

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la Ville

Journée de restitution sur

Évaluation des Risques d'Inondation et d'Érosion Côtière

Formation de courte durée dispensée par l'IHE Delft, Pays-Bas
du 12 au 30 août 2004

présentée par
BRAHAM Massinissa

attaché de recherche
Centre National de Recherche Appliquée en Génie
Sismique
BGS, Hussein Dey, Alger



Plan de présentation

- 1 Introduction
- 2 Activités de recherche au sein du CGS
- 3
- 4 Présentation de l'IHE Delft
- 5 Objectifs de la formation
Axes de la formation
 - Inondation pluviale*
 - Inondation fluviale*
 - Erosion côtière*
 - Sorties sur terrain*
 - Présentation finale*
- 6 Apport de la formation



1 Introduction

- Formation accordée après avoir déposé une candidature académique sur le site de l'IHE → Acceptation académique
- Postuler pour une bourse MSP avec l'aimable appui du MHUV et du CGS à ma candidature → Bourse accordée
- Formation étalée sur 3 semaines avec un thème principal / semaine et une sortie sur terrain à la fin de la semaine
- → Rencontre de Restitution des principaux enseignements obtenus de cette formation de courte durée à l'IHE de Delft, au Pays-Bas.





3 IHE Delft



Nom : Institut IHE Delft pour l'éducation en matière d'eau.

Localisation : Delft, Pays-Bas.

Statut : Centre de catégorie 2 sous les auspices de l'UNESCO, membre du réseau UN-Water.

Formation :

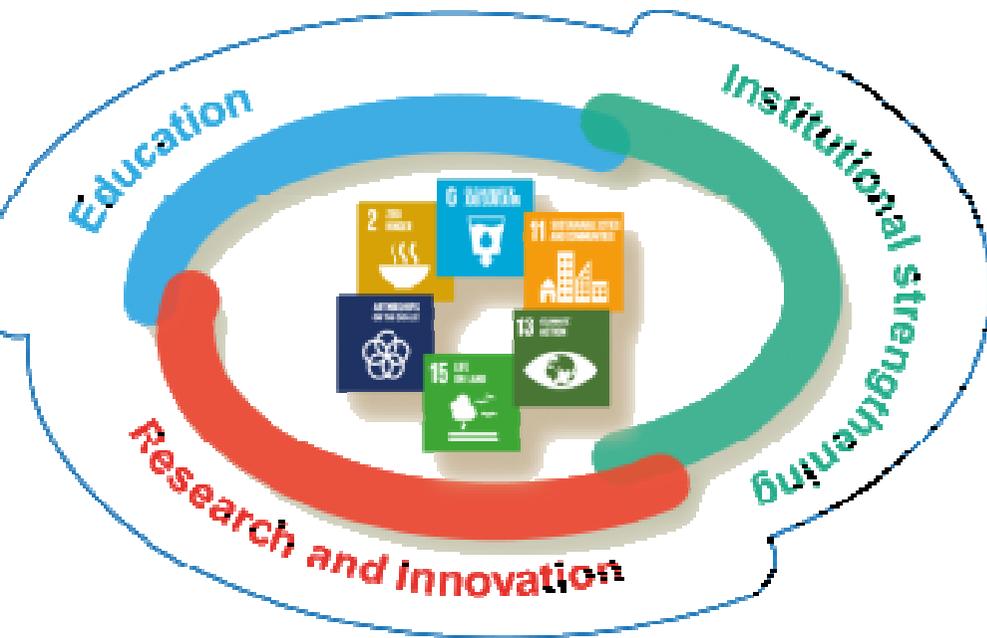
- § Diplômes accrédités de Master (MSc) et Doctorat en partenariat avec des universités néerlandaises.
- § Formations courtes et sur mesure pour répondre aux besoins spécifiques des institutions et des régions.

Impact global : Depuis 1957 →

- § plus de 25 000 professionnels formés
- § provenant de 190 pays,
- § principalement d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine.

3 IHE Delft

Capacity development



Les ODD relatifs à l'eau visés par l'IHE Delft dans ses missions d'éducation, de recherche et innovation, et le renforcement des institutions

(<https://www.un-ihe.org/about-ihe-delft/vision-mission-strategy>)

Vision : Un monde où les ressources en eau environnementales sont gérées de manière durable équitable, contribuant à :

- § L'éradication de la pauvreté.
- § La réduction des injustices sociales.

Mission : Renforcer les capacités dans le secteur de l'eau pour soutenir le développement durable global

Axes stratégiques :

- § Enseignement de qualité pour la gestion des ressources en eau.
- § Collaboration active avec des institutions partenaires pour des solutions locales et régionales.
- § Recherche appliquée et innovation en lien avec les Objectifs de Développement Durable (ODD).

3 IHE Delft : Contributions et rôle international



17 Objectifs de Développement Durable (ODD) des Nations Unies
(<https://sdgs.un.org/goals>)

Domaines d'intervention :

- § Gestion des sécheresses et des inondations.
- § Préservation des écosystèmes.
- § Réponses aux migrations induites par les problèmes hydriques.

Partenariats internationaux : Collaborations avec gouvernements, ONG et instituts de recherche pour partager des connaissances et renforcer les institutions locales.

Rôle clé :

- § Acteur indépendant dans la communauté internationale de l'eau.
- § Contribution au Programme hydrologique intergouvernemental de l'UNESCO et discussions mondiales sur les défis de l'eau.

4 Objectifs généraux de la formation

Public cible :

- Ingénieurs travaillant dans les secteurs de l'eau et de la gestion des risques naturels.

Public cible :

- Acteurs impliqués dans la gestion des inondations et de l'érosion côtière.

Approche pédagogique :

- Théorie : Concepts fondamentaux et modélisation des risques.

Approche pédagogique :

- Pratique : Études de cas et sorties sur terrain.

4 Objectifs spécifiques à la formation

COMPÉTENCES TECHNIQUES

Quantification du risque

- § Formuler le risque comme un problème informatique.
- § Utiliser des modèles de simulation pour estimer les risques d'inondation et d'érosion côtière.

analyse du risque

- § Calculer le risque en combinant les dangers dans des modèles adaptés.

COMPÉTENCES EN COMMUNICATION

Communication des risques

- § Présenter les informations de manière compréhensible et exploitable pour différents publics.

Interprétation des données

- § Contextualiser les résultats des analyses en prenant en compte les incertitudes associées.



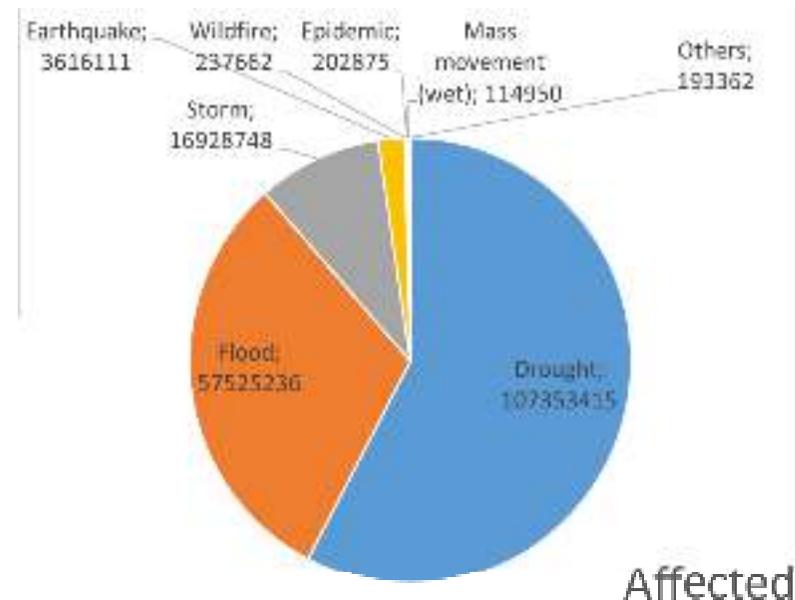
4 Motivations

Personnes affectées par les inondations monde

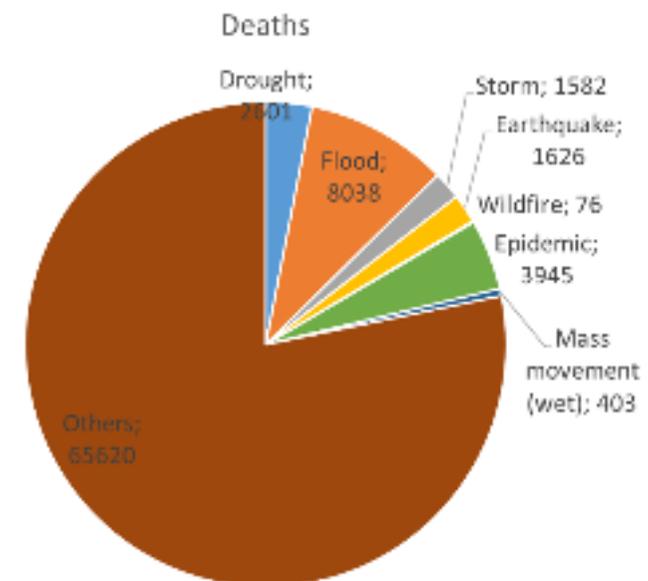
- § Juste après la Sécheresse
- § Plus de 57 Millions personnes affectées en 2023

Nombre de personnes décédées

- § 8038 personnes mortes par les inondations en 2023
- § Juste après les risques technologiques et industriels



EM.DAT (2023)



4 Données mondiales des risques

<https://public.emdat.be/data>

**M.DAT → Grande base de données des risques
l'échelle mondiale**

- § Facile à utiliser, il suffit de créer un compte gratuitement
- § Requête de sélection intuitive,

**Attention !! Elle ne compte pas les petits
événements d'extension locales**

- § Uniquement 52 enregistrements d'inondation de 1900 à 2024 !!!
- § Utiliser également les publications et les journaux pour compléter la base de données à un endroit donné.

Public EM-DAT | Access Data | User Information | Documentation

Classification: Flood

Countries: Algeria

Time period: From 1900 To 2024

1900 2000 2024

Pre-2000 data is particularly subject to reporting biases. To download this data, activate the button below.
Include Historical events (pre-2000)

Data validation for the current year is conducted at the beginning of the subsequent year. Users are advised to exercise caution when interpreting figures from the ongoing year.

Reset Download Records found: 52

5 Types d'inondations

uviales :

§ Précipitations locales excédant la capacité des systèmes d'évacuation et de drainage .

§ Cause principale → Averses exceptionnelles.

uviales :

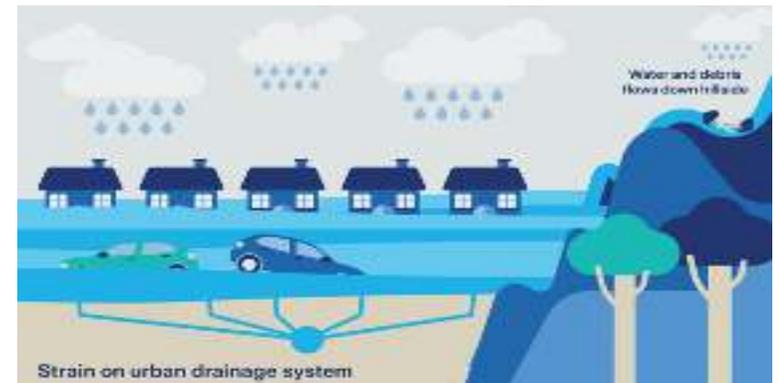
§ Débordement des cours d'eau sur les plaines inondables.

§ Cause principale → Précipitations excessive à l'amont et fonte des neiges.

ôtère :

§ Les niveaux de la mer dépassent le niveau des terres

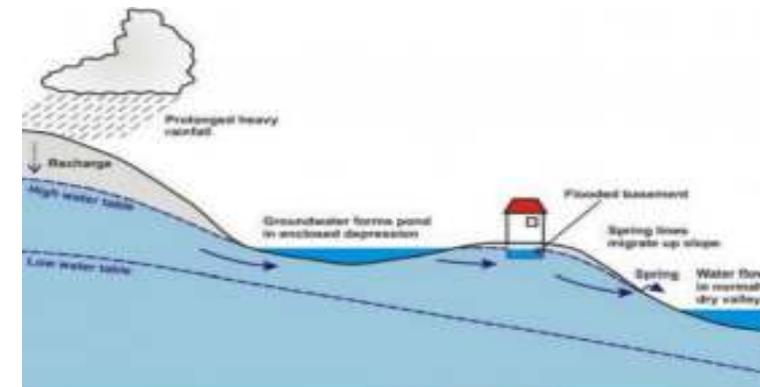
§ Cause principale → **surcote** (élévation temporaire du niveau de la mer provoquée par des vents violents associés à une tempête ou un cyclone).



5 Autres types d'inondations

Remontée des eaux souterraines :

- § Niveau de la nappe phréatique monte au-delà de la surface du sol, souvent à la suite de pluies prolongées ou d'une recharge excessive des aquifères.
- § Cause principale → remontée de la nappe



Crues éclairs (Flash floods) :

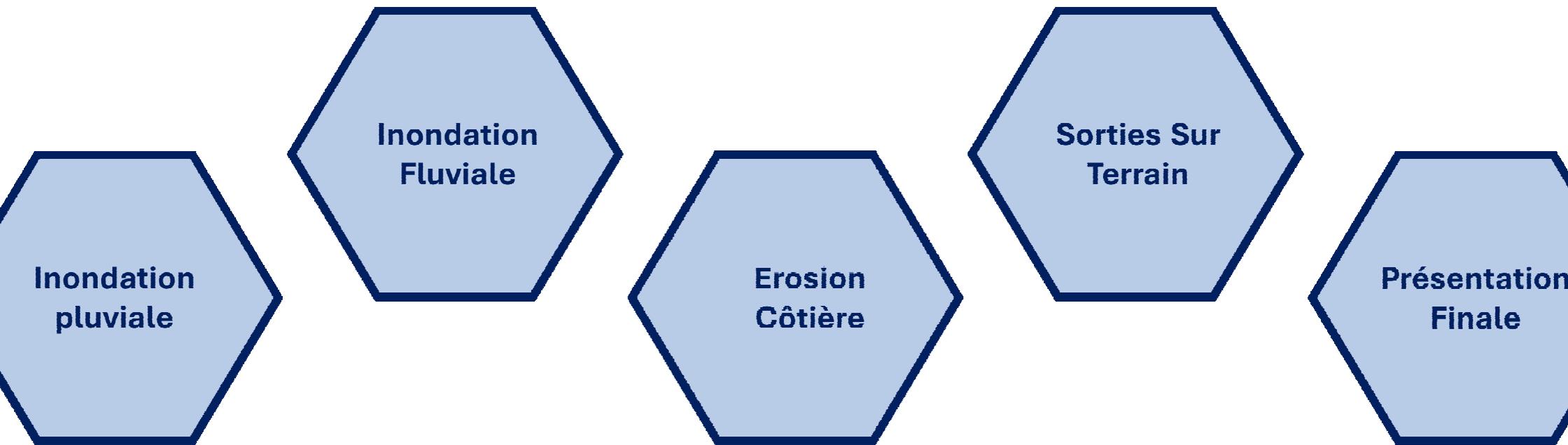
- § Causées par des précipitations intenses.
- § Résultent d'une combinaison d'inondations pluviales et fluviales.
- § Peuvent être déclenchées par des ruptures de barrages (naturels ou artificiels).
- § Durée courte, Grande vitesse d'écoulement, → potentiel destructeur..



Inondations induites par séismes :

- § Causées par un ou plusieurs effets induits par un séismes important.

5 Principaux axes de la formation



5 Inondations Pluviale

définition :

Une inondation pluviale survient lorsque de fortes précipitations dépassent la capacité d'absorption du sol et des systèmes de drainage, provoquant des accumulations d'eau rapides.

Caractéristiques principales :

- § Origine : Précipitations intenses et localisées.
- § Durée : Courte, de quelques minutes à quelques heures.
- § Zones touchées : Milieux urbains (forte imperméabilisation) et zones rurales à faible capacité d'infiltration.

Causes principales :

- § **Précipitations intenses** (orages, pluies torrentielles).
- § **Imperméabilisation des sols** (béton, asphalte).
- § **Infrastructures inadéquates** (drainage insuffisant).
- § **Obstructions des canalisations** (débris, déchets).



5 Inondations Pluviale

Stratégies de gestion :

Infrastructure d'atténuation :

- § Réseaux de drainage performants.
- § Bassins de rétention d'eau pluviale.
- § Chaussées perméables pour améliorer l'infiltration.

Aménagement durable :

- § Réduction de l'imperméabilisation des surfaces urbaines.
- § Création de zones tampons pour retenir temporairement l'eau pluviale.
- § **Solutions naturelles** : Toitures végétalisées, restauration des zones d'infiltration.



5 Inondations Pluviale

Solution naturelle innovante

Parks et Rain Gardens :

- § Les parcs et jardins de pluie collectent et infiltrent l'eau excédentaire des pluies.
- § Réduisent l'écoulement de surface et la surcharge des systèmes de drainage.
- § Contribuent à la biodiversité et à l'amélioration de la qualité de l'eau.

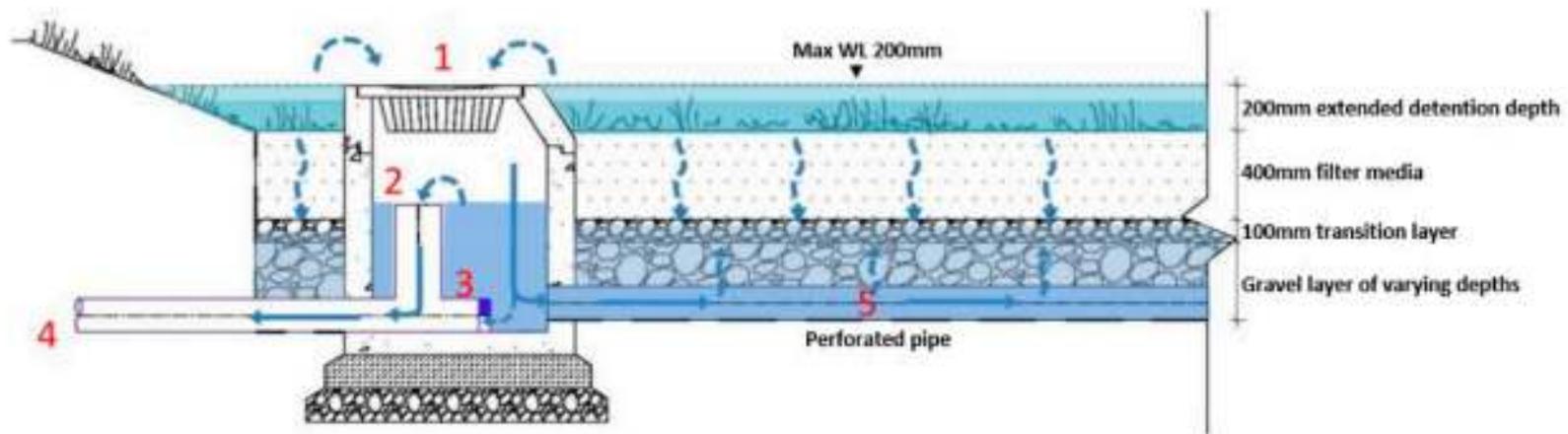


Figure 3. Cross section of a rain garden with overflow manhole in Waterway Ridges.

5 Inondations Pluviale

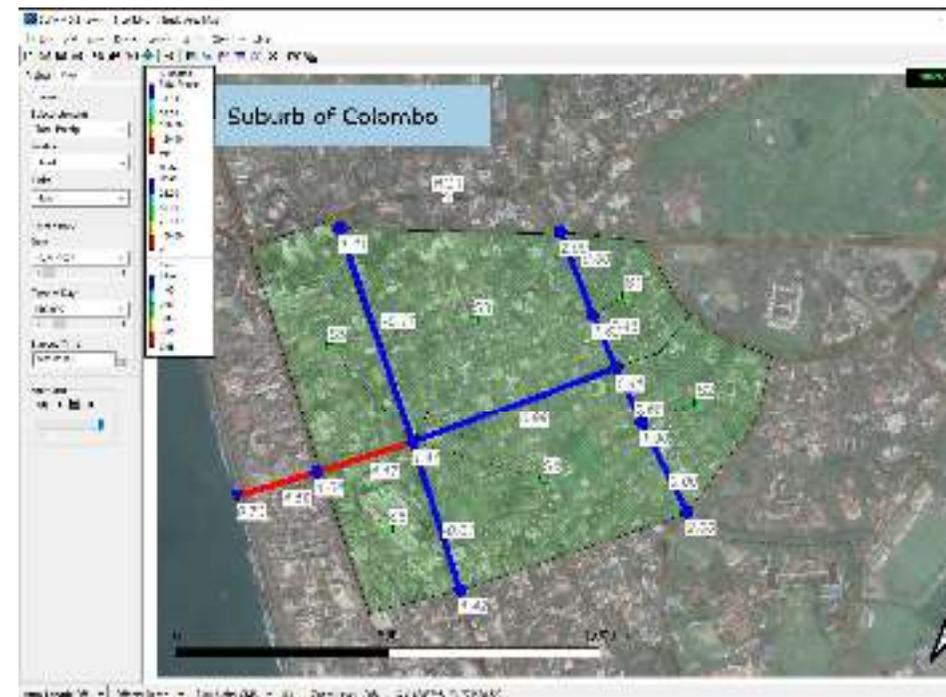
Outils de modélisation utilisé

PA-SWMM : Storm Water Management Model

- § Un logiciel développé par l'EPA (Environmental Protection Agency) des États-Unis.
- § Utilisé pour modéliser les systèmes de gestion des eaux pluviales en milieu urbain.

Fonctionnalités principales :

- § **Simulation hydrologique** : Analyse des précipitations, ruissellement et infiltration.
- § **Modélisation hydraulique** : Étude des réseaux de drainage (canalisations, bassins de rétention).
- § **Gestion des solutions durables** : Intègre des infrastructures vertes (bassins, jardins pluviaux).



5 Inondation fluviale

Définition :

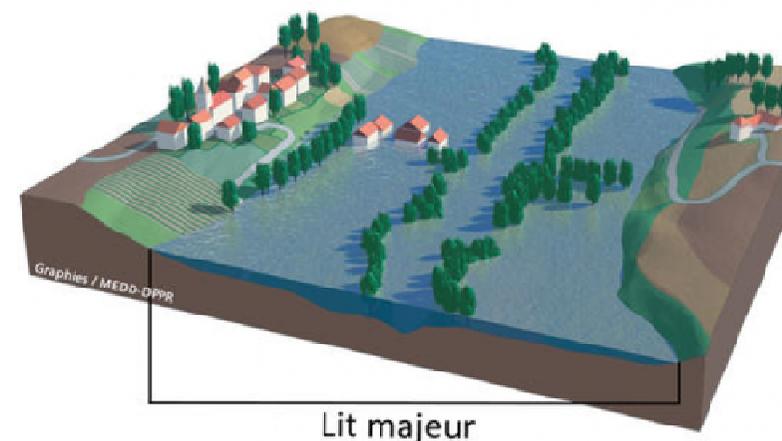
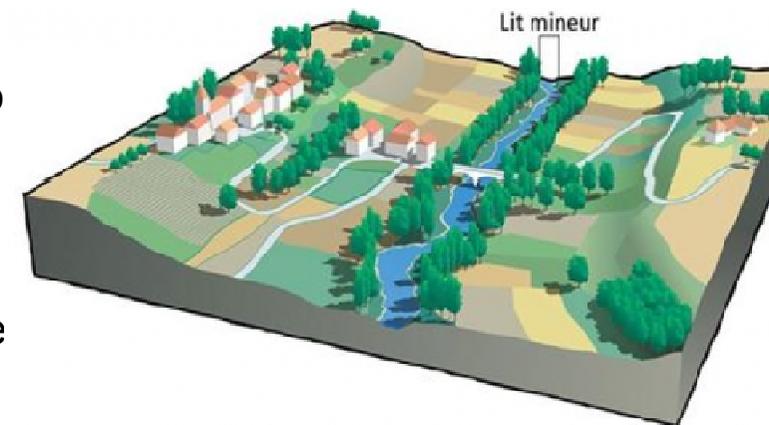
Une inondation fluviale survient lorsque le débit d'un cours d'eau dépasse sa capacité et déborde de son lit mineur pour envahir les zones environnantes.

Caractéristiques principales :

- § Origine : Précipitations prolongées, fonte des neiges, embâcles ou libération d'eau (barrages).
- § Durée : Plusieurs jours à plusieurs semaines.
- § Zones touchées : Vallées fluviales, plaines inondables, zones urbanisées près des rivières.

Causes principales :

- § Précipitations excessives sur le bassin versant.
- § Fonte des neiges rapide au printemps.
- § Blocages naturels (embâcles de glace ou débris).
- § Défaillance de barrages ou digues.



5 Inondation fluviale

Stratégies de gestion :

Infrastructure de contrôle :

§ Digues, barrages, réservoirs.

§ Canaux de dérivation.

Préservation des zones naturelles :

§ Plaines inondables.

§ Restauration des zones humides.

Systèmes d'alerte et plans d'évacuation.

Aménagement du territoire :

§ Limiter les constructions en zones à risque.



5 Erosion côtière

Quel type de problèmes peut-on rencontrer dans le domaine côtier ?

Inondations dues à des submersions côtières

- § Marées
- § Configuration du vent (Cyclones)
- § Débordement des vagues
- § Brèche dans la digue



Erosion

- § Action des vagues
- § –Courant (Vague, marée)
- § –Cyclones



5 Erosion côtière

Outils de modélisation utilisé

FINCS :

basé sur la physique, l'hydrodynamisme, en 2D/2D, avec onde dynamique avec/sans advection (déplacement d'une masse d'air dans le sens horizontal).

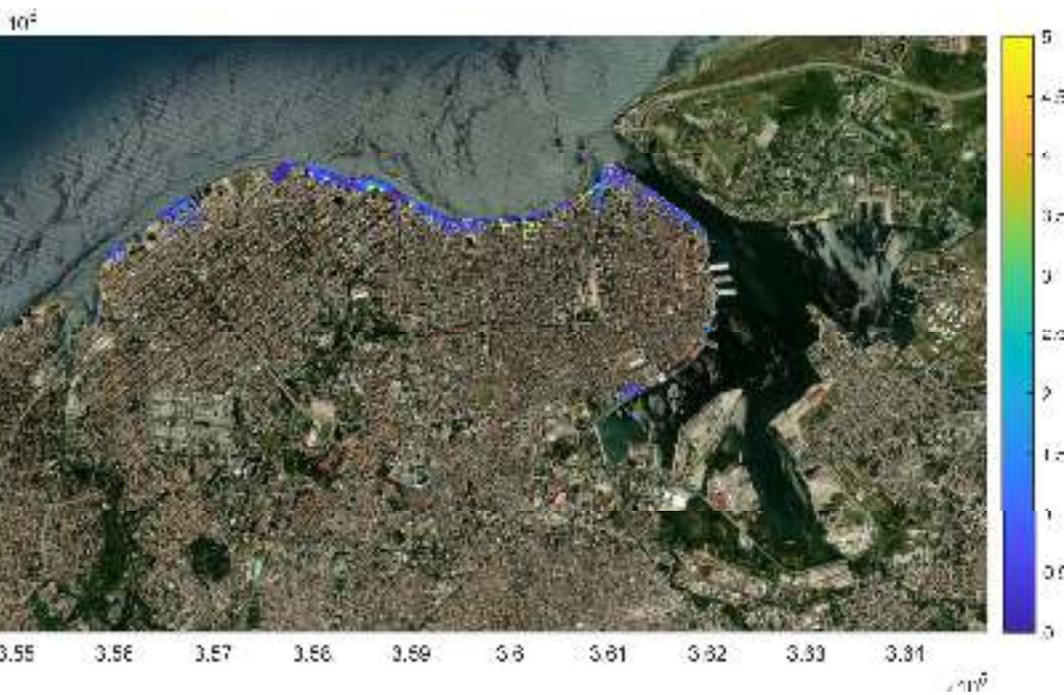
Dépendances: MATLAB runtime, Delftdashbord et Quickplot (visualisation des résultats)



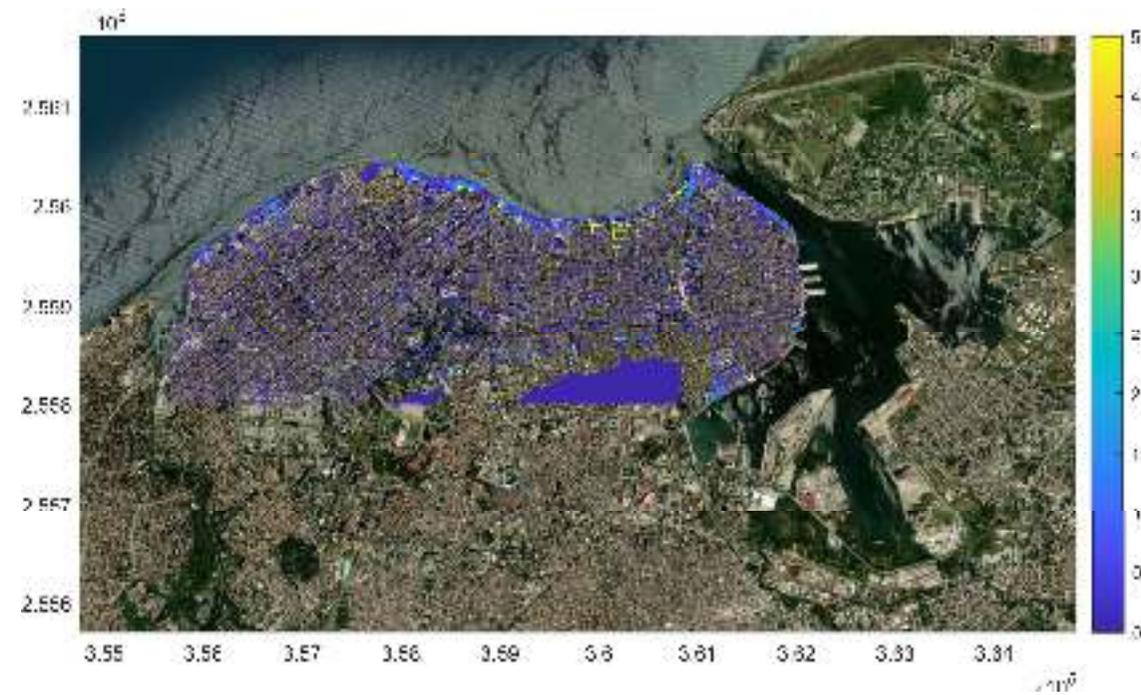
5 Erosion côtière

Résultats de modélisation

Application et exercice sur la baie de la Havane (Cuba)



Profondeur maximale de l'eau [m], sans pluie



Profondeur maximale de l'eau [m], avec pluie

5 Gestion des risques d'inondation

Aléa : processus physiques

§ Côtier

§ Fluvial

§ Pluvial

Impact : conséquences des inondations

§ Exposition

§ Vulnérabilité

§ Risque = Danger * Impact

Évaluation des risques d'inondation

§ Analyse des données

§ Observations (d'un témoin oculaire)

§ Modélisation

Decision support tools
(prioritizing actions)



5 FastFlood → <https://fastflood.org/>

Outil de simulation ultra-rapide pour l'hydrologie et les inondations

§ Précipitation

§ Infiltration

§ Ruissellement

§ Débit de la rivière

§ Réservoirs

§ Inondation

Esquisse de réduction des risques

Données globales et locales

Gratuit

Calcul dans le cloud



5 Sorties sur terrain

Landmoteur (Moteur de Sable)

Projet lancé en 2011 par les Pays-Bas pour lutter contre l'érosion côtière.

Plan Delta → Projets de grande envergure menés pour protéger le pays des inondations après le Raz-de-marée de 1953 en mer du Nord (plus de 2500 morts au Pays-bas).

Principe :

- § Dépôt massif de sable à un emplacement unique près de la côte.
- § Redistribution naturelle par les courants marins vers les plages voisines.

Avantages :

- § Renforce la protection côtière.
- § Réduit l'impact environnemental par rapport aux méthodes traditionnelles.



Carte de la péninsule créée dans projet moteur de Sable

5 Sorties sur terrain

Maeslantkering (measlant barrier) :

Barrière mobile contre les inondations

- § Localisation : Près de Rotterdam, aux Pays-Bas.
- § Partie du Plan Delta : Conçu pour protéger le pays des inondations.
- § Terminé en 1997 : L'un des plus grands systèmes de protection mobile au monde.

Fonctionnement

- § Objectif : Empêcher la montée des eaux marines dans l'estuaire de la Meuse et du Rhin.
- § Fermeture automatique : En cas de tempête exceptionnelle.
- § Impact : Sécurisation de millions d'habitants



5 Sorties sur terrain

anderdijk (Rotterdam)

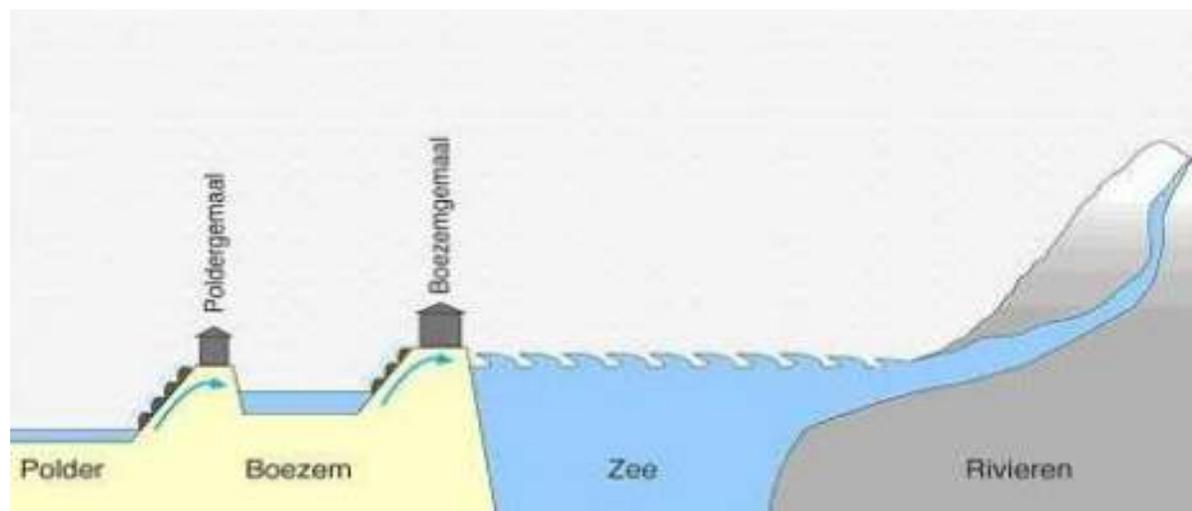
Patrimoine de la gestion de l'eau

Localisation : au cœur des **polders**, zone de terre basse, généralement située en dessous du niveau de la mer ou d'un cours d'eau, artificiellement drainée et protégée par des digues pour être habitable.

Moulins à vent construits au XVIII^e siècle, classés au patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1997.

Rôle et importance

Gestion des eaux : Drainent l'excès d'eau des polders vers les rivières environnantes. Témoignent des méthodes traditionnelles de lutte contre les inondations.



5 Sorties sur terrain

Delfland authority

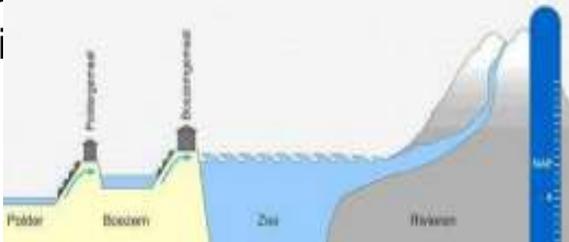
(Office des eaux de Delfland)

§ Un des vingt-deux offices des eaux des Pays-Bas. L'établissement a été fondé en 1289.

§ L'office contrôle et gère les eaux d'un territoire recouvrant 41 000 hectares (de La Hayes à près de Rotterdam)

§ Contrôle le système de pompage et les barrières hydrauliques permettant de maintenir ce territoire hors du danger des eaux

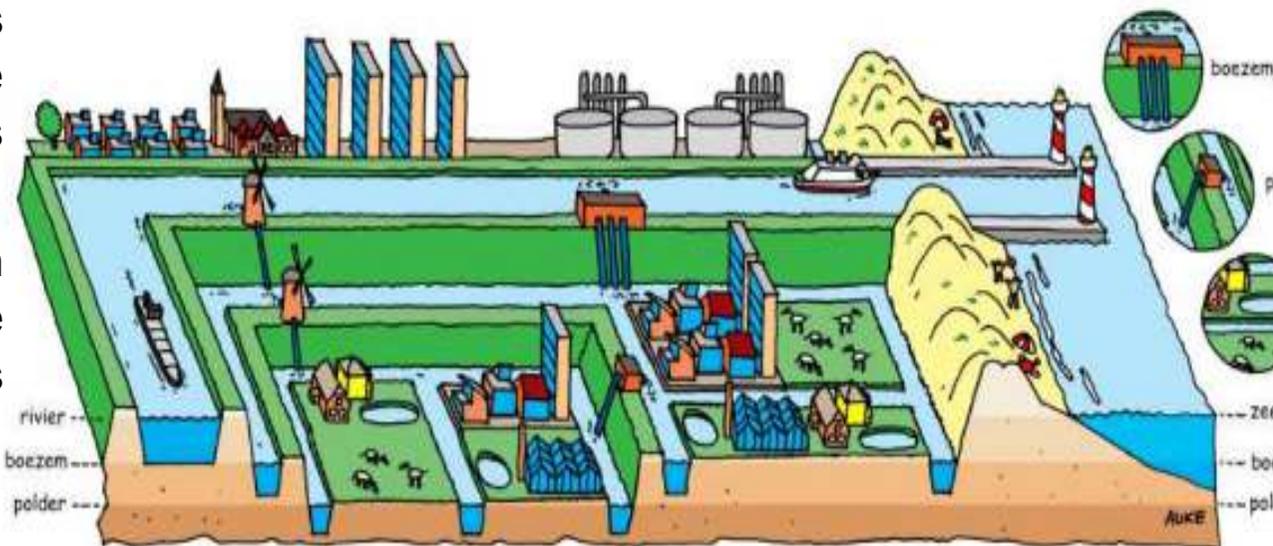
§ Autres tâches : la construction et l'entretien des barrages, la régulation de la qualité de l'eau, ainsi que la gestion des voies navigables.



Hoogheemraadschap van
Delfland



WATERBEHEER
21 Waterschappen



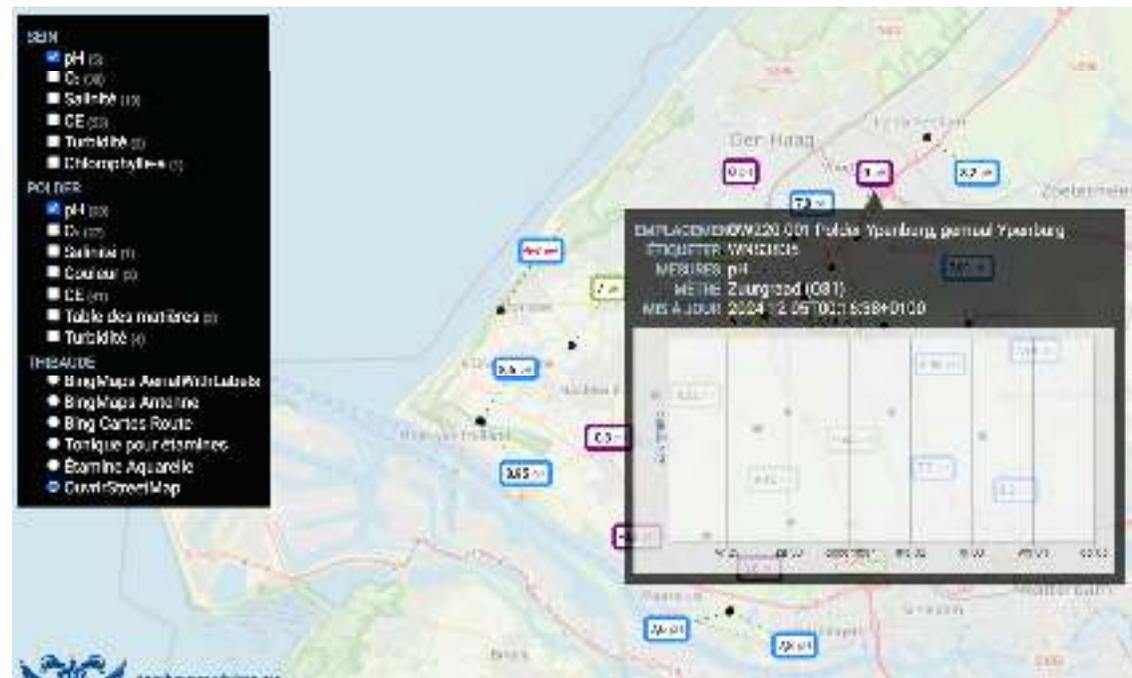
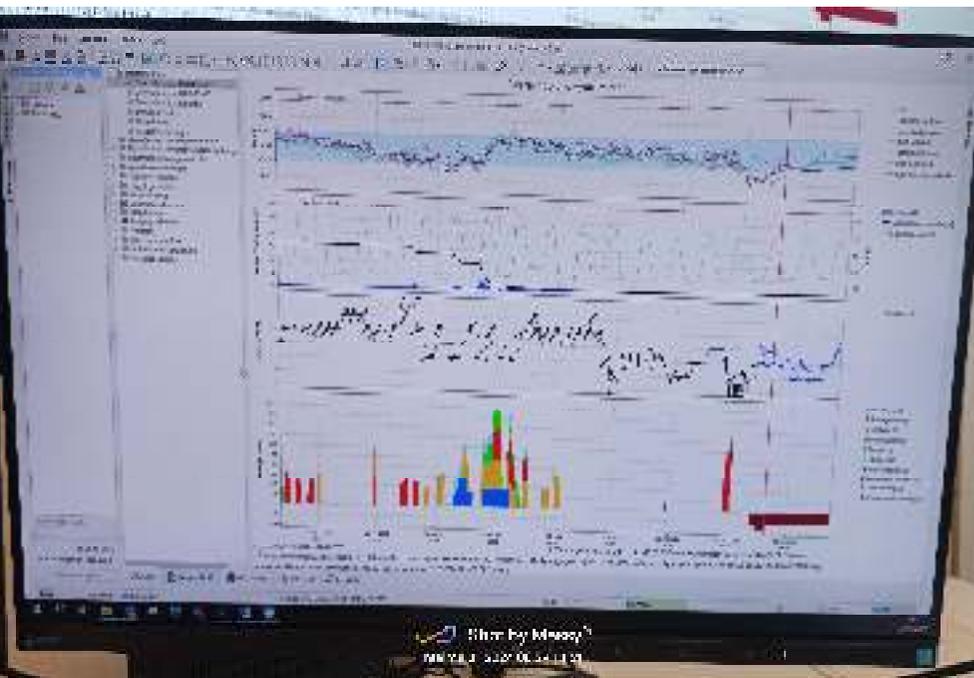
5 Sorties sur terrain

Delfland authority
(Office des eaux de Delfland)

Systèmes de suivi en temps réel

Qualité des eaux →

<https://www.webscada.nl/delfland/kwaliteitsmetingen/#layers=boezem.ph,polder.ph>



5 Présentation finale

Thème :

**Approche multidisciplinaire de cartographie des inondations induites par les séismes :
Application dans la région de Guelma, Algérie**

Résultats obtenus par la thèse de Doctorat et par un projet de recherche

Amélioration de l'approche multidisciplinaire à la lumière des enseignements reçus à l'IHE Delft



Short course:
Flood and Coastal Erosion Risk Assessment
12 – 30 August 2024

Final presentation:

Multidisciplinary Approach for Mapping
Earthquake-Induced Floods:
Application in the Guelma region, Algeria

Presented by: **BRAHAM Massinissa**, Hydrogeologist researcher
National Earthquake Engineering Research Centre (CGS), Algiers, Algeria

Content

Introduction

- Context
- Earthquake-induced floods

Inputs

- Multidisciplinary Approach
- Study area

Results validation

- Methodology
- Comparison and validation

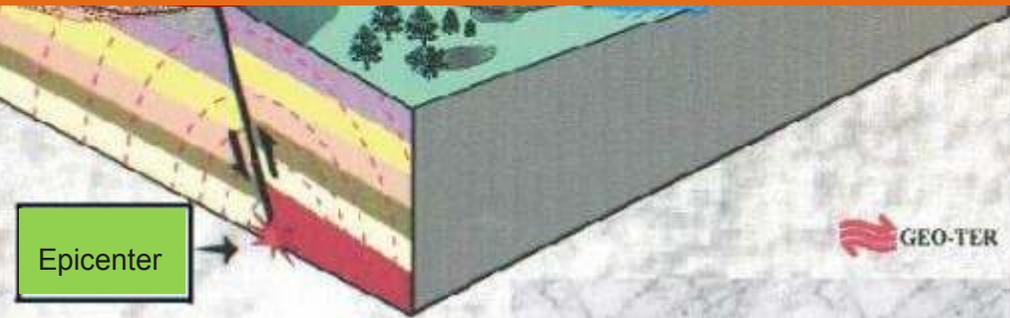
Conclusion

- Conclusion / perspectives

Context:

- Part of the Seismic Microzonation study
- Prevention / Reduction of Seismic Risk and **Induced Effects**

SITE EFFECTS
Amplification

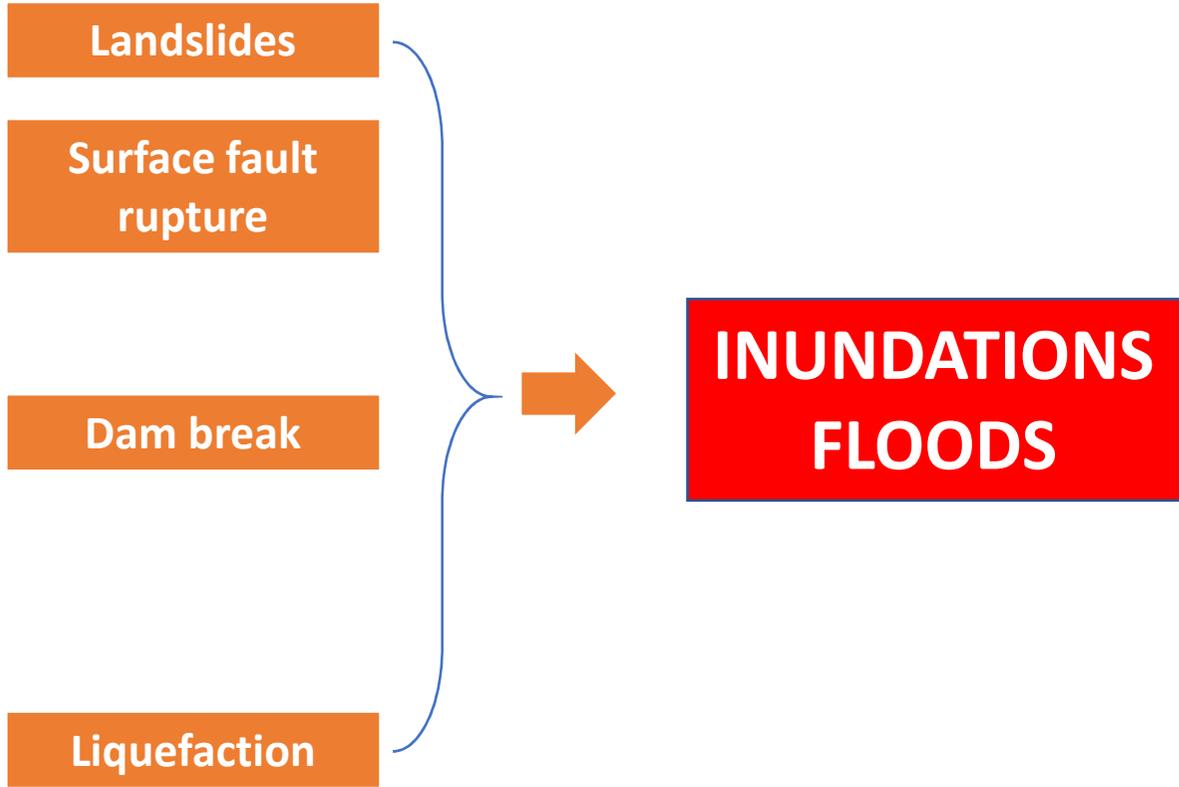
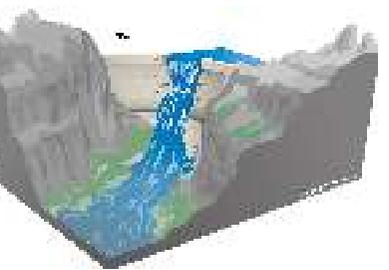


↓
Earthquake- Induced
Floods

Earthquake-induced flood

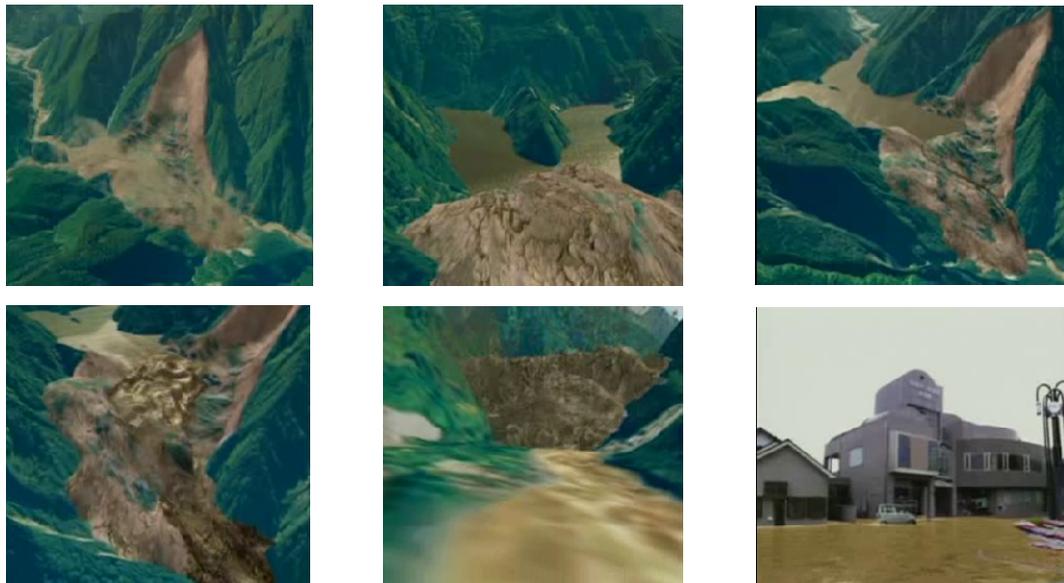
- Processes

Obstruction /
Diversion of a river
or watercourse



Earthquake-induced flood

Example in China: Earthquake-triggered landslide, obstructs a river, an aftershock creates a breach in the temporary dam, and a flood occurs downstream



- Example in Japan: 11 March 2011 earthquake (Mw = 9), Rupture of the Fujinuma agricultural dam, Flooding of the village of Sukagawa
➔ 8 dead and 5 houses destroyed



Earthquake-induced flood

Example in Algeria: El Asnam Earthquake of October 10, 1980 ($M_s = 7.3$)

Reverse fault rupture → Fault intersects the confluence area of the Oued Fodda and Chellif rivers → Obstruction of water flow → Flooding of the Oued Fodda plain

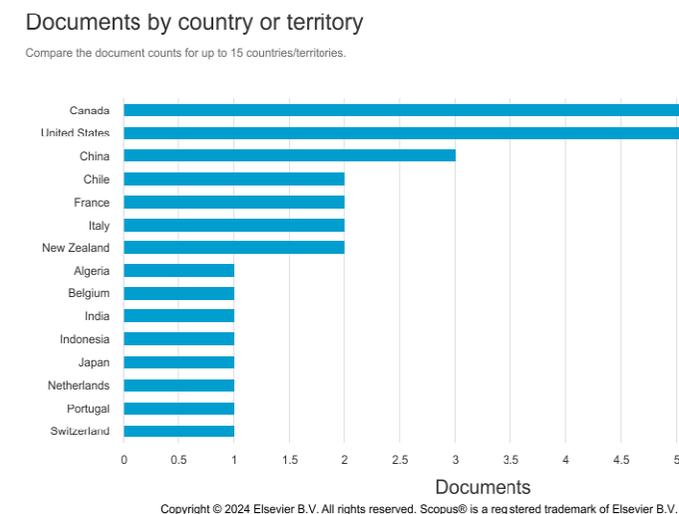
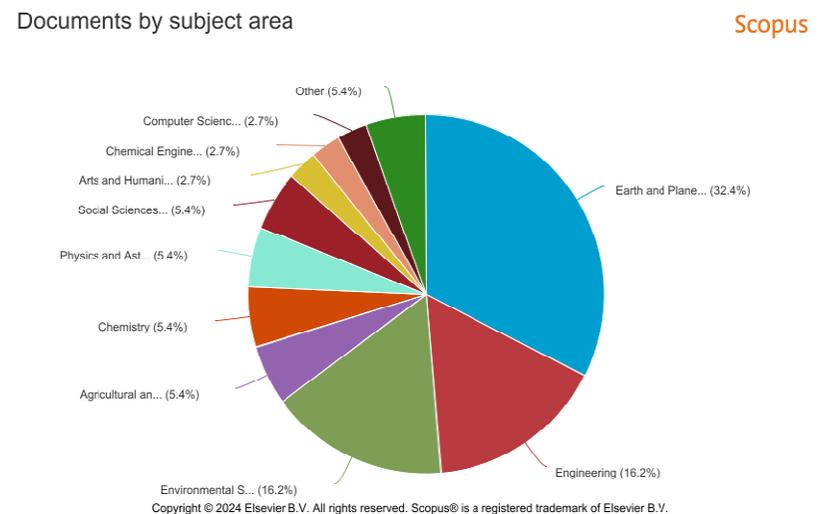
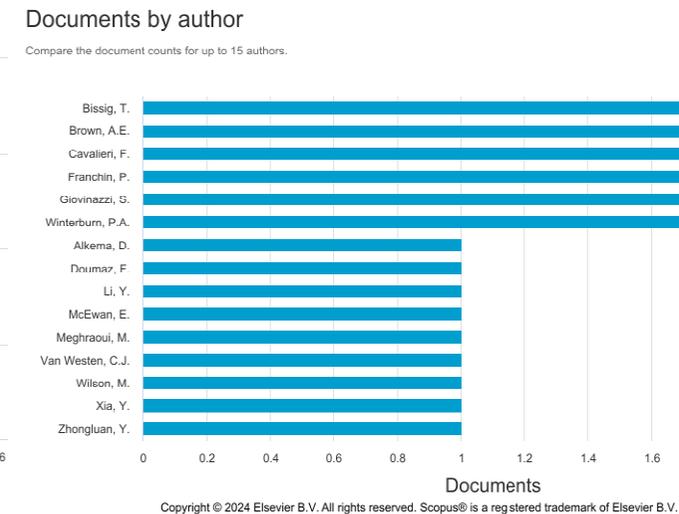
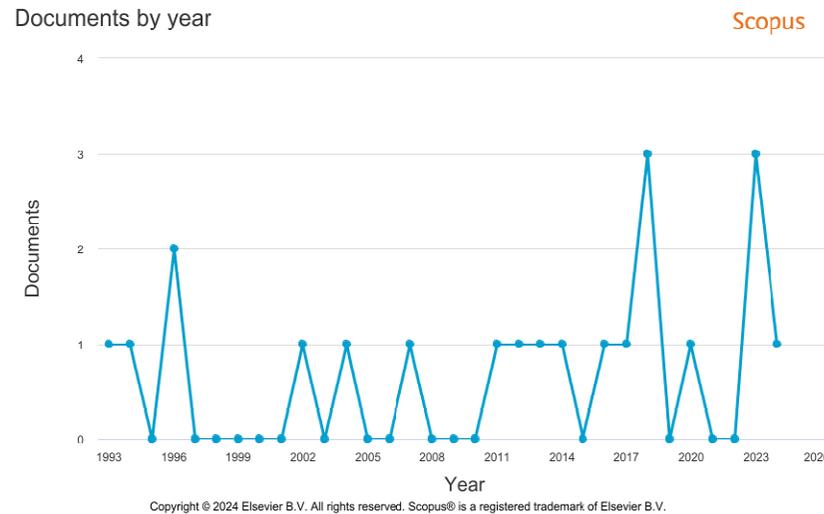


Uplift of the fault zone marked by arrows (Meghraoui M et al., 1996 a)

Earthquake-induced flood

Bibliographic analysis on Scopus reveal that only 21 documents match this subject:

Earthquake AND induced flood OR flooding



Multidisciplinary Approach?



Spatial analysis

Geographic Information System,
Remote Sensing (RS)



Field verification

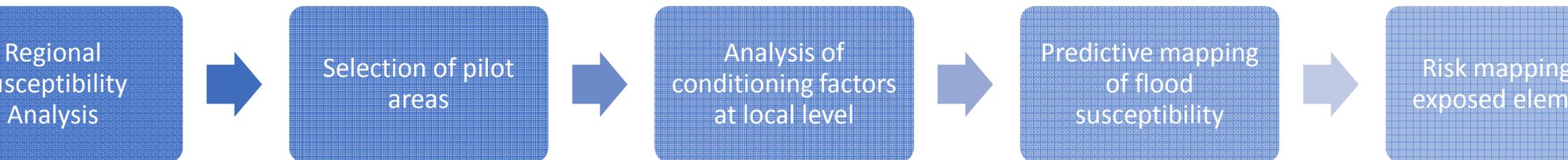
Geology, Geophysics,
Geomorphology



Predictive mapping

Statistical model,
Machine Learning Model

Proposed methodology



Study area

ma region:

iddle Seybouse sub-watershed

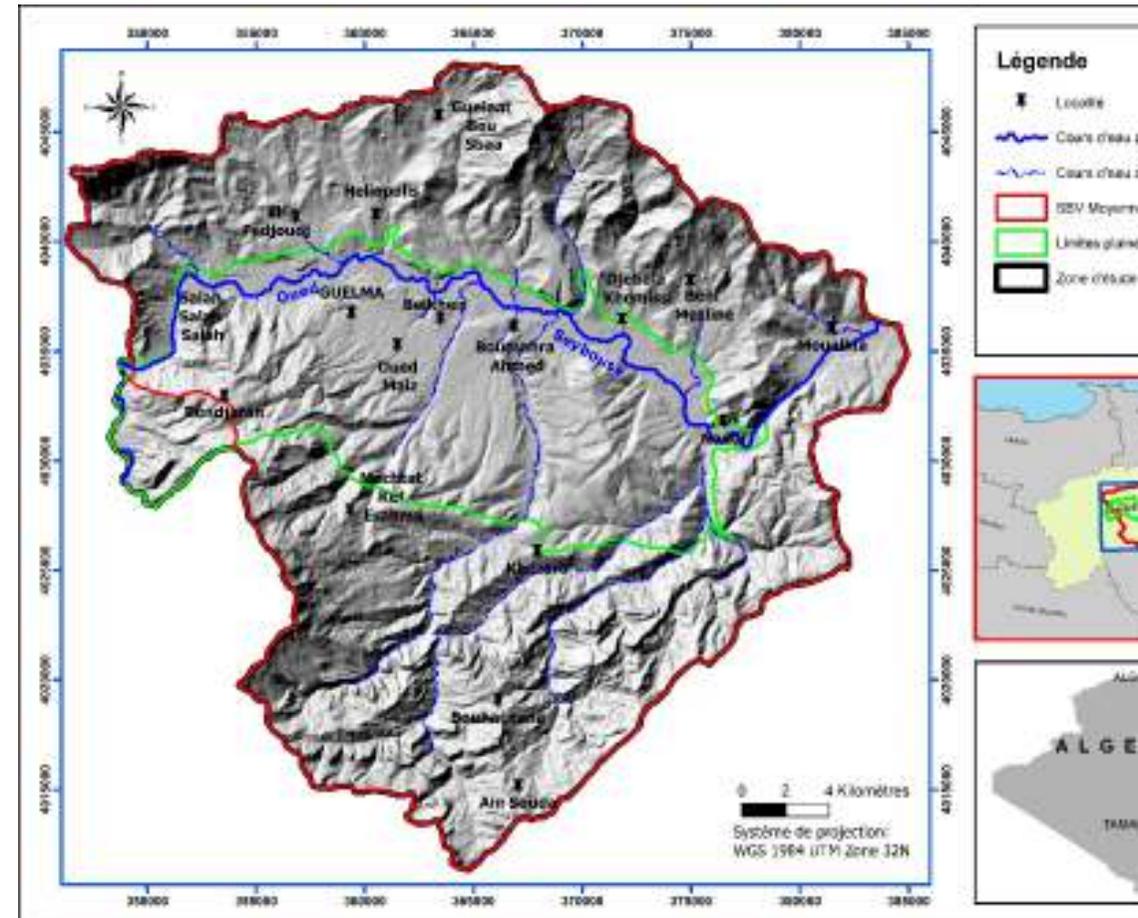
ea 841,5 km²

itude ranges from 90 to 1390 m above the
ean sea level with an average of 464 m

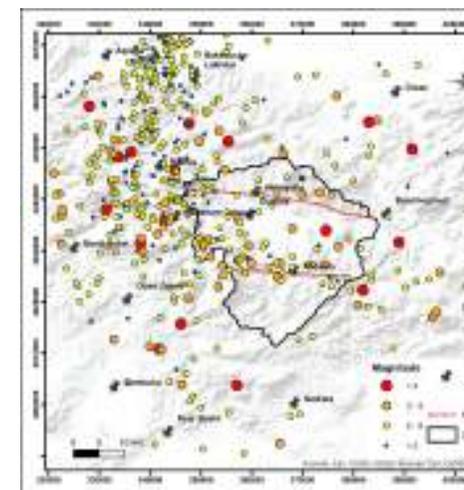
annual rainfall : ~ 500 and 650 mm.

stream dam (9 km from sub-watershed
trance)

ults that have generated earthquakes

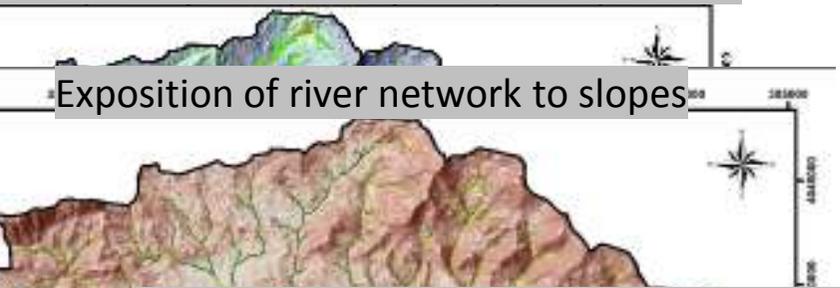


Bouhamdane dam



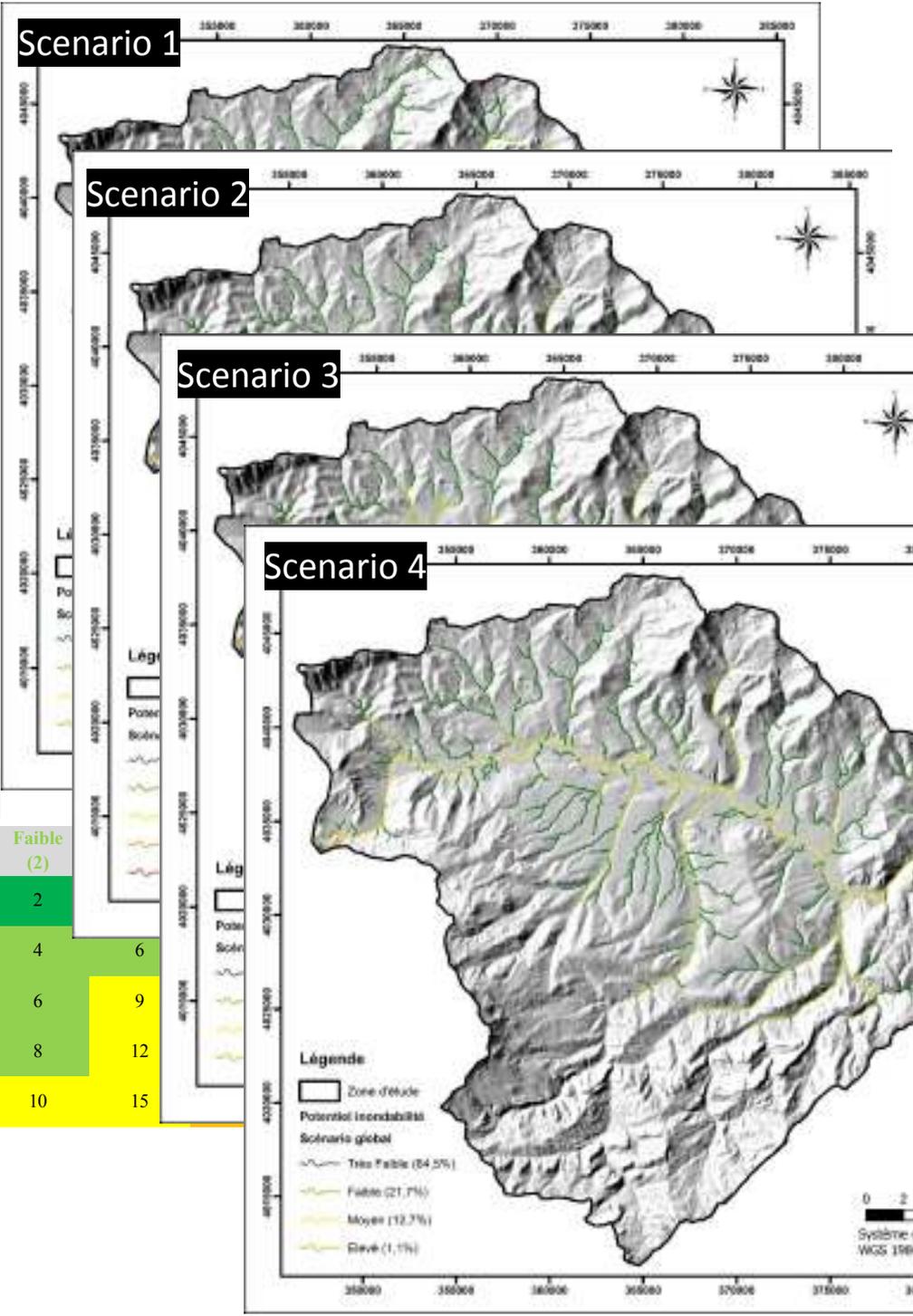
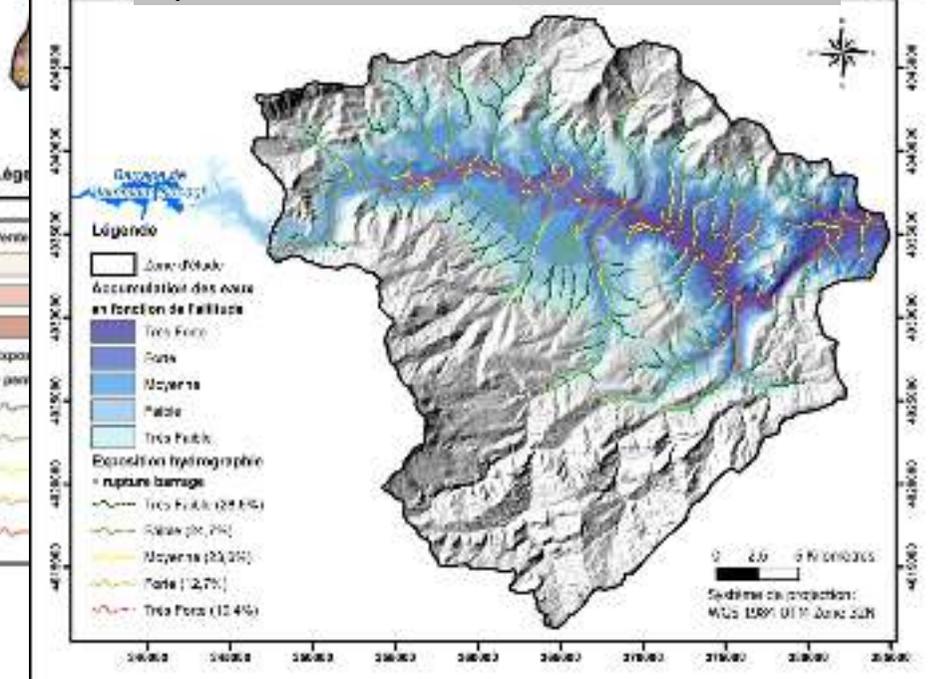
Regional analysis

Impact of river network to faults and lineaments



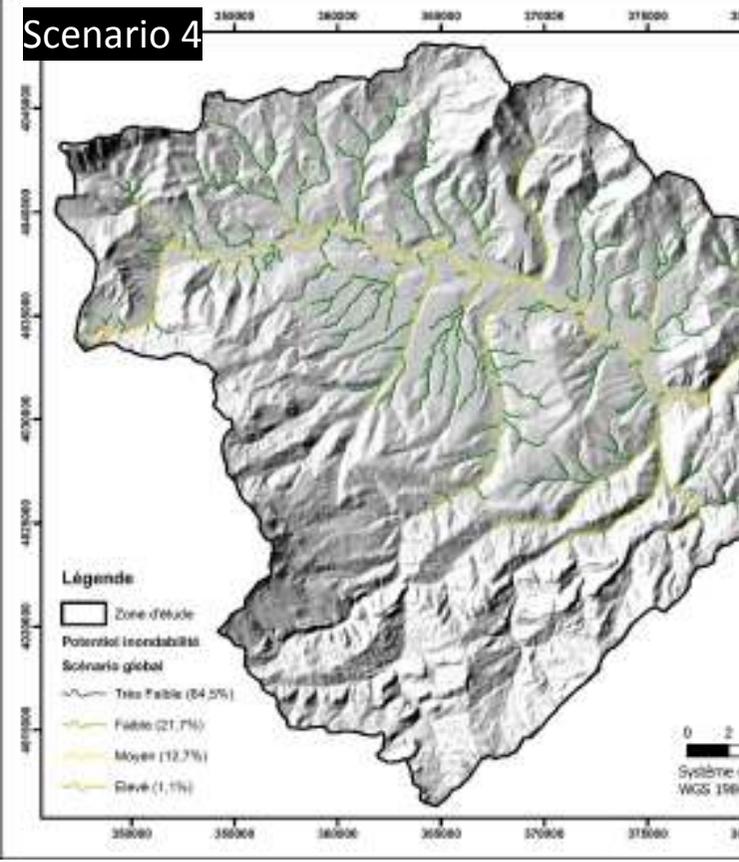
Exposition of river network to slopes

Exposition of river network to dam break



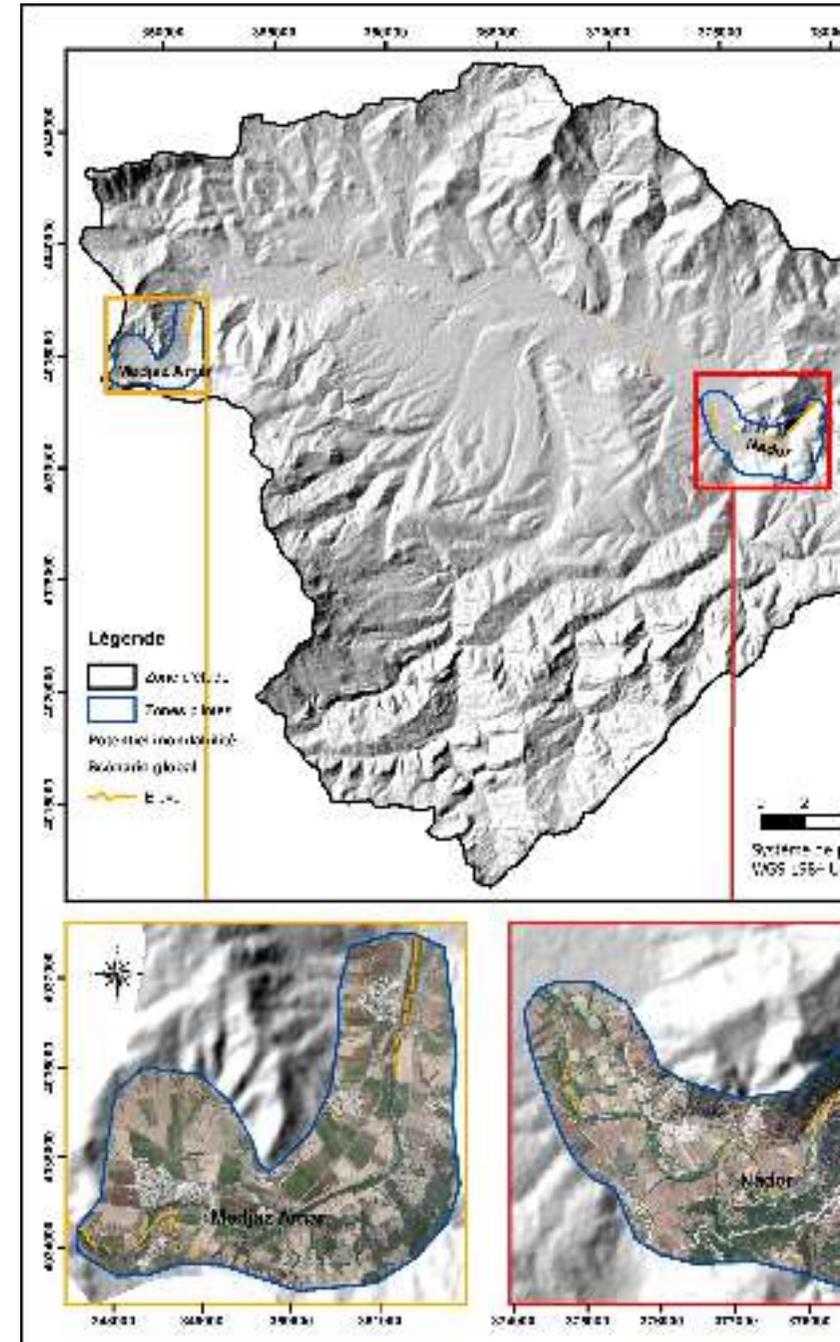
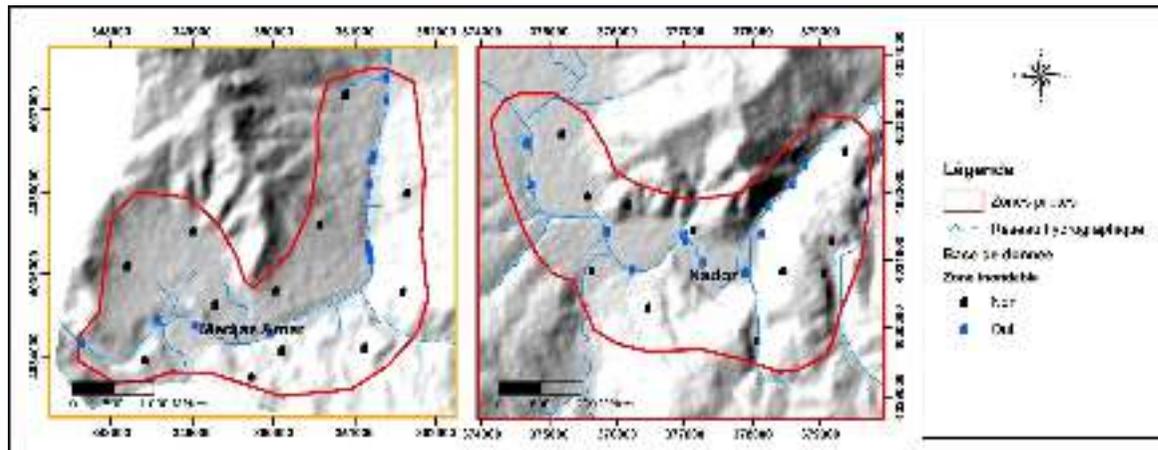
Decision matrix

Degrés d'exposition	Très faible (1)	Faible (2)
Très faible (1)	1	2
Faible (2)	2	4
Moyenne (3)	3	6
Forte (4)	4	8
Très forte (5)	5	10



Selection of pilot areas

- Based on the scenario 4 →



Conditioning factors at local level

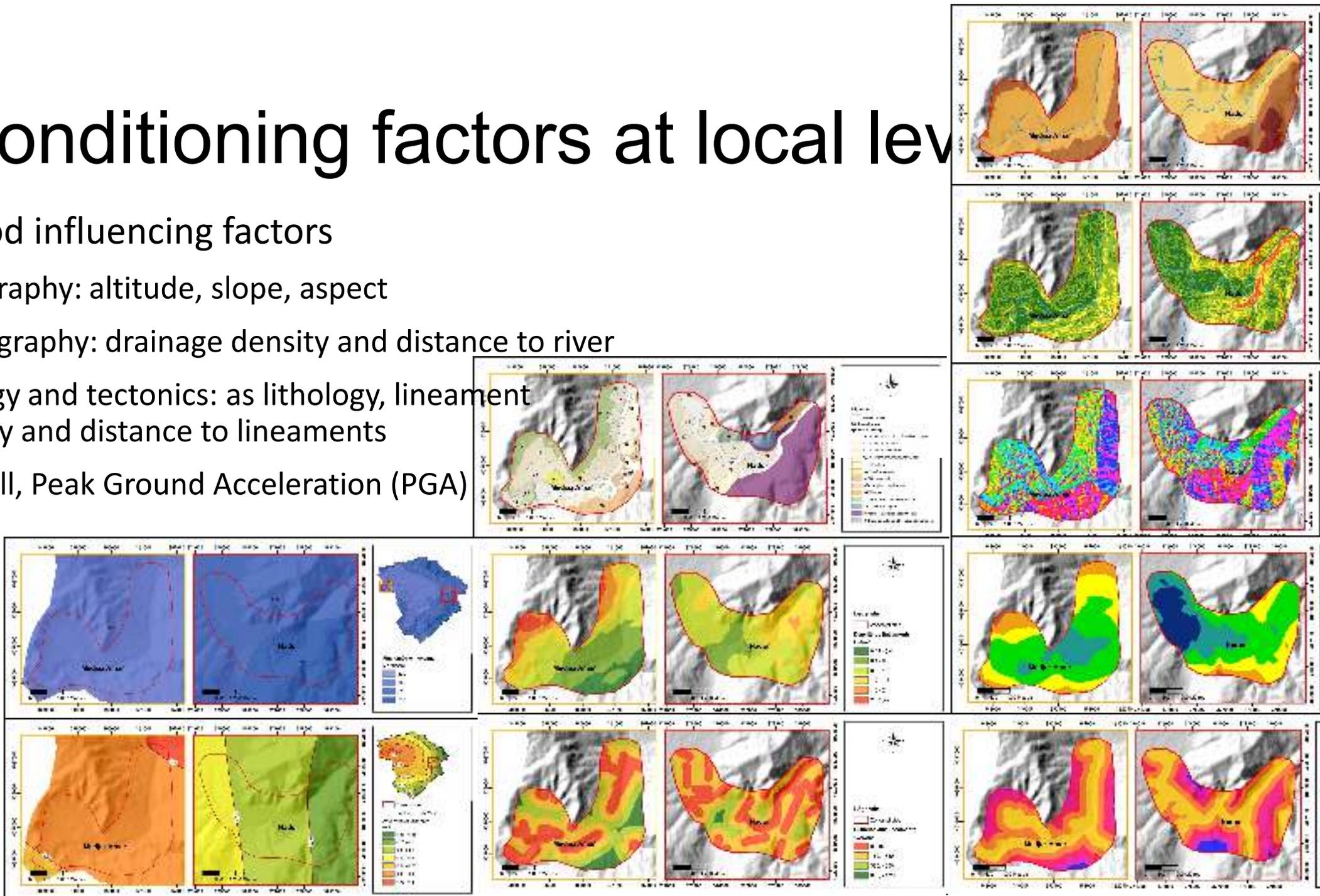
0 Flood influencing factors

Topography: altitude, slope, aspect

Hydrography: drainage density and distance to river

Geology and tectonics: as lithology, lineament density and distance to lineaments

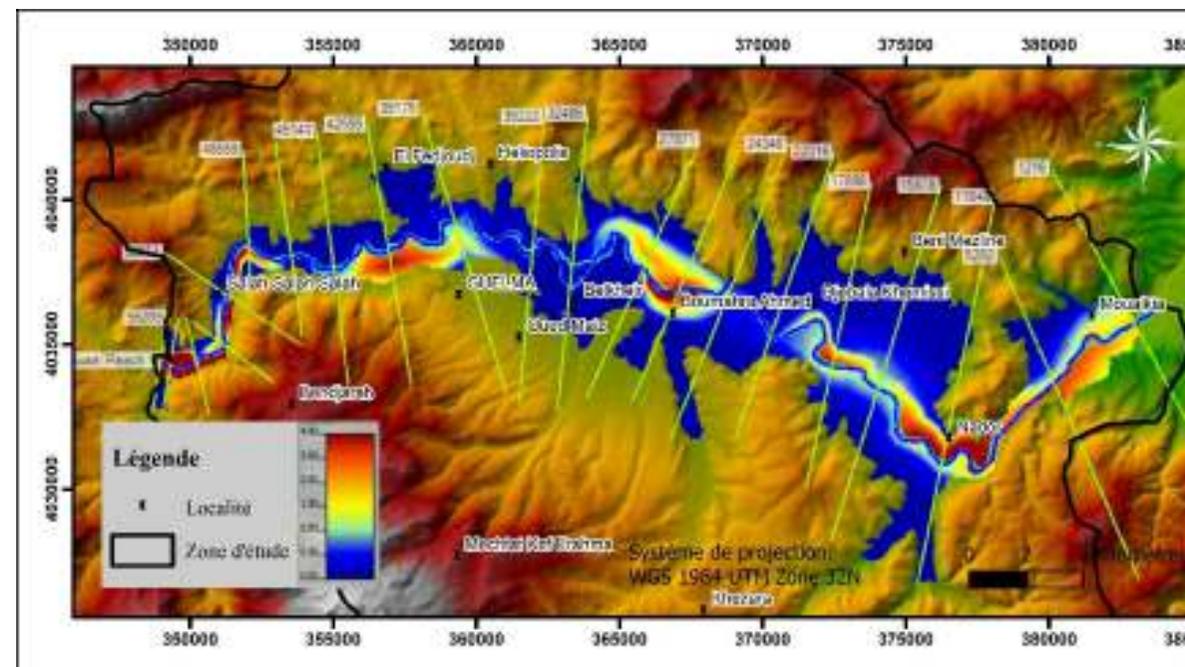
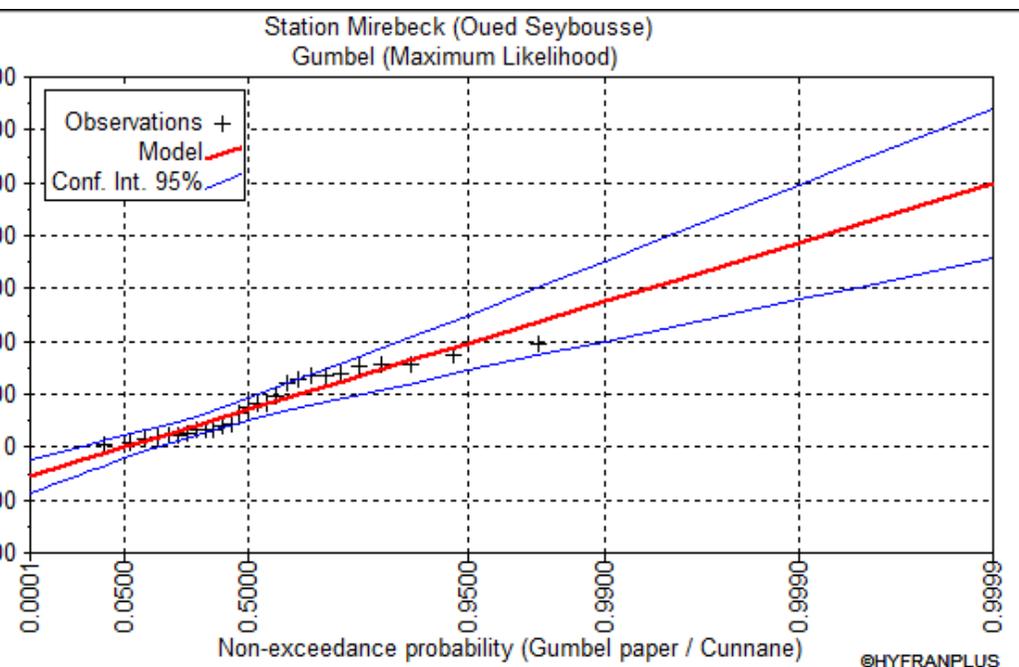
Rainfall, Peak Ground Acceleration (PGA)





Hydrologic and Hydraulic models

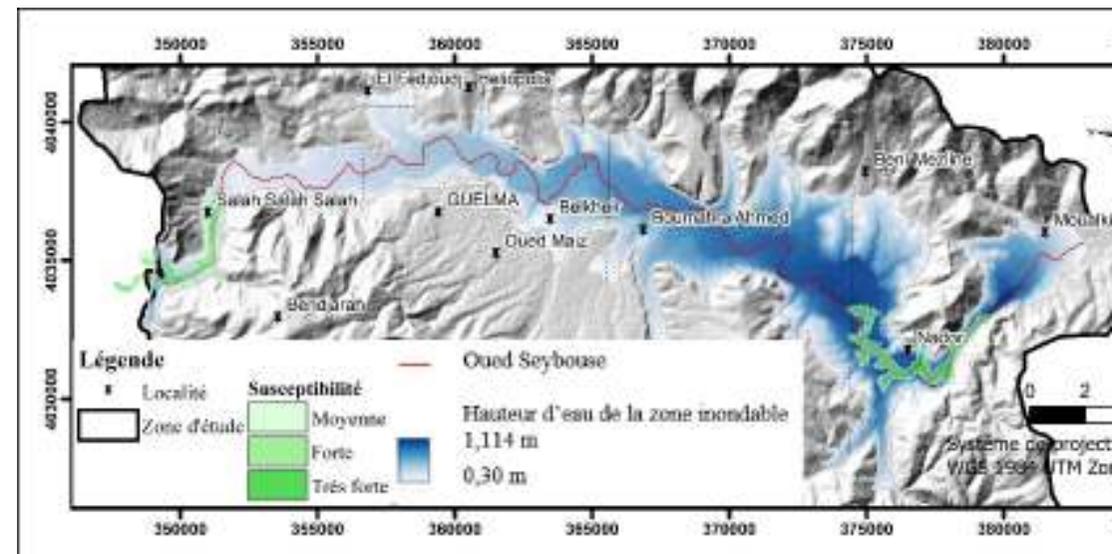
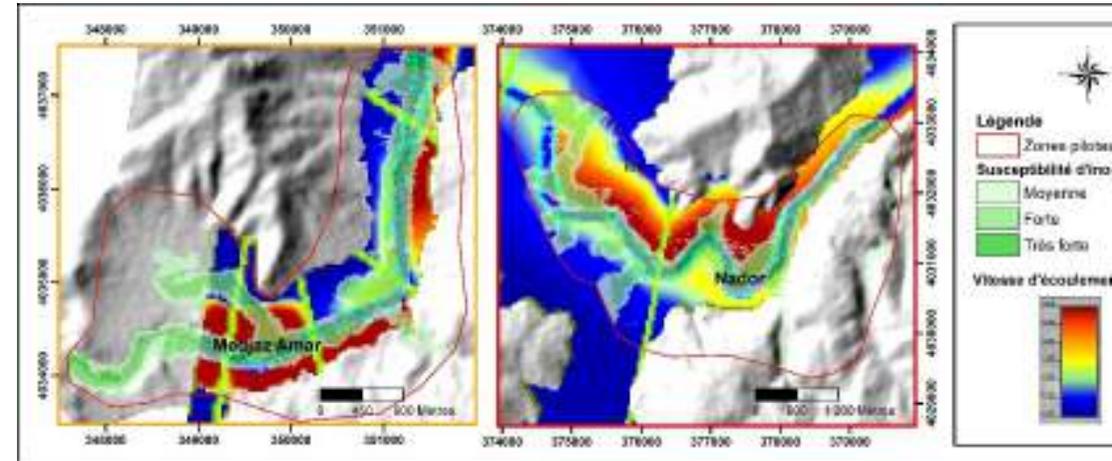
- Calculation of the peak discharge for 100 years return period
- Run a HEC-RAS model → flood plain delineation
- Maximum velocity in the pilot zones



Comparison and validation

Superposition des résultats de susceptibilité sur la carte des plaines inondables obtenue par HEC-RAS

→ Une susceptibilité moyenne à très élevée aux inondations induites par les tremblements de terre se produit dans les zones où la vitesse et la hauteur d'eau sont maximales.



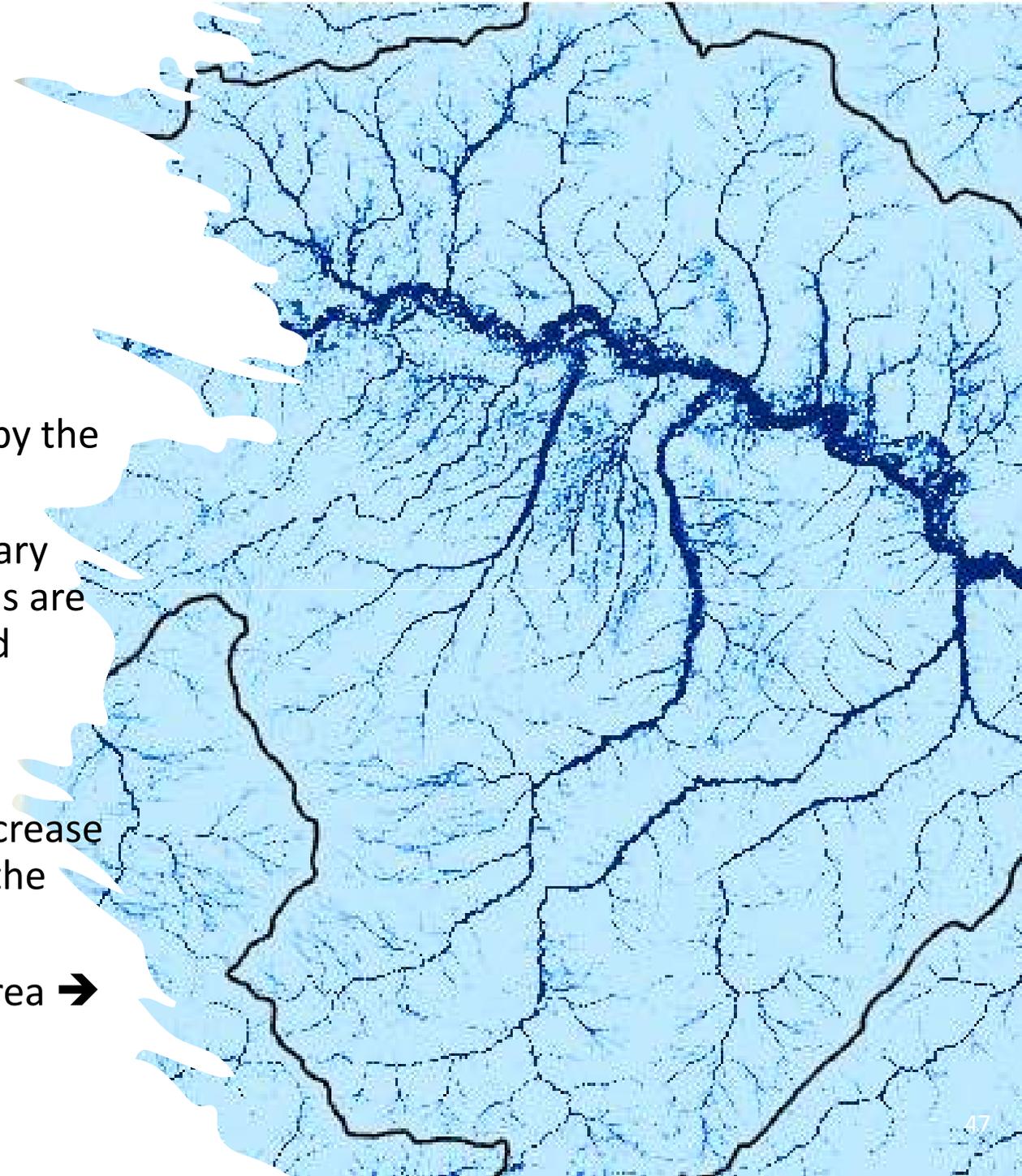
Conclusion /perspectives

Earthquake-induced floods are not well known by the scientific community,

The results obtained from using a multidisciplinary approach to mapping earthquake-induced floods are comparable to those of a 100-year return period hydrological flood.

Apply the knowledge acquired in IHE Delft to increase the quality of assessment of flood triggered by the seismic activity

FastFlood model applied quickly in the study area →



6 Apport de la formation

renforcement des capacités de gestion des risques

§ Compréhension approfondie des risques d'inondations (pluviales, fluviales, marines) et d'érosion côtière.

§ Utilisation de modèles de simulation pour prévoir et atténuer les impacts sur les infrastructures urbaines et côtières.

§ Contribution à la cartographie des zones inondables.

mélioration des pratiques de conception et de construction

§ Optimisation des infrastructures : Planification des réseaux hydrauliques urbains pour gérer efficacement les eaux pluviales et maîtriser leur réutilisation ou leur drainage.

protection des populations et des investissements

§ Réduction des pertes économiques liées aux dégâts causés par les inondations.

§ Sécurisation des habitations et des infrastructures essentielles (routes, ponts, réseaux).

6 Apport de la formation

Amélioration et valorisation des connaissances locales

§ Renforcement des compétences des ingénieurs et des étudiants pour une gestion proactive et adaptée aux spécificités régionales.

Appartenance au réseau Alumni de l'IHE Delft

§ Maintien du contact avec un large réseau de spécialistes et de décideurs dans le domaine de la gestion de l'eau.

§ Opportunités de collaboration sur des projets et échanges d'expériences pour enrichir les pratiques locales.

zoom



Honjour Massinissa BRAHIM,

Merci de vous être inscrit(e) à Hydroinformatics: the AI and Digital innovation approaches to water problems by Ioana Popescu. Vous trouverez ci après les informations sur cette réunion.

Hydroinformatics: the AI and Digital innovation approaches to water problems by Ioana Popescu

Date et heure 5 déc. 2024 11:45 AM Alger

ID de réunion 969 6025 6816

**Merci de m'avoir
prêté attention**
