

SLAPIS

Système Locale d'Alerte Précoce
pour les Inondations au Sahel

Rapport

FORMATION-ACTION MOLOCH

OUAGADOUGOU

3 – 7 novembre 2025

Fait par Rakiswende Thomas Bere



Direction de la Météorologie
Nationale
Direction des Ressources en Eau
Niger

1. Contexte et justification

L'un des objectifs majeurs du projet **SLAPIS Sahel** est de renforcer les capacités en **prévision numérique du temps (PNT)** afin de soutenir le système d'alerte précoce hydrologique. Dans ce cadre, la Direction Nationale de la Météorologie (DNM) du Niger et l'Agence Nationale de la Météorologie (ANAM) du Burkina Faso ont fait le choix stratégique de développer une chaîne de prévision météorologique basée sur le modèle **MOLOCH**.

MOLOCH est un modèle régional non hydrostatique développé par le **CNR-ISAC (Italie)**. Il permet de produire des prévisions à très haute résolution spatiale et de représenter explicitement les phénomènes convectifs. Le modèle résout les équations non hydrostatiques et entièrement compressibles de l'atmosphère, avec une résolution horizontale pouvant atteindre **0,0113° (1,25 km)**, **60 niveaux atmosphériques** et **13 niveaux de sol**.

C'est dans ce contexte qu'un **séminaire de formation** a été organisé du 03 au 07 novembre 2025 à Ouagadougou, Burkina Faso, à bénéfice des experts en prévision météorologique et en modélisation de l'ANAM du Burkina Faso. Cette formation visait à assurer un transfert de compétences entre les différentes parties prenantes (Burkina Faso, Niger, Italie) pour la maîtrise et l'exploitation du modèle **MOLOCH** (voir Annexe 1 : liste de présence).

2. Objectifs de la formation-action

Cette formation-action ambitionnait d'outiller les équipes du Burkina Faso dans l'installation et la gestion opérationnelle de **MOLOCH**. Plus précisément, elle avait pour objectif de :

- former le personnel de l'ANAM sur le modèle **MOLOCH**,
- transférer les compétences pour son opérationnalisation,
- effectuer l'installation et la paramétrisation du modèle,
- effectuer les premiers tests.

3. Résultats attendus

Les résultats attendus grâce à ce séminaire sont :

- Une chaîne opérationnelle de **MOLOCH** est installée sur le cluster de la ANAM.
- Les prévisionnistes ont une bonne compréhension des produits de **MOLOCH** et peuvent les utiliser opérationnellement

4. Déroulement de la formation

Jour 1 – Vérification du cluster de l'ANAM et organisation des travaux techniques

La première journée a été consacrée aux vérifications matérielles et logicielles du calculateur de l'ANAM, menées en comité restreint entre les collègues du consortium LaMMA, de CNR-IBE et l'administrateur système de l'ANAM. Ces vérifications ont mis en évidence une incompatibilité entre le compilateur gfortran 8, utilisé pour la compilation des modules via spack, et le compilateur gfortran 14, configuré par défaut sur le cluster. Cette incompatibilité a empêché tout test d'installation du modèle **MOLOCH** sur le serveur au cours de cette journée. À la suite de ce diagnostic, il a été convenu que M. Valerio poursuivrait, pendant le reste de la formation, les travaux techniques d'installation et

de résolution des problèmes de compilation sur le cluster de l'ANAM, en parallèle des activités pédagogiques avec les participants.

Jour 2 – Ouverture officielle et premières tentatives d'installation du modèle MOLOCH

Les travaux de la formation–action ont débuté le deuxième jour. La session a été ouverte par M. Vieri Tarchiani (IBE), qui a rappelé les objectifs du projet SLAPIS Sahel ainsi que ceux de la formation, et a remercié les participants pour leur mobilisation.

Cette introduction a été suivie d'une présentation générale du modèle MOLOCH animée par M. Francesco Pasi (LaMMA), portant notamment sur :

- un bref historique du développement du modèle ;
- les services météorologiques qui utilisent déjà MOLOCH ;
- la présentation du dépôt GitLab et de l'organisation du code et des outils associés.

Une deuxième présentation a ensuite été assurée par M. Younoussa Adamou Sayri, portant sur le mini-guide d'installation préparé afin de faciliter la mise en place du modèle par les participants.

L'après-midi a été consacré à l'installation du modèle :

- d'une part, sur le cluster de l'ANAM, où l'équipe a essayé de compiler et d'installer MOLOCH en s'appuyant sur l'environnement existant ;
- d'autre part, sur les ordinateurs personnels des participants, à des fins d'exercice pratique et de familiarisation avec la procédure d'installation.

Sur le cluster de l'ANAM, des problèmes de compilateur et de paquets ont empêché de mener à bien la compilation complète du modèle. Sur les machines personnelles, les différences de configuration (systèmes, dépendances, versions de bibliothèques) ont également conduit à des échecs d'installation.

Au regard de ces difficultés techniques, il a été décidé que les travaux pratiques détaillés seraient poursuivis à distance sur le cluster de LaMMA, tandis que M. Valerio continuerait en parallèle les tentatives d'installation du modèle sur le cluster de l'ANAM.

Jour 3 – Visite de terrain et début des travaux pratiques sur le cluster de LaMMA

La matinée du troisième jour a été consacrée à une visite de terrain, permettant aux participants et aux experts invités de mieux appréhender le contexte opérationnel et les réalités locales de la prévision météorologique au Burkina Faso.

L'après-midi, les travaux pratiques ont débuté sur le cluster de LaMMA, afin de contourner provisoirement les contraintes techniques du cluster de l'ANAM. Les participants ont pu se

familiariser concrètement avec le modèle MOLOCH à travers plusieurs manipulations, encadrées par M. Francesco Pasi, M. Thomas Béré et M. Younoussa :

- définition du domaine de simulation ;
- configuration des fichiers premoloch.inp et domain.inc ;
- lancement de prévisions avec le modèle.

En parallèle, M. Valerio a continué à travailler sur l'installation de MOLOCH sur le cluster de l'ANAM, dans la perspective de son utilisation opérationnelle future.

Jour 4 – Poursuite des travaux pratiques, téléchargement des sorties IFS et introduction à ecCodes et earthkit

La quatrième journée a été consacrée à la poursuite des travaux pratiques sur le cluster de LaMMA. Les manipulations entamées la veille ont été consolidées et approfondies :

- reprise et affinage de la définition du domaine de simulation ;
- ajustement de la configuration des fichiers de contrôle du modèle ;
- lancement et suivi de nouvelles simulations avec MOLOCH ;
- téléchargement des sorties du modèle IFS, utilisées comme données d'entrée pour les exercices et simulations réalisés pendant la formation.

Par la suite, une présentation de la lecture des fichiers GRIB avec eccodes a été réalisée, suivie de la visualisation des sorties des différentes simulations à l'aide d'earthkit. Cette étape a permis une première initiation au paquet Python earthkit, développé par l'ECMWF, qui s'est révélé très pratique pour la lecture, le traitement et la visualisation des fichiers GRIB.

Jour 5 – Nesting et clôture de la formation

La cinquième journée a été consacrée au nesting du modèle. Les éléments théoriques nécessaires au nesting ont été présentés par M. Francesco Pasi. Par la suite on est passé à la démonstration pratique sur le serveur du LaMMA. Des tentatives ont été réalisées pour mettre en place l'imbrication entre les différents domaines de simulation configurés les jours précédents à partir des sorties obtenues. Cependant, plusieurs erreurs techniques sont apparues au cours de ces essais, empêchant de finaliser correctement la chaîne de nesting pendant la durée de la formation-action. Ces difficultés ont marqué la fin de la partie pratique de la formation.

M. Vieri Tarchiani a ensuite procédé à la clôture officielle de l'atelier, en remerciant l'ANAM ainsi que l'ensemble des participants pour leur participation active et leur engagement tout au long de la semaine. Il a également présenté les perspectives pour la suite des travaux, en lien avec l'opérationnalisation future de MOLOCH au sein de l'ANAM.

5. Perspectives et actions à venir

À l'issue de la formation–action, plusieurs pistes de travail et d'actions concrètes ont été identifiées pour assurer la continuité du processus d'opérationnalisation de MOLOCH au Burkina Faso et, plus largement, dans le cadre du projet SLAPIS Sahel.

5.1. Actions à la charge des partenaires italiens

- **Fourniture d'un paquet d'installation générique pour MOLOCH**
Élaboration et mise à disposition d'un paquet permettant d'installer MOLOCH de manière plus standardisée, en vue de faciliter les futures installations sur différents systèmes (responsable : **Capecchi**, échéance indicative : **15 décembre 2025**).
- **Installation de MOLOCH sur le cluster de l'ANAM et création d'un module utilisateur utilisable par l'ensemble des utilisateurs** (en collaboration avec l'équipe IT de l'ANAM, notamment **Omar**) (responsable : **Capecchi**, échéance indicative : **fin novembre 2025**).
- **Correction des problèmes de nesting**
Analyse et résolution des erreurs rencontrées lors des tests de nesting, afin de rendre pleinement fonctionnelle l'imbrication de domaines (responsable : **Pasi**, échéance indicative : **fin 2025**).
- **Mise en place d'une chaîne opérationnelle complète**
Mise en place progressive d'une **chaîne opérationnelle MOLOCH** similaire à celle déjà existante pour WRF (par exemple avec une configuration **9 km – 3 km**), en étroite collaboration entre **Béré, Adamou et Pasi**.

5.2. Pistes de développement côté ANAM (et partenaires)

Sous réserve de la finalisation des étapes précédentes, plusieurs axes de développement futurs ont été évoqués :

- **Interface Python pour MOLOCH (MOLOCH Py-interface)**
Développement d'un ensemble de scripts Python pour **gérer et piloter les prévisions avec MOLOCH** (prétraitement, lancement du modèle, post-traitement), permettant d'automatiser et de simplifier l'usage du modèle sur PC ou sur cluster.
- **Outil graphique de définition de domaine (MOLOCH-wizard)**
Conception d'un petit utilitaire graphique, sur le modèle de "wrf-wizard", pour aider les utilisateurs à définir plus facilement les domaines de simulation MOLOCH (coordonnées, résolution, imbrication).
- **Adaptation microphysique pour les régions tropicales (MOLOCH MP tropical)**
Travail scientifique visant à tester et adapter une option de **microphysique plus adaptée aux régions tropicales (par exemple MP = 3)**, impliquant une modification ciblée du code Fortran (F90) et une phase de validation sur des cas d'étude sahéliens.

Annexe 1 : liste de présence

Noms & Prénom(s)	Structure
Tarchiani Vieri	IBE-CNR
Francesco Pasi	IBE-CNR, Consorzio LaMMA
Valerio Capecchi	Consorzio LaMMA
Rakiswende Thomas Bere	IBE-CNR, ANAM
Younoussa Adamou Sayri	IBE-CNR-DMN
Alfred Dango	ANAM
Emmanuel POAN	NORCAP, ANAM
Issoufou Ouedraogo	ANAM
Isaac Yameogo	ANAM
Ousmane A. Y. OUEDRAOGO	ANAM
Brahima KOMBOIGO	ANAM
Rebecca B. H. S. KINGBE	ANAM
Rodeline BERE	ANAM
Salif WANDAOGO	ANAM
Armél OUEDRAOGO	ANAM

Annexe 2 : Photos



Photo 1: Photo de Famille



Photo2, Séance de formation