



Politecnico  
di Torino



Consiglio Nazionale delle Ricerche  
CNR - Istituto per la BioEconomia

# SLAPIS

Système Locale d'Alerte Précoce  
pour les Inondations au Sahel

[AID 012487]

## Rapport sur l'Atelier de Formation en « Modélisation Hydrologique »

27 mai - 7 juin 2024

par Daniele GANORA et Stefania TAMEA

### Abréviations

AICS - Agence Italienne de la Coopération au Développement  
DGRE - Direction Générale des Ressources en Eau, Burkina Faso  
DH - Direction de l'Hydrologie, Niger  
DIATI - Département d'Ingénierie de l'Environnement, du Territoire et des Infrastructures  
MXP - Milan Malpensa  
SIG – Système d'Information Géographique

### 1. Contexte

Le projet SLAPIS vise à réduire le risque d'inondation dans le bassin de la rivière Sirba à travers (i) un système d'alerte précoce des inondations et (ii) la préparation de plans de réduction des risques pour les localités riveraines de la Sirba et du fleuve Niger en aval de la confluence Sirba-Niger et en amont de la ville de Niamey.

Du 27 mai au 7 juin 2024, une formation en "Modélisation hydrologique" a été offerte auprès du Politecnico de Turin. La formation est liée au traitement des données en cours dans la partie du bassin au Burkina Faso et à celle au Niger. Les principaux thèmes abordés ont été les suivants (i) Interprétation des outputs des modèles hydrologiques (probabiliste/ déterministiques), (ii) Optimisation des prévisions hydrologiques : Détermination des biais de correction des débits, des modèles par rapport aux débits observés, (iii) Détermination des fausses alarmes, vraies alarmes.

### 2. Objectifs de l'atelier

L'objectif de la formation en "Modélisation hydrologique" est de renforcer les compétences en matière d'analyses hydrologiques afin d'aider à la cartographie des zones inondables et à l'émission d'alertes. Plus précisément, cette activité de formation s'est concentrée sur l'étude approfondie de plusieurs macro-thèmes :

- La gestion des données spatiales par SIG et leur utilisation pour la délimitation des bassins versants d'intérêt ;
- Traitement général des données, validation et correction des biais ;
- Analyse des données de débit pour soutenir l'évaluation des risques d'inondation des rivières ;
- Analyse des précipitations pour soutenir les évaluations des risques d'inondation des rivières ;
- le changement climatique.

### 3. Participants

Les quatre (4) participants proviennent de la DGRE du Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique du Burkina Faso et de la DH du Ministère de l'hydraulique, de l'assainissement et de l'environnement du Niger. Il s'agit de :

- Mohamed HOUSSEINI IBRAHIM, Niger
- Vincent OUEDRAOGO, Burkina Faso
- Dioviel Dominique SOMDA, Burkina Faso
- Mahamadou TAHIROU, Niger

L'équipe enseignante était composée de Daniele Ganora et Stefania Tamea du Département d'ingénierie de l'environnement, des sols et des infrastructures (DIATI) du Politecnico de Turin.

Elena Belcore (Politecnico di Torino - DIATI), Maurizio Tiepolo (Politecnico di Torino - DIST), Tiziana Defilippis, Vieri Tarchiani, Luca Giliberti et Antonio Gioia (CNR - IBE) ont également participé à la réunion de projet du mardi 4 juin.

Les bureaux administratifs du Politecnico di Torino ont fourni un soutien opérationnel pour la gestion de la mission des participants nigériens.

#### **4. Résultats de l'Atelier**

La formation s'est déroulée auprès du DIATI-Politecnico de Turin (Italie).

Les participants à la formation ont pu apprendre les concepts fondamentaux liés aux problèmes décrits ci-dessus et les techniques d'analyse courantes à utiliser pour atteindre les objectifs du Projet. À cette fin, la formation a été organisée en deux sessions quotidiennes, l'une le matin et l'autre l'après-midi, au cours desquelles le formateur a d'abord illustré les éléments les plus théoriques du sujet et a ensuite introduit des applications pratiques, basées sur des données provenant du bassin de la Sirba. Compte tenu du nombre limité de participants, les activités se sont déroulées dans une salle de réunion équipée d'une table commune, d'un tableau noir et d'un grand écran utilisé par le conférencier pour projeter des diapositives et illustrer les logiciels utilisés. En outre, un dossier cloud partagé a été mis en place pour le partage en temps réel de tout le matériel utilisé et/ou produit pendant les activités. Cela a facilité une interaction considérable entre les participants. Pour une coordination meilleure et plus rapide des activités, un groupe WhatsApp des participants a également été créé, qui est toujours actif après la fin de la formation et peut être utilisé plus généralement pour les activités du projet.

Une visite à des ouvrages hydrauliques près de la ville de Turin et une réunion l'après-midi au consortium d'irrigation de Ouest Sesia pour en savoir plus sur les techniques de mesure hydrométrique ont été organisées.

A la fin de la formation, le 7 juin, en plus d'une discussion finale, les participants ont été invités à remplir un questionnaire anonyme d'évaluation de la formation. Ce questionnaire est joint au présent document. L'analyse des réponses a révélé les aspects suivants :

- L'organisation logistique de l'événement a été évaluée très positivement ;
- Le contenu de la formation a été très apprécié et aucun point critique n'est apparu à cet égard ;
- Le matériel fourni était adéquat ; en tout état de cause, le matériel partagé dans le nuage restera disponible et sera éventuellement complété au cours du projet ;
- La manière dont la formation a été menée a été jugée adéquate ; il a également été suggéré de se concentrer davantage sur les activités opérationnelles (y compris l'utilisation de différents logiciels) et, éventuellement, d'organiser des périodes de formation encore plus longues (par exemple, trois semaines).

Ces suggestions seront prises en compte pour les futures activités de formation du projet.

**Registre des activités**

<b>Jour</b>	<b>Activités</b>
Vendredi 24 mai	Départ de participants de Niamey pour Milan Malpensa (MXP), puis Turin et des participants de Ouagadougou pour Turin, via Istanbul et Rome
Lundi 27 mai	Introduction au sujet de la prévision hydrologique (probabiliste vs prévision) Introduction à l'utilisation des SIG pour l'hydrologie
Mardi 28 mai	Visite technique des ouvrages hydrauliques du canal de Cavour (Chivasso), de l'ascenseur de Cigliano, de l'ouvrage de franchissement de Mazzè
Mercredi 29 mai	Délimitation des bassins versants à l'aide d'outils SIG, y compris le téléchargement des données des études de cas et la description des logiciels libres. Des applications spécifiques ont été réalisées sur l'étude de cas
Jeudi 30 mai	Introduction à l'analyse statistique des événements extrêmes, avec un accent sur les débits de crue Examen, avec les participants, des données hydrométriques précédemment fournies (exactitude du positionnement des stations de jaugeage, cohérence des données, possibilité d'inclure de nouvelles données)
Vendredi 31 mai	Analyse statistique des précipitations extrêmes. Développement d'une étude de cas basée sur les données disponibles dans le bassin de la Sirba
Lundi 3 juin	Modélisation hydrologique des flux d'entrée et de sortie pour l'étude des cas d'inondation pluviale
Mardi 4 juin	Calibration et la validation des modèles hydrologiques Réunion avec les autres partenaires du projet (groupe de géomatique et DIST du Politecnico, IBE CNR) : coordination des partenaires, situation technico-financière du projet
Mercredi 5 juin	Utilisation des données de réanalyse et des simulations à grande échelle et correction des biais sur la base des données observées sur le terrain Modélisation des phénomènes d'infiltration
Jeudi 6 juin	Modélisation statistique régionale (estimation des statistiques d'écoulement dans les bassins non instrumentés). Après-midi : visite des bureaux du consortium d'irrigation Ouest Sesia à Vercelli pour discuter des levés bathymétriques et des mesures hydrométriques
Vendredi 7 juin	Effets du changement climatique sur les processus hydrologiques Conclusion des travaux. Remarques finales et examen des analyses effectuées Complétion des questionnaires de satisfaction
Samedi 8 juin	Départ des participants pour Niamey et Ouagadougou

## ANNEXES

### A. Termes de référence de la formation

Projet SLAPIS, TdR de la formation en « Modélisation hydrologique », mai-juin 2024



#### TERMES DE REFERENCE DE L'ATELIER DE FORMATION EN « MODELISATION HYDROLOGIQUE »

9.5.2024

##### Abréviations

AICS - Agence Italienne de la Coopération au Développement  
DGRE-  
DH-Direction de l'Hydrologie, Niger  
DIATI-Département d'Ingénierie de l'Environnement, du Territoire et  
des Infrastructures  
MXP-Milan Malpensa

#### 1. Contexte

Le projet SLAPIS vise à réduire le risque d'inondation dans le bassin de la Sirba : (i) un système d'alerte précoce des inondations et (ii) la préparation de plans de réduction des risques pour les localités riveraines de la Sirba et du fleuve Niger en aval de la confluence Sirba-Niger et en amont de la ville de Niamey.

La mission à Ouagadougou du 16 au 22 juillet 2023 a déterminé les formations à offrir pendant le projet.

En mars/avril 2024, une formation pour 4 personnes sur la Modélisation Hydrologique à l'Ecole Polytechnique de Turin a été programmée pour un coût indicatif de 16.000 euros : Interprétation des outputs des modèles Hydrologiques (probabiliste/ déterministiques), Optimisation prévisions hydrologiques : Détermination des biais de correction des débits des modèles par rapport aux débits observés, Détermination des Fausse Alarmes, True Alarmes (Mars/avril 2024, DIATI/Turin, 2 semaines, Resp. prof. Tamea + Ganora), NER 2 (8 000€) + BF 2 (8 000€).

#### 2. Objectifs de l'atelier

L'objectif de la formation en "modélisation hydrologique" est de renforcer les compétences en matière d'analyses hydrologiques afin d'aider à la cartographie des zones inondables et à l'émission d'alertes.

#### 3. Résultats attendus de l'Atelier

Les participants à la formation (i) apprendront les techniques de gestion des données hydrométriques et pluviométriques pour extraire des indicateurs statistiques de base ; (ii) appliqueront (i) pour produire des indicateurs de risques hydrologiques même dans les zones où il n'y a pas de données observées ; (iii) développeront l'analyse et la gestion des données hydrologiques nécessaires à la modélisation hydraulique du projet SLAPIS.

#### 4. Participants

Les quatre (4) participants proviennent des DGRE du ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique du Burkina Faso et de la DGRE du ministère de l'Hydraulique, de l'assainissement et de l'environnement du Niger.

Projet SLAPIS, TdR de la formation en « Modélisation hydrologique », mai-juin 2024

Fonction	Provenance	Nombre	Dont comme nombre à qui reconnaître	
			Hébergement + repas	Perdiem
Valentin OUEDRAOGO	DGRE Ouagadougou	1		1
Dioviel SOMDA	DGRE Ouagadougou	1		1
Mohammed HOUSSEINI IBRAHIM	DGRE Niamey	1	1	-
Mahamadou TAHIROU, DGRE	DGRE Niamey	1	1	-
Total	-	4	2	2

### 5. Lieu et date de l'Atelier

L'Atelier aura lieu auprès du DIATI, Politecnico de Turin, Corso Duca degli Abruzzi 24, Turin, de lundi 27 mai au vendredi 7 juin 2024.

Le responsable de la formation est le prof. Daniele GANORA, daniele.ganora@polito.it

### 6. Démarche

La formation est proposée sur 10 jours répartis sur deux semaines. Le matin (trois heures), les aspects théoriques sont abordés. L'après-midi (trois heures), des applications (exercices) sont réalisées. Une visite de terrain dans des ouvrages hydrauliques est prévue.

**7. Livrable : Rapport final.** Le rapport contiendra le résumé de chaque jour de formation

### 8. Programme prévisionnel de la formation

Matin : 9h00-12h30

Après-midi 14h00-17h30

Vendredi 24 Mai	Départ de participants de Niamey pour Milan Malpensa (MXP), puis Turin et des participants de Ouagadougou pour Turin, via Istanbul et Rome
Lundi 27 Mai	<i>Aspects généraux</i> 1 Introduction au sujet de la prévision hydrologique (probabiliste vs prévision), avec un accent sur la prévision probabiliste. Utilisation des SIG pour l'hydrologie.
Mardi 28 Mai	2 Acquisition et traitement des données pluviométriques et hydrométriques. Évaluations exploratoires des séries temporelles.
Mercredi 29 Mai	3 Statistiques de base et introduction aux distributions de probabilité.
Jeudi 30 Mai	4 Méthodes statistiques basées sur le moment L.
Vendredi 31 Mai	5 Utilisation de bases de données à grande échelle et leur intégration avec les données des stations (spatialisation, correction des biais).
Lundi 3 Juin	<i>Analyses hydrologiques à l'appui de la modélisation des précipitations et des inondations pluviales</i> 6 Application statistique pour la détermination des courbes IDF des précipitations
Mardi 4 Juin	7 Modélisation des précipitations-débits (y compris la délimitation des bassins dans le SIG)
Mercredi 5 Juin	<i>Analyses hydrologiques à l'appui de la modélisation des précipitations et des inondations fluviales</i> 8 Modélisation statistique régionale et physique y compris les analyses SIG
Jeudi 6 Juin	9 Calibrage, validation et incertitude des modèles.
Vendredi 7 Juin	Conclusion des travaux 10 Remarques finales et examen des analyses effectuées.
Samedi 8 Juin	Départ des participants pour Niamey et Ouagadougou

Projet SLAPIS, TdR de la formation en « Modélisation hydrologique », mai-juin 2024

### 9. Budget

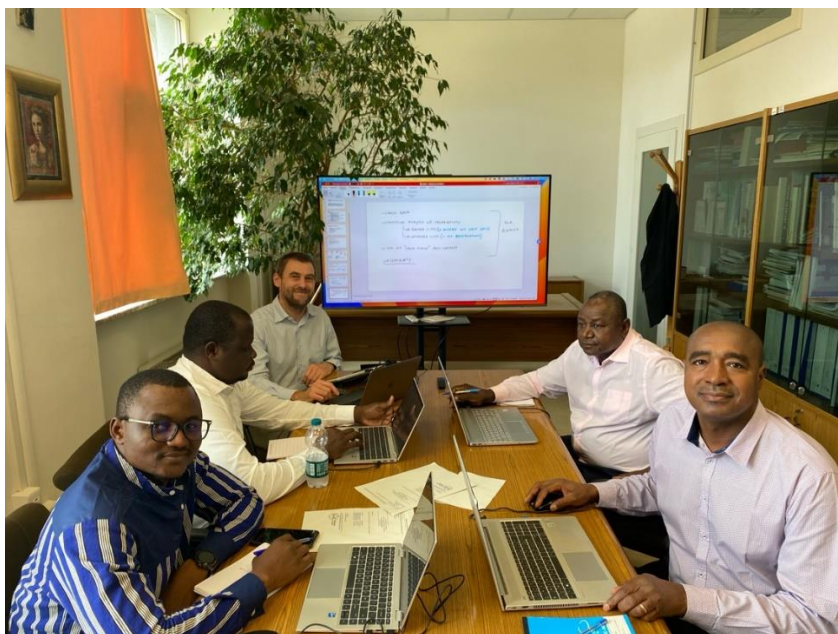
Le budget disponible pour cette formation est de 16 000 Euro.

Les participants qui n'ont pas de visa Schengen mais seulement un Passi n'auront pas à faire d'escale dans l'espace Schengen.

Casablanca, Tunis, Alger, Istanbul sont des escales acceptables.

Poste	Quantité	Cout unitaire Euro	Totale Euro
a) Frais de transport avion Ouaga-Milan MXP a/r	2	1 000	2 000
b) Frais de transport avion Niamey-Milan MXP a/r	2	751	1 502
c) BILLETS Milan MXP-Turin centre-ville a/r	4	44	176
d) Assurances	4	A vérifier	...
e) Per diem participants du Burkina Faso	2 x 16 jj	160/j	5 120
f) Hôtel, petit déjeuner, 2 repas/j	2	160/j	5 120
Total formation			13 918

**B. Images de la formation**



### C. Participants à la formation

#	NOM Prénom	Org	Contact
1	OUEDRAOGO Alligouamé Vincent	DGRE-DEIE	rigouame@gmail.com
2	SOMDA Dioviel Dominique	DGRE DEIE	dioviel.somda@gmail.com
3	HOUSSEINI IBRAHIM Mohammed	H-DGRE, Niamey	housseiniibrahimmohamed@yahoo.fr
4	TAHIROU Mahamadou	H-DGRE, Niamey	tahamoute@yahoo.fr
5	GANORA Daniele	Politecnico Turin	daniele.ganora@polito.it
6	TAMEA Stefania	Politecnico Turin	stefania.tamea@polito.it

## D. Questionnaire



Politecnico de Turin - Département d'Ingénierie de l'Environnement, du Territoire et des Infrastructures

27/5-7/6 2024

### Trainee Course Evaluation

***Your opinion is important for us  
Please answer the questions as accurately as possible***

1. Did you have any problem with the participation at the Course?  
 Yes  No
  
2. If you had difficulties with the participation at the course, please indicate which is the major problem you had  
 Language difficulties  
 Course length  
 Lack of basic knowledge about some topics of the course  
 Other: \_\_\_\_\_
  
3. To what extent the program met the given objectives?  
 very well met  
 fully met  
 nearly met  
 not met
  
4. Do you think the acquired knowledge will help you during the everyday job activities?  
 Yes  No
  
5. Please, explain why yes or no.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
6. How was the length of the Course?  
 too short  
 little short  
 just right  
 a little long
  
7. Do you have to suspend the work activity to attend the course? Please select the answer that best applies to your situation (max 1 answer)  
 I had to suspend all the everyday duties  
 I had to manage to attend the course while doing my everyday duties  
 I can easily manage my everyday duties while I'm attending the course
  
8. In your opinion, was the course format effective?  
 Yes  No
  
9. If you think that the course format was effective, please select the answer that better explain why (*max 3 answers/options*)  
 clear course content  
 the course was very demanding  
 the course was too basic  
 good documentation, and very effective practical exercises  
 appropriate field visits  
 appropriate length  
 Other: \_\_\_\_\_

10. If you think that the course format was not effective, please select the answer that better explain why (*max 3 answers/options*)
- problems with course content
  - the course is too demanding
  - the course is too basic
  - some more documentation material would help
  - more practical exercises
  - more field visits
  - too short
  - too long

11. When did you feel most engaged with the course content topics?

---



---

12. Please rate how well the Course met your expectations in the following areas. (1 Below expectation, 3 Met expectation, 5 Exceeded expectation)

	1	2	3	4	5
Relevant content					
Effectiveness of learning activities					
Quality of facilitator support					
Level of engagement possible					
Effective learning resources					
Flexible learning					
Course structure and format					

13. If you rated any of the above items 1 or 2, please give a brief explanation to help us improve.

---



---

14. What do you think about the overall programme, was it too theoretical or too practical or the right balance?
- Too much theoretical
  - A suitable balance
  - Too much practical

15. According to your educational background and experience, how was the level of the training activity?
- Too high
  - Suitable
  - Too low

- a. If you think that the level of the training activity was “Too High” tick the answers that best describe why (*max 2 answers*)
- the level was too academic
  - the course duration was too short
  - more time needed to do practice with software
  - Other: \_\_\_\_\_

b. If too low, explain:

---



---

16. In your opinion, what do you suggest is the best ratio between the theoretical and practical components of the programme?
- 100% theoretical
  - 75% theoretical 25% practical
  - 50% theoretical 50% practical
  - 25% theoretical 75% practical

17. Do you think the duration of the course was adequate to the objectives?

Yes  No

18. If you think the duration of the course was not adequate to the objective, which should be a suitable duration?

- 3 days
- 2 weeks
- 1 months
- Other:

19. Do you consider comprehensive the training material for the theoretical lectures and the practical sessions?  
 Yes  No

20. How you would improve the quality of training materials (max 2 answers/options)

- more selected readings
- more support after the training
- more case studies
- video lessons
- more exercise
- Other:

21. The teachers were well prepared for the class

- Almost always
- Frequently
- Sometimes
- Rarely
- Almost never

22. The teachers stimulated / motivated the interest in the subject presented.

- Strongly agree
- Agree
- Neutral
- Disagree
- Strongly disagree

23. The teachers were available and exhaustive when asking for clarification in the Q&A/Discussion Sessions.

- Almost always
- Frequently
- Sometimes
- Rarely
- Almost never

24. How would you rate the overall event?

- excellent
- very successful
- successful
- fair

25. If you have any suggestion to improve the program for future training activities, please write it here

---

---

---