s) codemandeur(s))

Le(s) codemandeur(s) autorisent le demandeur principal l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) à envoyer en leur nom le présent formulaire de demande et à signer en leur nom le modèle de contrat de subvention (annexe G des lignes directrices à l'attention des demandeurs) (ou un accord de financement, le cas échéant) avec l'Agence Italienne pour la Coopération au Développement (AICS) (ci-après: le « pouvoir adjudicateur»), ainsi que, à être représentés par le demandeur principal pour toutes les questions relatives à au présent contrat de subvention.

Nous avons lu et approuvé le contenu de la proposition présentée au pouvoir adjudicateur. Nous nous engageons à respecter les principes de bonne pratique de partenariat.

Nom :	Ansoumana BODIAN
Organisation :	Université Gaston Berger
Emplacement :	Saint Louis, Sénégal
Signature :	
Date et lieu:	Saint Louis, le 28 mai 2019

## **5 ENTITÉ(S) AFFILIÉE(S) PARTICIPANT A L'ACTION**

### **5.1. Description de l'/des entité(s) affiliée(s)**

N/A

### **5.2. Déclaration des entité(s) affiliée(s)**

N/A

## **6 ENTREPRISES ASSOCIEES PARTICIPANT A L'ACTION**

N/A

## 7 LISTE DE VERIFICATION CONCERNANT LE FORMULAIRE DE DEMANDE COMPLETE

AP N° 01/2019/WEFE-SENEGAL

INSTRUMENT DE COOPERATION AU DEVELOPPEMENT (ICD)

<b>RENSEIGNEMENTS D'ORDRE ADMINISTRATIF</b>	À remplir par le demandeur principal
<b>Nom du demandeur principal</b>	Institut de Recherche pour le Développement – IRD
<b>Pays et date d'immatriculation<sup>29</sup></b>	France - 180 006 025 00159
<b>Statut juridique<sup>30</sup></b>	Etablissement public national à caractère administratif
<b><u>Codemandeur<sup>31</sup></u></b>	
<b>Nom du/des codemandeur/s</b>	Université Cheikh Anta Diop de Dakar – UCAD
<b>Pays et date d'immatriculation</b>	Sénégal, 24.02.1957
<b>Statut juridique</b>	Etablissement public national
<b>Nom du/des codemandeur/s</b>	Université Gaston Berger de Saint Louis - UGB
<b>Pays et date d'immatriculation</b>	Sénégal, 02.01.1990
<b>Statut juridique</b>	Etablissement public national
<b><u>Entités affiliées<sup>32</sup></u></b>	
<b>Nom de l'entité affiliée</b>	N/A
<b>Pays et date d'immatriculation</b>	
<b>Statut juridique :</b>	
<b>Préciser à quelle entité vous êtes affilié (le demandeur principal et/ou codemandeurs).</b>	
<b>Préciser le type d'affiliation que vous avez avec cette entité.</b>	

<sup>29</sup> Pour les organisations.

<sup>30</sup> Par exemple, organisme gouvernemental, sans but lucratif ou organisation internationale.

<sup>31</sup> Ajouter autant de lignes que de codemandeurs.

<sup>32</sup> Ajouter autant de lignes qu'il y a d'entités affiliées.

<b>AVANT D'ENVOYER VOTRE PROPOSITION, VEUILLEZ VERIFIER QUE LES CRITERES SUIVANTS SONT ENTIEREMENT REMPLIS PUIS COCHEZ-LES AU FUR ET À MESURE.</b>	<b>Cochez les éléments ci-dessous</b>	
	<b>Oui</b>	<b>Non</b>
<b>Intitulé de la proposition : Aide à la gestion de réservoirs multi-objectifs dans le bassin du fleuve Sénégal</b>		
<b>SECTION 1 (ADMINISTRATIVE)</b>	X	
<b>1. Le formulaire de demande de subvention approprié a été utilisé.</b>	X	
<b>2. La déclaration du demandeur principal est remplie et signée.</b>	X	
<b>3. La proposition est rédigée en français.</b>	X	
<b>4. L'original et les 2 sont joints.</b>	X	
<b>5. Une version électronique de la proposition est jointe.</b>	X	
<b>6. Chaque codemandeur a complété et signé le mandat et le mandat est joint. [S'il n'est pas obligatoire d'avoir un (des) codemandeur(s) : &lt;Veillez inscrire la mention « Non applicable » (NA) si vous n'avez pas de codemandeur(s)&gt;]</b>	X	
<b>7. Chaque entité affiliée a complété et signé la déclaration relative aux entités affiliées et les déclarations sont jointes. [S'il n'est pas obligatoire d'avoir une (des) entité(s) affiliée(s) : Veuillez inscrire la mention « Non applicable » (NA) si vous n'avez pas d'entité(s) affiliée(s)]</b>	NA	
<b>8. Le budget est joint, établi de manière équilibrée, présenté dans le format requis et exprimé en EUR.</b>	X	
<b>9. Le cadre logique a été complété et joint.</b>	X	
<b>PARTIE 2 (ÉLIGIBILITÉ)</b>	X	
<b>10. L'action sera mise en œuvre [dans] [un] (des) [pays] [région(s)] éligibles et dans le nombre minimum requis de [pays] [régions] éligibles.</b>	X	
<b>11. L'action durera entre 14 mois et 18 mois (les durées minimales et maximales autorisées).</b>	X	
<b>12. Le financement de l'UE requis s'élève entre 104 000 EUR et 130 000 EUR (le minimum et le maximum autorisés).</b>	X	
<b>13. Le financement de l'UE requis s'élève entre 51% et 95% du total des coûts éligibles (pourcentage maximum et minimum autorisés)<sup>33</sup>. (65%)</b>	X	
<b>14. Le montant du financement requis sur la base des options de coûts simplifiés est étayé par une justification appropriée dans la « feuille de justification » du budget et en cas d'autre OCS/d'OCS récurrents, les méthodes seront basées sur une évaluation ex-ante préalablement sollicitée.</b>	NA	

<sup>33</sup> Le cas échéant, ajouter un % du total des coûts acceptés.

## 8 DECLARATION DU DEMANDEUR PRINCIPAL (DEMANDE COMPLETE)

Le demandeur principal, représenté par le soussigné en tant que signataire habilité par le demandeur principal, dans le cadre du présent appel à propositions, représentant également chaque codemandeur (s) et entité (s) affiliée (s) éventuels, déclare par la présente que :

- le demandeur principal dispose des sources de financement visés au point 2 des lignes directrices à l'attention des demandeurs ;
- le demandeur dispose d'une capacité financière suffisante pour mener à bien l'action ou le programme de travail proposé ;
- le demandeur principal atteste des formes juridiques du demandeur principal, du/des codemandeur(s) et de l'entité/des entités(s) affiliée(s) tels qu'ils ont été communiqués aux sections 3, 4 et 5 de la présente demande ;
- le demandeur principal, le(s) codemandeur(s) et l'entité/les entités affiliée(s) disposent des compétences et qualifications professionnelles spécifiées au point 2 des lignes directrices à l'attention des demandeurs ;
- le demandeur principal s'engage à respecter les obligations prévues dans la déclaration de l'entité/des entités affiliée(s), jointe au formulaire de demande de subvention et les principes de bonnes pratiques en matière de partenariat ;
- le demandeur principal est directement responsable de la préparation, de la gestion et de la mise en œuvre de l'action avec le(s) codemandeur(s) et l'entité/les entités affiliée(s) et n'agit pas en tant intermédiaire ;
- le demandeur principal, le(s) codemandeur(s) et l'(les) entité(s) affiliée(s) ne se trouvent dans aucune des situations justifiant leur exclusion des marchés qui sont énumérées au point 2.6.10.1 du guide pratique (disponible sur Internet à l'adresse suivante : <http://ec.europa.eu/europeaid/frag/document.do>). En outre, ils reconnaissent et acceptent que le demandeur principal, le (s) codemandeur(s) et entité(s) affiliée(s) éventuelle(s) participant tout en se trouvant dans l'une quelconque de ces situations, s'exposent à être exclus d'autres procédures conformément à la réglementation financière en vigueur ;
- le demandeur principal et chaque codemandeur et entité affiliée (le cas échéant) est en mesure de fournir immédiatement, sur demande, les pièces justificatives mentionnées au point 2.4 des lignes directrices à l'attention des demandeurs ;
- **le demandeur principal et chaque codemandeur et entité affiliée (le cas échéant) sont admissibles selon les critères définis aux points 2.1.1 et 2.1.2 des lignes directrices à l'attention des demandeurs ;**
- S'il est recommandé pour l'octroi d'une subvention, le demandeur principal, le(s) codemandeur(s) et l'entité/les entités affiliée(s) accepte les conditions contractuelles fixées dans le contrat type annexé aux lignes directrices à l'attention des demandeurs (annexe G) (ou le contrat de financement, le cas échéant).

Les sources et montants des financements de l'Union dont il bénéficie, qu'il a demandés pour l'action ou pour une partie de ladite action ou pour son fonctionnement au cours du même exercice, ainsi que tout autre financement dont il bénéficie ou sollicité pour la même action sont énumérés ci-après :

- 129 000 EUR contribution de l'UE demandée
- 70 000 EUR contribution de l'IRD attribuée (temps chercheur)


Le demandeur principal est pleinement conscient de son obligation d'informer immédiatement le pouvoir adjudicateur auquel la présente demande est adressée, si la même demande de financement, présentée à d'autres services de la Commission européenne ou des institutions de l'Union européenne, est approuvée par ces dernières après la soumission de la présente demande de subvention.

Nous entendons que si nous participons tout en nous trouvant dans l'une des situations prévues au point 2.6.10.1 du Guide pratique ou s'il est établi que de fausses déclarations ont été faites ou que de fausses informations ont été fournies, nous sommes susceptibles d'être exclus de la présente procédure et sommes passibles de sanctions administratives sous forme d'exclusion et de pénalités financières dans la limite de 10 % de la valeur totale estimée de la subvention octroyée et que cette information peut être



publiée sur le site internet de la Commission, conformément à la réglementation financière en vigueur. Nous sommes conscients que, pour assurer la protection des intérêts financiers de l'UE, nos données à caractère personnel peuvent être communiquées aux services d'audit interne, au système de détection rapide et d'exclusion, à la Cour des comptes européenne, à l'instance spécialisée en matière d'irrégularités financières ou à l'Office européen de lutte antifraude.

Signé au nom du demandeur principal

<b>Nom</b>	<b>M. Jean Albergel</b>
<b>Signature</b>	 <b>Directeur de la Mission Expertises et Consultances</b>
<b>Emplacement</b>	<b>Marseille, France</b>
<b>Date</b>	<b>29/05/2019</b>

## 9 GRILLE D'ÉVALUATION DE LA DEMANDE COMPLETE

(POUR USAGE DU POUVOIR ADJUDICATEUR SEULEMENT)

	OUI	NO N
<b>OUVERTURE, VERIFICATION ADMINISTRATIVE ET EVALUATION DE LA NOTE SUCCINCTE DE PRESENTATION</b>		
1. La date limite a été respectée.		
2. La demande satisfait à tous les critères spécifiés dans la liste de contrôle du point 7 de la Section B.		
La conformité administrative a été vérifiée par : Date :		
<b>DÉCISION</b>		
<b>A.</b> Le comité a décidé d'évaluer la note succincte de présentation, qui a satisfait aux contrôles administratifs.		
<b>B.</b> Le comité a décidé de recommander l'évaluation du formulaire de demande complète.		
La note succincte de présentation a été évaluée par : Date:		
<b>EVALUATION DE LA DEMANDE COMPLETE</b>		
<b>DECISION :</b>		
<b>A.</b> La proposition a été provisoirement sélectionnée parmi les propositions les mieux notées dans le cadre de l'enveloppe financière disponible et le comité a recommandé un contrôle de l'éligibilité.		
<b>B.</b> La proposition a été placée sur la liste de réserve parmi les propositions les mieux notées et le comité a recommandé un contrôle de l'éligibilité.		
La proposition a été évaluée par : Date :		
<b>CONTROLE DE L'ELIGIBILITE</b>		
3. La liste de vérification concernant le formulaire de demande complète (section 2) a été dûment remplie.		
4. Le demandeur principal satisfait aux critères d'éligibilité du point 2.1.1 des lignes directrices.		
5. Le(s) codemandeur(s), le cas échéant, satisfait (satisfont) aux critères d'éligibilité du point 2.1.1 des lignes directrices.		
6. Le(s) entité(s) affiliée(s) satisfait (satisfont) aux critères d'éligibilité du point 2.1.3 des lignes directrices.		
7. Les pièces justificatives énumérées ci-dessous ont été transmises conformément aux lignes directrices (section 2.4.)		
a. Les statuts ou l'acte constitutif du demandeur principal		
b. Les statuts ou l'acte constitutif des codemandeurs et de (des) entité(s) affiliée(s)		
c. Le rapport d'audit externe du demandeur principal (le cas échéant).		
d. Une copie des derniers états financiers du demandeur principal.		
L'éligibilité a été évaluée par :		

Date :

**DECISION :**

Le comité a vérifié l'éligibilité de la proposition eu égard aux critères fixés par les lignes directrices à l'attention des demandeurs et a sélectionné la proposition à financer.