



Commission Internationale
du Bassin Congo-Oubangui-Sangha



Note conceptuelle

Renforcement des capacités et formation sur la variabilité hydrométéorologique et la surveillance des niveaux d'eau dans les rivières et des lacs l'altimétrie spatiale

Contributeurs : Jean-François Cretaux, Paul Gerard Gbetkom, Tania Gascon, Hervé Trebossen, Nicoletta Roberto, Dominique Beroud

Janvier 2025

Contexte

La gestion adéquate des ressources en eau et des risques hydrométéorologiques sur le continent africain constitue un défi opérationnel, scientifique et sociétal majeur, notamment au regard des changements climatiques et démographiques actuels et prévus. En Afrique, où l'agriculture, l'élevage et la pêche sont souvent les principales sources de subsistance, les événements climatiques extrêmes exacerbent les vulnérabilités existantes, exposant davantage les populations à la pauvreté et à la malnutrition. Cette situation s'aggrave en raison des impacts des événements hydrométéorologiques généralement imprévus.

Les données satellitaires, complétées par des observations in situ, permettent de surveiller correctement des phénomènes tels que les précipitations extrêmes et la montée des niveaux d'eau, ainsi que de prévoir et d'évaluer leurs impacts sur les populations (via la modélisation). L'hydrologie spatiale, avec ses nombreuses applications, peut donc compléter et enrichir les ensembles de données in situ parfois inexistantes, améliorer le suivi diachronique des ressources en eau continentales disponibles et mobilisables, et soutenir la prise de décision dans la gestion des catastrophes hydroclimatiques. Cependant, l'expertise technique et les infrastructures adéquates pour l'accessibilité (spatiale et in situ), l'utilisation et l'analyse des données doivent être considérablement améliorées en Afrique. Ceci est particulièrement critique suite au récent lancement de la nouvelle mission spatiale d'altimétrie "SWOT" en décembre 2022, qui vise à faire progresser l'hydrologie spatiale en fournissant des données à haute résolution à l'échelle planétaire sur les débits des rivières et les variations des volumes d'eau des lacs. Il est donc essentiel de renforcer les capacités techniques et humaines des acteurs hydrologiques du continent pour tirer parti de ces informations.

La surveillance continue des cycles hydrologiques des lacs et des rivières, par des observations ou la modélisation, est cruciale pour identifier les variations significatives des niveaux d'eau et émettre des alertes précoces sur les fluctuations dangereuses. Par exemple, les ingénieurs du LEGOS, qui surveillent les variations des niveaux d'eau des lacs en Amérique du Sud, en Afrique centrale et orientale, ont identifié en janvier 2024 que le lac Tanganyika avait atteint des niveaux jamais enregistrés depuis le début des observations altimétriques (1992). À cette époque, les niveaux d'eau étaient supérieurs de 0,7 m au niveau de 2021 (l'année record) et d'environ 2 m au-dessus de la moyenne de 1992-2019. Cela a entraîné des inondations dévastatrices touchant les communautés dans des pays comme le Burundi et la République



Commission Internationale
du Bassin Congo-Oubangui-Sangha



démocratique du Congo entre mars et avril 2024. Sur la base de cette situation, et dans le cadre du projet CREWS Afrique centrale, le LEGOS et l'OMM ont coordonné une [première formation en ligne](#), dispensée aux services hydrométéorologiques nationaux (NMHS) et aux organisations de bassins fluviaux (RBO) d'Afrique centrale en juin 2024. Cette formation a réuni plus de 30 personnes, notamment de METTELSAT RDC, CICOS Congo et CBLT Tchad.

Il est à noter que pour compléter la surveillance hydrologique, et principalement le bilan du cycle de l'eau, les précipitations et l'humidité du sol sont essentielles. Ces variables sont également clés pour soutenir les alertes et les conseils liés aux événements extrêmes comme les inondations et les sécheresses. Le SAF Hydrologie et Gestion des ressources en Eau d'EUMETSAT (H SAF) fournit des produits satellitaires en temps quasi réel pour les précipitations (cumuls et taux de pluie), l'humidité du sol (superficielle et en zone racinaire, avec des enregistrements quotidiens) et la neige. H SAF délivre des estimations de précipitations à haute résolution spatiale et temporelle (3x3 km² toutes les 15 minutes), permettant une surveillance continue de l'évolution des événements, comme les cyclones pouvant apporter des pluies intenses. Ces estimations de paramètres hydrologiques sont également cruciales pour initialiser les variables dans les modèles hydrologiques.

L'introduction des satellites Meteosat de Troisième Génération, offrant des mesures à plus haute résolution spatiale et temporelle, améliore encore la précision et le détail des estimations de précipitations dans le temps et l'espace. Cela représente un grand potentiel pour les pays africains souvent gravement touchés par des conditions météorologiques extrêmes, entraînant des inondations généralisées. De plus, H-SAF fournit des ressources pour évaluer l'état antérieur de l'humidité du sol et surveiller efficacement les précipitations, en particulier dans les zones reculées, éléments critiques à intégrer dans les systèmes d'alerte précoce et d'atténuation des catastrophes.

Considérant le besoin d'accroître les connaissances sur l'utilisation des données satellitaires pour les applications hydrologiques opérationnelles, un plan de formation est proposé dans cette note conceptuelle. Celui-ci est structuré autour de deux axes : i) Analyse de la variabilité hydrologique par altimétrie spatiale et ii) Surveillance de la variabilité du cycle de l'eau et des événements hydrométéorologiques extrêmes.

Cette formation sera coordonnée par la Commission Internationale du Bassin Congo-Ubangui-Sangha (CICOS) et l'OMM, s'appuyant sur leur expérience en hydrologie spatiale. Le soutien technique et pédagogique sera assuré par des spécialistes du LEGOS, du CNES, du H-SAF d'EUMETSAT et de l'OMM, en synergie avec d'autres entités pouvant rejoindre cette collaboration. Ceci s'inscrit dans le cadre du projet CREWS Afrique centrale, qui couvre les 11 pays (Angola, Burundi, Cameroun, République centrafricaine, Tchad, Congo, République démocratique du Congo, Guinée équatoriale, Gabon, Rwanda et Sao Tomé-et-Principe) de la Communauté économique des États de l'Afrique centrale (CEEAC). Cette formation contribuera au plan de travail de l'Équipe d'experts sur les systèmes spatiaux et leur utilisation ([ET-SSU](#)) et du Groupe de travail sur EarthHydroNet ([TT-EHN](#)).

1. Objectifs et résultats attendus

Objectif:

Renforcer les capacités des services hydrométéorologiques nationaux de la CEEAC et des organisations de bassins fluviaux d'Afrique centrale en matière de surveillance de la variabilité hydrologique à grande échelle et locale, via l'observation des niveaux d'eau des rivières et des grands lacs à l'aide de données satellitaires, ainsi que la surveillance des événements hydrométéorologiques extrêmes, en mettant l'accent sur le soutien aux décisions d'alerte, à la gestion des risques de catastrophe et des ressources en eau en Afrique.

Résultats attendus :

- Meilleure compréhension de la variabilité et des tendances hydrologiques dans les bassins fluviaux et lacs sélectionnés en Afrique centrale.
- Accès facilité aux données satellitaires pour l'analyse et la validation avec des données multi sources via un portail interactif.
- Développement de produits et de notes de situation sur les niveaux d'eau et leurs tendances dans les rivières et lacs.
- Amélioration des connaissances sur l'accès et l'utilisation des données d'EUMETSAT H-SAF pour la surveillance hydrométéorologique.
- Préparation d'un programme et d'un plan pour animer des sessions de et des ressources en eau en Afrique.

2. Méthodologie

Cette formation s'adresse principalement aux spécialistes des SMHN, RBO, également ouverte à d'autres institutions liées à la gestion des ressources en eau ou à la recherche. Les cours ont été structurés en trois étapes combinant des sessions en ligne pour tous les participants et des sessions sur site dédiées à la formation des formateurs (ToT). La première édition de ce cours sera délivrée aux pays francophones.

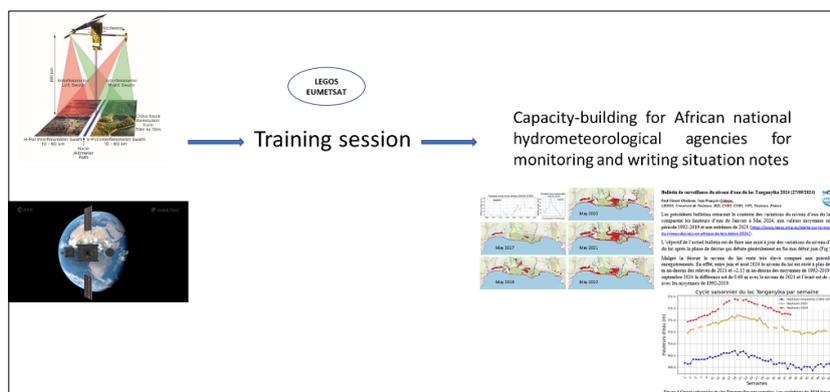


Figure 1. Utilisation des données satellitaires pour les ressources en eau et l'hydrologie opérationnelle

Les cours sont structurés pour guider les participants dans la compréhension, la manipulation et l'analyse des données satellitaires afin de produire des produits, des informations utiles pour soutenir la planification des ressources en eau, la préparation, l'alerte, etc. (Figure 1)

Étape 1. Formation générale et opérationnelle (en ligne)

Une série de formations visera à guider les participants dans l'accès et l'utilisation des données satellitaires pertinentes pour décrire la variabilité hydrologique à des fins spécifiques. Les sessions sont structurées comme suit :

- **Session 1** : Variabilité hydrologique vs. impacts sur les rivières, lacs et populations, méthodes d'analyse et stratégies de communication efficaces. Généralités sur l'hydrologie spatiale.
- **Session 2** : Techniques d'altimétrie satellitaire, missions satellitaires (ex. SWOT, Sentinel-3), quelles données utiliser et comment y accéder ?
- **Session 3** : Assurer une surveillance continue des niveaux d'eau via des plateformes et des sources d'information multi sources (ex. EO, données in situ).
- **Session 4** : Produits EUMETSAT H-SAF : accès et visualisation. Applications pour l'alerte précoce.
- **Session 5** : Surveillance des sécheresses à l'aide des produits H SAF.
- **Session 6** : Description de la variabilité hydrologique à des emplacements spécifiques et soutien à la prise de décision pour les alertes et la gestion des ressources en eau. Évaluation : exercice pratique.
- **Session 7** : Discussion sur la révision des exercices.
- **Session 8** : Soutien aux parties prenantes des services hydrométéorologiques via les données satellitaires et perspectives d'amélioration des services.

Livrable : Rapport final des sessions de formation.

Certificat : Un certificat de participation sera remis aux participants ayant réussi l'évaluation.

Public cible : Ingénieurs, chercheurs des NMHS africains et RBO d'Afrique centrale et occidentale, ainsi que d'autres spécialistes travaillant sur la surveillance hydrologique.

Étape 2. Formation des formateurs (sur site)

Un groupe de spécialistes expérimentés en hydrologie satellitaire sera formé en immersion sur l'utilisation de l'altimétrie satellitaire pour soutenir l'analyse opérationnelle. L'objectif est d'approfondir leurs connaissances et compétences pédagogiques pour contribuer au transfert de connaissances et piloter la coordination des futures formations ou sessions de débriefing/analyse pendant les saisons des pluies dans la région.

- **Session 1** : Formation approfondie initiale axée sur le renforcement des capacités fondamentales et opérationnelles liées à l'utilisation des données satellitaires pour la surveillance hydrologique, les impacts de la variabilité hydrologique et la production de bulletins/notes de situation.
- **Session 2** : Formation approfondie de suivi basée sur la préparation d'études de cas pour la validation de l'altimétrie satellitaire dans la surveillance hydrologique et les bulletins.
- **Session 3** : Évaluation des orientations pour les sessions de débriefing et les études de cas (en ligne).

Livrables : 2 rapports de formation

Certificat : Un certificat sera délivré sur la base des résultats de l'évaluation.

Public cible : Ingénieurs et chercheurs d'Afrique centrale ayant une expérience avérée en hydrologie satellitaire.

Étape 3. Sessions de débriefing mensuelles sur les tendances hydrologiques (en ligne)

Cette étape visera à soutenir et guider les institutions nationales et régionales dans l'analyse de la variabilité hydrologique saisonnière des rivières et grands lacs pendant la saison des pluies en Afrique centrale, en exploitant au mieux les observations satellitaires et locales. Les sessions mensuelles seront coordonnées par la CICOS durant 2026. La préparation et l'animation seront assurées par les nouveaux formateurs issus de la ToT, avec un encadrement initial des spécialistes du LEGOS. Le cadre de ces sessions sera établi lors de l'Étape 2.

Un aperçu du contenu du renforcement des capacités et de la formation sur l'hydrologie satellitaire est disponible dans la Figure 2.

Step	1. Formation générale et opérationnelle		2. Formation des Formateurs		3. Sessions de debriefing mensuels	
Thème	Altimétrie satellitaire pour la surveillance de l'eau	Précipitations et bilan hydrique	Approfondissement des applications opérationnelles		Soutien à l'analyse de la variabilité hydrologique	
Contenu	Variabilité hydrologique / Missions satellitaires et produits / Surveillance opérationnelle et validation	Humidité du sol et précipitations / Produits satellitaires pour l'alerte précoce et la sécheresse	Manipulation des données satellitaires pour des applications spécifiques / Préparation de notes de situation	Accès, traitement et visualisation des données H-SAF	Orientation sur le suivi hydrologique, variabilité et impacts	
Intervenants	LEGOS / CNES, etc	EUMETSAT H-SAF, etc	LEGOS	EUMETSAT H-SAF	CICOS, Nouveaux formateurs, Soutien LEGOS/CNES	
Participants	NMHS, RBOs, and all interested	NMHS, RBOs, and all interested	spécialistes identifiés en hydrologie spatiale		NMHS, RBO, intéressés	

Figure 2. Aperçu général du renforcement des capacités sur l'hydrologie satellitaire

Livrable : Note conceptuelle pour les sessions de débriefing.

3. Séance pratique sur l'analyse de la variabilité hydrologique des lacs et rivières d'Afrique centrale par un portail de surveillance par satellite

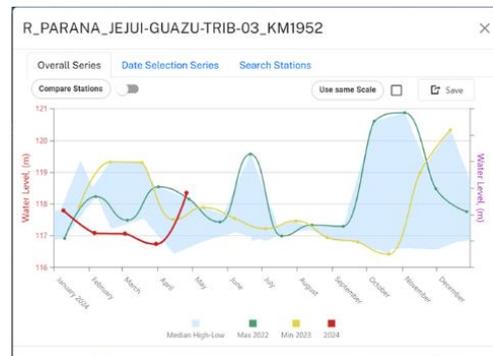
Un portail interactif pour la surveillance des niveaux d'eau dans les lacs et rivières sera adapté pour la région d'Afrique centrale, basé sur le portail existant pour l'Amérique du Sud. Ce portail facilitera l'accès aux données satellitaires pour la surveillance hydrologique opérationnelle et

la gestion des ressources en eau par les services nationaux, RBO et autres acteurs concernés. Il est prévu que le portail soit utilisé pour des formations pratiques à la fin de 2025.

Le portail sera personnalisé en tenant compte des besoins des utilisateurs (ex. NMHS, RBO) identifiés lors de premières séances de formation en ligne. La Figure 3 présente un exemple du portail et des produits.



Répartition des anomalies de hauteur d'eau



Séries temporelles de hauteur d'eau

Figure 3: Portail sud-américain de surveillance satellitaire des niveaux de l'eau déployé sur le bassin amazonien. À gauche, distribution des anomalies de niveau d'eau des rivières. À droite, comparaison (en temps quasi réel) des séries temporelles de 2024 avec les maxima (Source: [hfs-app – Hydrology from Space](#))

Annexe 1. Programme détaillé et calendrier (Les dates sont à titre indicatif)

Étape 1. Formation 1. 13 février 2025, formation en ligne (3h)

- Variabilité hydrologique.
- Méthodes d'analyse : acquisition/traitement des données fluviales (portail Hydroweb.next).
- Retour d'expérience sur la session de juin 2024.
- Questions/réponses.

Étape 1. Formation 2. Février 2025, formation en ligne (3h)

- Missions satellitaires, données et accès.
- Potentiel de la mission SWOT et autres.
- Analyse opérationnelle.
- Questions/réponses.

Étape 1. Formation 3. Mars 2025, formation en ligne (3h)

- Normes des données d'observation hydrologique (à valider avec l'OMM).
- Questions/réponses.

Étape 2. Formation 1. Mars 2025, formation ToT (4 jours) *Participation sur sélection*

- Pratique sur les données et la surveillance via Hydroweb.next (séries temporelles des lacs et rivières).
- Utilisation du logiciel Altis pour le traitement des données altimétriques brutes.
- Accès aux données, cas d'utilisation des produits EUMETSAT H-SAF (humidité du sol/précipitations).
- Questions/réponses.

Étape 1. Formation 4. Avril 2025, formation en ligne (3h)

- Bilan des tendances hydrologiques en 2024 et retours d'expérience.
- Rédaction de rapports sur l'évolution des niveaux d'eau (lacs Tanganyika, Victoria et Tchad).
- Questions/réponses.

Étape 1. Formation 5. Avril 2025, formation en ligne (3h)

- Produits H SAF : précipitations et humidité du sol.
- Accès et visualisation des produits.
- Applications dans les systèmes d'alerte précoce.
- Questions/réponses.

Étape 1. Formation 6. Mai 2025, formation en ligne (2h)

- Surveillance des sécheresses avec les produits H SAF : exemples et applications.
- Questions/réponses.

Étape 1. Formation 7. Juin 2025, formation en ligne (3h)

- Analyse de la variabilité hydrologique passée et actuelle.
- Questions/réponses.

Étape 2. Formation 2. Juin 2025, formation ToT (3 jours) *Participation sur sélection*

- Atelier sur le portail Hydroweb.next et les données SWOT.
- Analyse des bulletins lacustres et comparaison avec les données terrain.
- Questions/réponses.

Étape 1. Formation 8. Sep - Oct 2025, formation en ligne (3h)

- Mission SWOT et révision d'études de cas.
- Évaluation finale.
- Questions/réponses.

Étape 3. Sessions de débriefing test (nov.-déc. 2025)

- Analyse de la saison des pluies 2025 et variabilité hydrologique.
- Retours d'expérience et actions précoces pour 2026.

Étape 3. Session de débriefing mensuelle selon besoin (2026)