



## Analyse des facteurs responsables de l'apparition des inondations et leurs impacts dans le bassin versant de l'Oued Lahdar (Haut Inaouène, Maroc)

Hamid FATTASSE<sup>1</sup>, Kamal LAHRICHI<sup>1</sup>, Marouane LAARAJ<sup>2</sup> Abdelmonaim OKACHA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université sidi Mohamed ben Abdellah, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines sais, (Laboratoire: L'espace, Histoire, Dynamique et Développement Durable), Fès, Maroc.

<sup>2</sup> Département de l'Environnement, Laboratoire GRE, Faculté des Sciences et Techniques, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, Maroc, Route d'Imouzzer, B.P. 2202, 30 000 Fès, Maroc.

<sup>3</sup> Département de Géographie, Université Cadi Ayyad, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Marrakech., Maroc.

**Résumé :** L'Oued Lahdar, situé dans la chaîne montagneuse du Rif au Maroc, appartient au bassin versant supérieur de l'Oued Inaouène. Ce bassin est régulièrement sujet à des inondations qui compromettent son équilibre environnemental et perturbent les activités humaines locales. Ces inondations résultent de facteurs naturels, tels que les précipitations abondantes et le relief escarpé, mais aussi d'interventions humaines comme la déforestation et l'urbanisation anarchique. L'étude a adopté une approche intégrée combinant l'analyse des dynamiques naturelles et anthropiques, en s'appuyant sur des outils géographiques modernes. L'examen des données de terrain a permis d'identifier les zones les plus vulnérables en analysant la répartition des précipitations et la fréquence des crues à l'aide de méthodes statistiques. Les résultats ont révélé un impact significatif des inondations de l'Oued Lahdar sur les infrastructures et les activités économiques du bassin.

**Mots-clés :** Oued Lahdar, inondations, facteurs naturels, activités humaines.

**Digital Object Identifier (DOI):** <https://doi.org/10.5281/zenodo.14780499>

### 1. Introduction

Les inondations comptent parmi les phénomènes naturels préoccupants qui affectent l'environnement et les êtres humains. Elles résultent du débordement de grandes quantités d'eau provenant de fortes pluies, provoquant le dépassement des limites naturelles des rivières et des cours d'eau. Elles sont répandues dans de nombreuses régions du monde, notamment au pied des montagnes où la pente abrupte accélère l'écoulement des eaux, et dans les plaines basses caractérisées par une capacité limitée à évacuer les excès d'eau (Dolchinkov, 2024). Les inondations se distinguent par leur fréquence élevée et leur diversité, qu'elles soient soudaines en raison de fortes précipitations, ou saisonnières, liées à des cycles naturels (Kichigina, 2021). Elles montrent une grande capacité à causer d'énormes pertes humaines et matérielles, affectant des millions de personnes chaque année par la destruction des maisons, des infrastructures, la contamination des sources d'eau, ainsi que les dommages économiques et sociaux (International Disaster Database). Comprendre les causes et les impacts des inondations est essentiel pour développer des stratégies efficaces de réduction des dégâts. Cela inclut l'amélioration des systèmes d'alerte précoce, la conception d'infrastructures capables de s'adapter aux changements climatiques, et la mise en œuvre de plans de gestion durable de l'utilisation des terres, en particulier dans les zones sujettes aux inondations (Azidane et al., 2018).

Depuis l'Antiquité, la relation entre l'homme et l'eau a été marquée par une complexité oscillant entre attirance et crainte (Lefèvre, Gout, 1993; Schneider, 2004). Cette crainte découle des graves dégâts causés par les inondations, l'une des catastrophes naturelles les plus courantes et répandues. Selon la base de données internationale des catastrophes naturelles, les inondations ont représenté environ 34 % des catastrophes mondiales entre 1990 et 2010. Les rapports des Nations Unies indiquent que plus de 339 millions de personnes ont été touchées par ce phénomène depuis le début du XXe siècle, avec une augmentation notable de l'ampleur et de la fréquence des dommages, en particulier depuis la seconde moitié du XXe siècle, en raison des changements climatiques et de l'expansion urbaine dans les zones à risque.

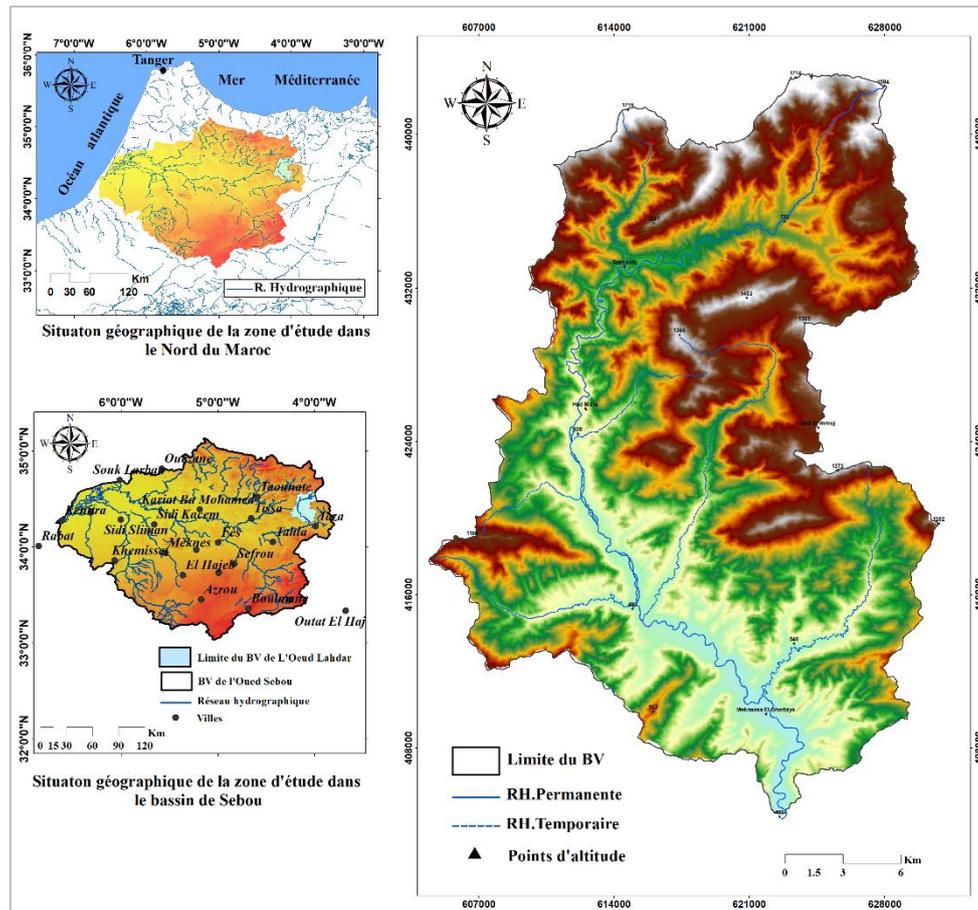
Les inondations se produisent lorsque l'eau déborde de son lit naturel, entraînant une élévation du niveau de l'eau de plusieurs mètres pendant le phénomène (Dolchinkov, 2024). Elles résultent de quantités massives d'eau qui atteignent le bassin fluvial en raison de fortes pluies ou de la fonte des neiges. Le changement climatique est un facteur clé dans l'augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes, tels que les pluies torrentielles qui provoquent des inondations soudaines et dévastatrices (Azidane et al., 2018). Les inondations hivernales se caractérisent par leur récurrence dans les mêmes endroits à des périodes spécifiques de l'année, ce qui facilite leur prévision relative (Kichigina, 2021).

Ces dernières années, les inondations sont devenues une menace sérieuse au Maroc, touchant de nombreuses villes de l'Atlas moyen, comme Sefrou, El Hajeb et Taza, ainsi que les basses plaines atlantiques, notamment Mohammedia, Settat et Berrechid (K. Obda et al., 2001 ; B. Akdim et al., 2003 ; Agence Hydraulique du Bassin de l'Oum-er-Rbia, 2002). L'impact de ces phénomènes s'est aggravé en raison de l'urbanisation incontrôlée et de la dégradation accélérée des sols et du couvert végétal. L'étude des risques naturels, tant dans les zones rurales qu'urbaines, présente des avantages indéniables. Cependant, les populations et leurs biens restent confrontés à ces menaces, qui se manifestent sous diverses formes, telles que les tremblements de terre, les volcans, les glissements de terrain et les inondations, selon les caractéristiques de chaque région. Les inondations sont parmi les catastrophes les plus dangereuses en raison des lourdes pertes humaines et économiques qu'elles entraînent, constituant un obstacle au développement et affectant négativement l'activité économique, tout en entravant la mise en œuvre de programmes et de projets visant à réaliser un développement territorial durable.

Pour mettre en lumière le phénomène des inondations et ses impacts, cette recherche s'est concentrée sur l'étude du bassin versant de l'Oued Lahdar, une zone sujette à des inondations importantes, comme celles observées ces dernières années. L'étude de ce bassin met en évidence son importance dans la compréhension des causes des inondations et de leurs effets sur la région environnante.

Le bassin de l'Oued Lahdar est situé à l'avant des montagnes du Rif oriental, au nord de la ville de Taza, et relève administrativement de la région de Fès-Meknès. Il s'étend sur une superficie d'environ 610 kilomètres carrés (figure 1) et englobe le territoire de sept communes rurales : Taineste, Beni Ftah, El Gouzate, Had Msila, Taifa, Larbaâ Beni Lent, et Meknassa El Gharbiya. Ce bassin est l'un des affluents importants de l'Oued Inaouène, ce qui en fait une zone hydrologique et géographique stratégique.

Le bassin de l'Oued Lahdar se caractérise par un relief varié, ce qui accroît la probabilité des inondations. Les facteurs climatiques et hydrologiques, combinés à l'activité humaine, aggravent le problème des inondations dans cette région. Par conséquent, l'étude de ce bassin constitue une opportunité pour comprendre la dynamique des inondations et rechercher des solutions efficaces afin de réduire leurs effets négatifs sur les populations et les infrastructures.



**Figure 1 :** Situation du bassin versant de l'Oued Lahdar

Le bassin de l'oued Lahdar est continuellement exposé au risque d'inondations, caractérisées par une élévation du niveau de l'eau dans un cours d'eau ou son débordement de son lit naturel. Ce phénomène constitue l'un des principaux problèmes auxquels la population du bassin est confrontée, causant des dommages importants qui affectent les activités économiques, les infrastructures, et même la stabilité sociale des habitants. Il est donc essentiel de comprendre ce phénomène en le décrivant et en analysant ses causes ainsi que les facteurs qui en aggravent l'intensité.

Les études, ainsi que les récits oraux recueillis lors de la recherche sur le terrain, indiquent que le bassin de l'oued Lahdar a connu plusieurs inondations majeures au fil des années. Parmi les plus importantes figurent celles survenues en 1996, 2001, 2003, 2009 et 2010, qui ont causé des pertes considérables en biens et en infrastructures. L'inondation du 21 janvier 2010 est considérée comme l'une des catastrophes les plus graves que le bassin ait connues ces dernières décennies. Cet événement exceptionnel, par sa puissance et son impact négatif sur la région, a inondé de vastes étendues de terres agricoles, détruit plusieurs installations publiques et privées, et forcé certaines familles à quitter leurs habitations en raison de la montée des eaux.

Cette problématique souligne l'urgence de comprendre les dynamiques des inondations dans le bassin de l'oued Lahdar afin de développer des stratégies préventives visant à réduire leurs impacts. Cela inclut l'amélioration des systèmes de drainage, la sensibilisation des populations aux risques, et l'adoption d'une planification urbaine durable qui tienne compte de la nature et du relief du bassin.

## 2. Méthodologie et outils utilisés

L'oued Lahdar est l'un des bassins hydrologiques importants, caractérisé par la récurrence du phénomène des inondations, ce qui en fait un modèle idéal pour étudier l'impact de ce phénomène sur les aspects

environnementaux, sociaux et économiques. Pour comprendre les répercussions des inondations dans ce bassin, l'étude a adopté une méthodologie globale combinant l'analyse naturelle et humaine, en utilisant des outils et techniques géographiques modernes.

Au départ, le cadre spatial de l'étude a été défini, englobant le bassin de l'oued Lahdar qui s'étend sur des zones aux reliefs variés, avec des populations réparties entre des agglomérations situées sur les rives des cours d'eau et d'autres sur les pentes. Quant au cadre temporel, il s'est concentré sur une période de plusieurs décennies, englobant les événements majeurs, y compris les inondations de novembre 2010, qui ont été parmi les plus sévères à avoir affecté la région.

Les données ont été collectées à partir de sources variées, comprenant des informations naturelles et humaines. Les données naturelles incluent l'analyse des taux de précipitations quotidiennes et mensuelles, basées sur les enregistrements de plusieurs stations situées dans le bassin, ainsi que l'étude des caractéristiques du sol, du couvert végétal et de la pente du relief dans la région. Concernant les données humaines, elles couvrent la répartition de la population, les infrastructures telles que les routes et les ponts, ainsi que l'impact des inondations sur l'activité économique et les pertes enregistrées.

Afin d'obtenir une compréhension approfondie des répercussions des inondations dans le bassin de l'oued Lahdar, diverses outils géographiques et techniques ont été utilisés pour analyser le phénomène avec précision et efficacité. Ces outils ont combiné des techniques traditionnelles et modernes afin de garantir une analyse globale et détaillée.

### **2.1. Données climatiques et hydrologiques**

Les données sur les précipitations et l'écoulement de surface ont été collectées à partir des registres de stations situées à l'intérieur du bassin et dans les zones avoisinantes. Ces données ont été utilisées pour analyser la répartition temporelle et spatiale des précipitations et leur contribution à la formation des inondations. Des archives historiques des inondations ont également été consultées pour identifier les principaux événements de crue qui ont affecté la région.

### **2.2. Systèmes d'information géographique (SIG)**

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) ont été utilisés comme outil principal pour la cartographie et l'analyse. Leur rôle s'est manifesté par la création de cartes topographiques et de cartes d'utilisation des sols. Cette technologie a également permis d'analyser la relation entre la répartition spatiale des populations et des infrastructures et les zones à risque.

### **2.3. Images aériennes et télédétection**

Les images satellites ont été exploitées pour analyser l'évolution de l'utilisation des sols et du couvert végétal dans le bassin au fil des années d'étude. Cette approche a permis d'évaluer l'impact des activités humaines sur l'aggravation des inondations, telles que la déforestation et l'expansion urbaine non contrôlée.

### **2.4. Travail sur le terrain**

Le travail de terrain a été un outil essentiel pour comprendre le problème des inondations dans le bassin de l'oued Lahdar, en se concentrant sur l'étude des caractéristiques naturelles et humaines qui ont contribué à l'aggravation de ce phénomène. L'analyse a porté sur la topographie, les pentes des versants, ainsi que la qualité des sols et le degré de couverture végétale. Dans le cadre de cette étude, des données climatiques, notamment celles relatives aux précipitations, ont été collectées pour déterminer leur relation avec le ruissellement. Des informations qualitatives ont également été recueillies auprès des habitants locaux à travers des interviews et des questionnaires, afin d'évaluer l'impact des inondations sur leur vie quotidienne et les activités économiques de la région. Ces témoignages ont également permis de documenter des événements de crues historiques non enregistrés dans les données officielles.

Ces outils combinés ont permis de fournir une vision globale des répercussions des inondations dans le bassin de l'oued Lahdar, et ont contribué à formuler des recommandations pratiques pour atténuer les effets de ce phénomène.

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1. Facteurs responsables de l'apparition des inondations

##### 3.1.1. Rôle des facteurs naturels dans la formation des inondations

La compréhension du phénomène des inondations et de ses effets sur le système écologique et social est liée à la prise en compte des caractéristiques naturelles qui jouent un rôle crucial dans l'explication des différentes activités et dynamiques spatiales. L'inventaire de ces caractéristiques constitue une base essentielle pour comprendre le phénomène des inondations. Ainsi, l'attention portée à l'aspect naturel est indispensable pour répondre à la problématique des inondations dans le bassin de l'oued Lahdar.

##### 3.1.1.1. Les variations climatiques et leur rôle dans la formation des inondations

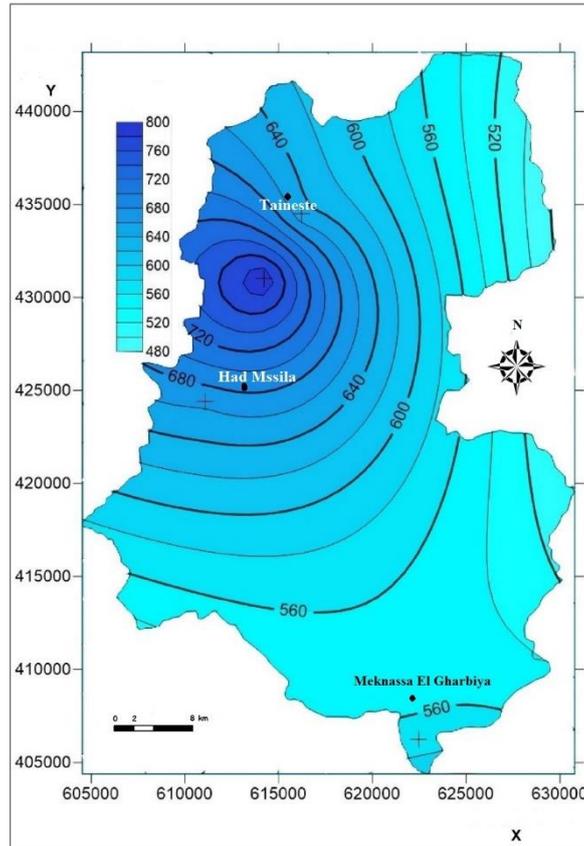
Les caractéristiques climatiques jouent un rôle clé dans le comportement hydrologique des cours d'eau. Pour comprendre comment elles influencent le régime de ruissellement et, par conséquent, les inondations, il est essentiel d'étudier les variations spatiales et temporelles des éléments climatiques. Parmi ces éléments, les précipitations, qui constituent la matière première du système hydrologique, sont primordiales. La température joue également un rôle important dans le processus d'évaporation, le séchage des surfaces et la dégradation des éléments du sol, ce qui facilite le ruissellement.

Le climat de la région est de type semi-aride, caractérisé par l'irrégularité des précipitations d'une année à l'autre. Ce climat est dû à la présence des montagnes du Rif et du Moyen Atlas qui forment une barrière face aux influences maritimes d'origine méditerranéenne et atlantique. Pour établir une carte des précipitations du bassin étudié, les données fournies dans le tableau n°1 ont été utilisées, comprenant les valeurs enregistrées dans plusieurs stations de mesure situées à l'intérieur et à l'extérieur du bassin.

**Tableau 1 :** Coordonnées et précipitations annuelles de quelques stations proches du bassin

Station	Période	Coordonnées			Précipitations		
		X (km)	Y (km)	Z (km)	Minimum	Moyenne	Maximum
Oued Amlil	1978/2018	603	399,2	300	191,2	478,07	1027,5
Taza	1931/2022	626,19	404,58	458	274,7	589,12	1044,6
Bab El Mourj	1953/1999	624,2	425	1060	512	722	1367
Bab Echehoub	1992/2019	222,47	406,25	410	247	597,61	1151
Bab Marzouka	1970/2019	615,84	400,84	365	300	562,58	987
Taineste	1973/2020	616,2	439,6	1250	294,06	942,18	1098,05
Marticha	1962/1990	613,89	428,15	700	387,7	783,89	1165,5
Bab El Khemis	1973/2002	604,64	438,76	1210	518,3	724,5	907,7
Al Qaifan	1973/2019	641,64	432,44	800	116,1	301,4	433,4
Had Msila	1970/2019	610,9	425,1	600	289,3	900,27	1000
Ain Bouqelal	1977/2009	635,3	417,6	550	263	619	975

Cette méthode a été utilisée en raison de sa pertinence pour les zones montagneuses. En s'appuyant sur la carte des isohyètes, nous avons pu clarifier les principales lignes de distribution des précipitations dans le bassin de l'oued Lahdar, comme le montre la figure suivante.



**Figure 2 :** Répartition des précipitations annuelles dans le bassin de l'Oued Lahdar

L'analyse des données de précipitations a révélé une variation marquée dans la répartition des pluies au cours des périodes biannuelles, avec des stations telles que Taineste, Had Msila et Bab Echouhoub montrant des écarts notables entre les périodes de sécheresse et les périodes de crue. La station de Taineste a enregistré la valeur la plus élevée des précipitations avec 1200 mm pendant l'année 2003/2004, tandis que la valeur la plus faible était de 300 mm en 1985/1986. Cette variabilité des précipitations affecte le système hydrologique, car les inondations augmentent après des périodes de sécheresse en raison de la faiblesse du couvert végétal et de la facilité du ruissellement, entraînant la dégradation des sols, la migration des populations et accroissant la vulnérabilité du bassin aux risques environnementaux et naturels.

### 3.1.1.2. Le rôle de la température dans la préparation de la surface

La température est l'un des facteurs principaux dans la dynamique de la surface, car l'écart thermique à un impact considérable sur la région, en particulier avec la dégradation du couvert végétal naturel et la présence de roches argileuses qui sont rapidement affectées par les facteurs de dessèchement. Étant donné l'absence de stations pour mesurer la température à l'intérieur du bassin, nous avons utilisé les données de la station de Taza.

La zone étudiée connaît une variation thermique notable tout au long de l'année, avec deux saisons principales : une saison froide et humide. L'amplitude thermique élevée a un impact majeur sur le sol, en provoquant sa dégradation, ce qui favorise le ruissellement lorsque les premières pluies d'automne tombent. Cela entraîne l'érosion du sol et augmente le volume du ruissellement.

### 3.1.1.3. Le facteur topographique

Les facteurs topographiques et morphologiques jouent un rôle crucial dans la formation des inondations dans le bassin de l'Oued Lahdar, car la topographie du bassin et son réseau hydrographique dense influence le mouvement de l'eau et le ruissellement. Le bassin présente un caractère montagneux fragmenté, avec des gradients d'altitude

allant de 1710 mètres au sommet le plus élevé à 400 mètres pour le point le plus bas, ce qui entraîne une variation dans le drainage des eaux.

#### **Les altitudes**

- Les zones élevées (au-dessus de 1200 mètres) agissent comme des barrières, favorisant les précipitations et augmentant l'intensité du ruissellement.
- Les zones basses (en dessous de 800 mètres), caractérisées par une forte densité de population, sont les plus vulnérables aux inondations car elles constituent la zone d'expansion des cours d'eau.

#### **Exposition des versants**

- Les pentes nord et nord-ouest bénéficient d'une humidité élevée et d'une couverture végétale dense, ce qui limite le ruissellement.
- Les pentes sud et est sont plus exposées au soleil, ce qui conduit à une couverture végétale plus faible et à une augmentation du ruissellement superficiel.

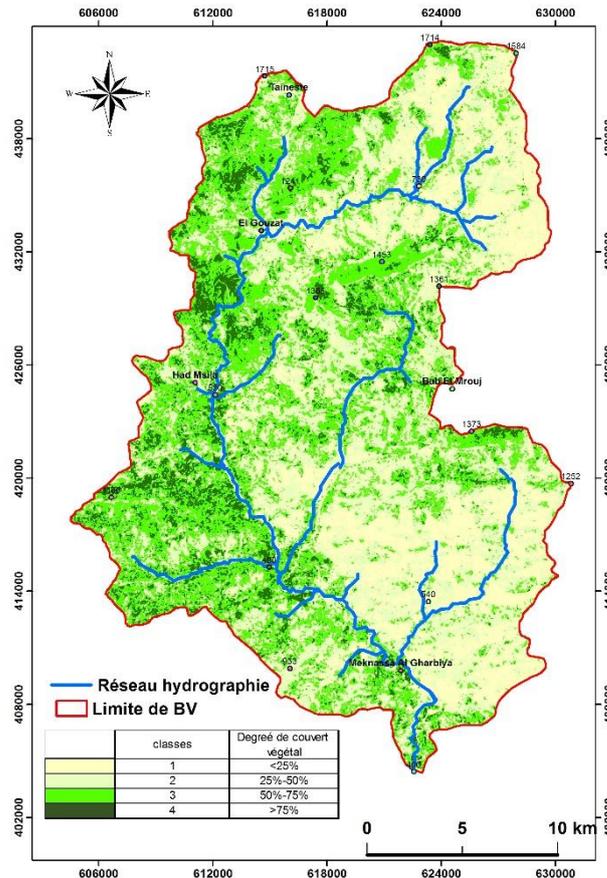
#### **Les pentes**

- Les pentes fortes (10-20 degrés) et très fortes (plus de 20 degrés) représentent 65% de la superficie du bassin, contribuant de manière significative à la rapidité de l'accumulation d'eau et à l'intensification de l'énergie du ruissellement.
- Les pentes faibles et modérées agissent comme des zones de dépôt des matériaux, mais elles sont susceptibles d'être érodées pendant les épisodes de ruissellement intense.

La grande variation des altitudes et des pentes, combinée à l'orientation différente des versants, entraîne une intensification du ruissellement, en particulier dans les zones basses et près des cours d'eau. Cela rend le bassin vulnérable à des inondations fréquentes, entraînant des pertes matérielles et humaines, tout en soulignant le rôle des mouvements géologiques historiques qui ont contribué à façonner cette diversité topographique.

#### **3.1.1.4. Le rôle de la couverture végétale dans la direction du ruissellement de surface**

Le couvert végétal joue un rôle essentiel dans la réduction des risques d'inondation au sein du bassin de l'Oued Lahdar, en contribuant à la cohésion des sols et à la réduction de la vitesse du ruissellement. Cependant, la dégradation du couvert végétal dans la plupart des zones du bassin augmente la vulnérabilité de la région aux inondations. Afin de mieux comprendre l'importance du couvert végétal dans le bassin de l'Oued Lahdar et son impact sur le ruissellement superficiel, une carte a été réalisée (Fig.3).



**Figure 3 :** Répartition de la couverture végétale à l'intérieur du bassin

D'après la carte et l'analyse de ses données, il apparaît que le couvert végétal du bassin de l'Oued Lahdar présente une grande diversité en termes de degrés de couverture. Les zones à couverture végétale bonne, représentant 17 % de la superficie totale, sont concentrées principalement dans les zones forestières et boisées de la partie haute du bassin, offrant ainsi une protection importante pour le sol. En revanche, les zones à couverture partielle, qui représentent 18 % du bassin, incluent les terres cultivées en culture maraîchère, mais restent insuffisantes pour prévenir efficacement le ruissellement.

Par contre, les zones à couverture végétale insuffisante représentent la majeure partie, soit environ 64 %, et comprennent les terres utilisées pour le pâturage et l'agriculture sèche, laissant le sol nu pendant de longues périodes, exposé à l'érosion et au ruissellement. Cette dégradation du couvert végétal est due à plusieurs facteurs, dont le climat, où les précipitations sont concentrées sur des périodes spécifiques, entraînant un ruissellement rapide et puissant sur des sols non protégés.

De plus, l'intervention humaine, à travers le pâturage excessif et l'expansion agricole, a conduit à l'empiétement des activités agricoles sur les zones forestières, en particulier au centre et dans les parties basses du bassin. La nature géologique du bassin, dominée par des roches argileuses et marseuses à faible perméabilité, renforce le ruissellement au lieu de favoriser l'infiltration des eaux.

En raison de ces facteurs, le bassin de l'Oued Lahdar est de plus en plus vulnérable aux inondations, car la réduction du couvert végétal et la faible protection naturelle du sol entraînent une augmentation du ruissellement, particulièrement lors des périodes de fortes pluies concentrées. Ces conditions aggravent la fréquence et l'intensité des inondations, entraînant d'importants dégâts matériels et humains dans la région.

### 3.1.2. Les caractéristiques humaines et leur rôle dans l'aggravation du phénomène des inondations

Les inondations dans le bassin de l'Oued Lahdar sont influencées non seulement par des facteurs naturels, mais aussi par l'intervention humaine, qui a joué un rôle majeur dans l'émergence de ce phénomène. L'homme a commencé à s'installer dans la région depuis l'Antiquité en raison de sa position stratégique, ce qui a conduit à l'exploitation de la terre et à l'expansion humaine au détriment de la nature. Au cours de différentes périodes historiques telles que les règnes des Almoravides, des Almohades et des Mérinides, la région a connu une croissance démographique et une expansion de l'exploitation des terres au détriment des forêts. Au début du XXe siècle, les structures traditionnelles des campagnes marocaines se sont effondrées, ce qui a conduit à l'expansion de l'exploitation agricole au détriment des forêts. Pendant la période coloniale, les colons ont contrôlé les terres fertiles des basses terres, poussant les populations locales à s'étendre dans les hauteurs au détriment des forêts. Après l'indépendance, l'expansion agricole a augmenté, et l'absence de mise en œuvre de la rotation des cultures et le manque de repos des terres ont entraîné un déséquilibre entre l'exploitation et les ressources naturelles. Pour étudier ces caractéristiques et leur impact sur l'utilisation des terres, nous avons utilisé les données disponibles des communes du bassin et avons créé une carte des formes d'exploitation des terres dans le bassin (figure 4).

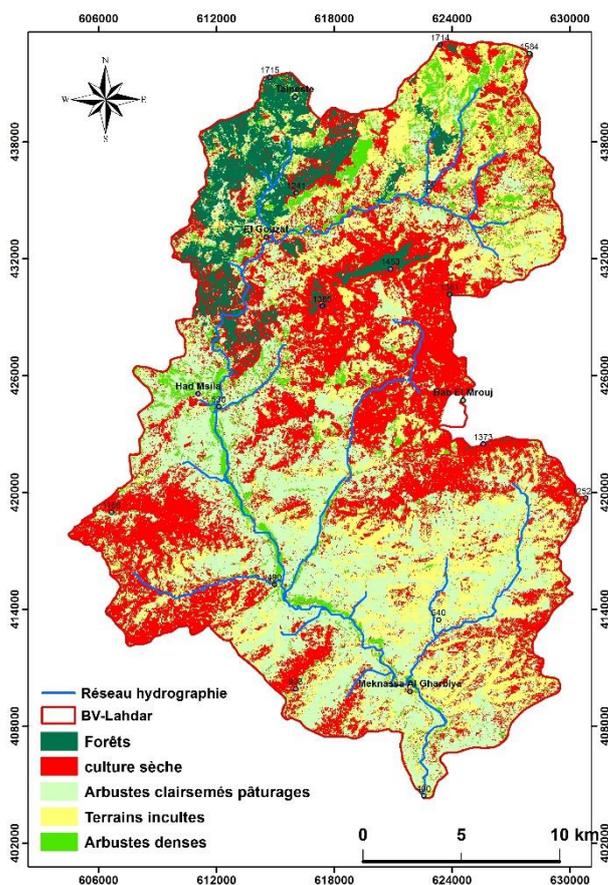


Figure 4 : Modes d'exploitation des sols dans le bassin

Pour comprendre les données de cette carte, il est essentiel d'étudier l'évolution de la population dans la région, qui a connu des périodes de croissance variées. Avant 1994, la région a enregistré une augmentation de la population, tandis qu'après 1994, une baisse du nombre et de la densité de la population a été observée. Les modes d'exploitation des terres dans le bassin de l'Oued Lahdar se caractérisent par une domination des cultures annuelles sur les terres cultivables, ainsi que par une pratique excessive du pâturage, augmentant les risques d'inondation en réduisant la capacité du sol à absorber l'eau.

Les activités d'élevage et la pression sur les terres de pâturage accélèrent le ruissellement, car la densité du troupeau et le piétinement du sol contribuent à aggraver le phénomène des inondations. De plus, les méthodes

agricoles entraînent la dégradation de la structure du sol, car les terres laissées en jachère pendant de longues périodes perdent leur capacité à absorber l'eau, augmentant ainsi le ruissellement.

Dans l'ensemble, il est évident que l'homme a joué un rôle majeur dans l'augmentation du risque d'inondations dans la région, en exploitant de manière excessive les ressources naturelles et en élargissant les activités agricoles et pastorales au détriment des forêts, ce qui a négativement affecté la capacité du sol à retenir l'eau et à ralentir le ruissellement.

### 3.2. Les impacts des inondations au sein du bassin versant

Les inondations causent des dégâts économiques et sociaux importants, avec de vastes superficies agricoles perdues, des récoltes détruites, des vies humaines perdues parmi les habitants et des infrastructures endommagées ou détruites.

#### 3.2.1. Les impacts sur le secteur agricole

Les terres agricoles dans le bassin sont particulièrement vulnérables aux risques d'inondations, et ces impacts sont exacerbés par des interventions humaines inappropriées dans l'agriculture. Parmi ces interventions figurent les méthodes de labour et l'expansion des terres agricoles sur des zones forestières. L'inondation de ces terres entraîne la réduction de l'épaisseur de la couche agricole, ainsi qu'une diminution des éléments minéraux et des matières organiques, en raison du déplacement des particules fines composant le sol, principalement l'argile et le limon. Cela entraîne un changement dans les propriétés physiques et chimiques du sol, le rendant plus fragile et moins cohérent, ce qui réduit sa fertilité et diminue les rendements agricoles dans ces zones.

Selon les données du ministère de l'Agriculture, la superficie des terres agricoles exposées aux risques d'inondations est la suivante :

- 122 hectares de terres agricoles sont consacrées à la culture des arbres fruitiers.
- 300 hectares de terres agricoles sont dédiées à la culture des céréales.
- 80 hectares de terres agricoles sont affectés à la culture de fourrage.
- 2000 hectares de terres agricoles sont consacrées aux légumes.

#### 3.2.2. Impacts des inondations sur les infrastructures dans le bassin

Les impacts des inondations se manifestent par la coupure des routes, en particulier celles menant au centre de Taineste. Cela entraîne une augmentation des coûts de maintenance, qui deviennent difficilement supportables. Les inondations affectent également certaines habitations situées à proximité du lit du cours d'eau, ainsi que le nouveau marché hebdomadaire, qui se trouve sur le lit de crue du cours d'eau. Les photos suivantes illustrent ces effets.



**Photo 2 :** État du mur latéral du marché.



**Photo 1 :** Effondrement d'un pont sur l'Oued.

- **La route reliant le centre Had Msila à la commune d'Arbaâ El Foki**

Cette route est située à l'ouest du centre de Had Msila et est sujette à l'inondation en raison de sa position dans des zones menacées par les risques d'inondation. L'inclinaison du terrain et la nature des roches jouent un rôle important dans la dégradation de la situation. De plus, cette route n'est équipée d'aucune infrastructure de protection contre les inondations, comme le montre l'Photo 3.



**Photo 3 :** État du bord de la route reliant Had Msila et Arbaâ El Foki

- **Pont de la mosquée**

Cette route se situe au sud du centre Had Msila et porte ce nom en raison de sa proximité avec la mosquée. Elle relie le centre à la ville de Taza. Cette route est sujette à l'inondation en raison de sa taille qui ne correspond pas aux quantités d'eau qui y affluent. Selon le récit d'un employé de la commune, en 2010, le niveau de l'eau a dépassé 50 centimètres, ce qui a entraîné la coupure de la route pendant environ une demi-journée, comme le montre l'Photo 4.



**Photo 4 :** État du pont reliant Taza au centre Had Msila

### **3.2.3. Impacts des inondations sur le plan naturel**

Les impacts des inondations sur le milieu physique du bassin se manifestent par un changement des caractéristiques de surface des différentes unités physiques du bassin. Sur le terrain, on constate une augmentation du nombre de cours d'eau par rapport aux périodes précédentes, notamment sur les pentes raides dans les parties supérieures du bassin, ainsi qu'une intensification de leur fréquence dans certaines zones à formations géologiques fragiles. De plus, les parcours et formes des cours d'eau faiblement couverts par la végétation ont changé.

Au niveau des pentes du centre du bassin, la multiplication des cours d'eau a conduit à la fragmentation de ces pentes en parcelles, au lieu de maintenir des unités homogènes continues. Cette situation est souvent causée directement par l'activité humaine, notamment par des interventions négatives sur ces milieux.

En bas du bassin, la dynamique fluviale contribue à réduire la superficie des terrasses fluviales modernes sous l'influence de la dynamique actuelle et de l'érosion latérale régressive.

### Conclusion

Il est évident que le phénomène des inondations est lié à une combinaison de facteurs naturels et humains. Du côté naturel, on note la prédominance des sols argileux, notamment l'argile bleue, associée à des altitudes élevées et à des pentes fortes, favorisant l'accumulation et l'accélération du ruissellement. De plus, l'absence de couverture végétale sur des bases rocheuses imperméables, due à la déforestation, au surpâturage et au manque d'aménagement (comme le reboisement, la construction de barrages, ou la correction des rivières), ainsi que les précipitations concentrées et irrégulières, aggravent la situation. Du côté humain, l'établissement des populations dans les zones inondables, l'extension des habitations au détriment des milieux naturels, la coupe des forêts, l'exploitation des terres agricoles et la pression sur les zones agricoles, ont également des effets néfastes. Cet article présente les impacts des inondations dans le bassin versant, en mettant en évidence les secteurs les plus touchés, comme l'agriculture, et l'émergence graduelle de risques pour les zones urbaines en raison de l'expansion non maîtrisée. Pour faire face à cette situation, plusieurs mesures légales et réglementaires ont été adoptées, mais leur mise en œuvre rencontre des obstacles. Malgré certaines réalisations positives, les actions entreprises ne parviennent pas toujours à gérer efficacement le risque d'inondation et à garantir la sécurité des populations. Ainsi, des propositions et solutions visant à améliorer la gestion du risque d'inondation sont suggérées, comprenant des propositions légales et réglementaires ainsi que des projets d'aménagement des rivières dans les zones vulnérables pour assurer la stabilité et la sécurité des habitants.

### RÉFÉRENCES

- [1] ABHS. (2005). Etude d'exécution de l'aménagement des cours d'eau pour la protection de la ville de Fès contre les inondations. Sous-mission 1-1 : Validation des aménagements retenus. Marché N° : 37/2005, Fès.
- [2] ABHS. EHMHV. (2005). Agence du Bassin hydraulique du Sebou, Etude Hydrologique et Modélisation Hydraulique de la ville de Boulemane. 20 P + annexes.
- [3] Akdim, B., Laouane, M., Taous, A., & Obda, K. (2003). Risques hydrologiques dans la région de Taza (Maroc) : genèse, conséquences et problèmes d'aménagement. *Géomaghreb*, 1, 47-60.
- [4] Agence Hydraulique du Bassin de l'Oum-er-Rbia. (2002). Étude de protection contre les inondations (Province de Beni Mellal) ; mission I : diagnostic de la situation actuelle ; mission II : étude hydraulique et définition des travaux d'aménagement.
- [5] CFG. (1994). Barrages et Réservoirs N2, Les crues de projets des barrages: méthode du Gradex. Comité Français des Grands Barrages, France.
- [6] Dolchinkov, N. T. (2024). Natural Emergencies and Some Causes of Their Occurrence: a Review. *Trends in Ecological and Indoor Environment Engineering*, 2(1), 18–27. <https://doi.org/10.62622/TEIEE.024.2.1.18-27>.
- [7] Fattasse, H. (2023). Utilisation de l'approche hydrogéomorphologique et modélisation hydraulique dans la cartographie des zones inondables : Cas du Bassin Versant de l'Oued Lahdar (Haut Inaouène, Maroc). Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Saïss-Fès (Thèse de doctorat), 281 p.
- [8] Fattasse, H., et al. (2024). Hydrological Study and Hydraulic Modeling of Flood Risk in the Watershed of the Oued Lahdar (Upper Inaouene, Morocco). *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 25(7), 274–290.
- [9] Gout, J.-P. (1993). Prévention et gestion des risques majeurs : les risques d'origine naturelle. Les éditions de l'environnement, Paris, 300 p.
- [10] Gresillon, J.-M. (2004). Inondations, Aléa et enjeux au regard du changement climatique. Actes du colloque ONERC, Collectivités locales et changement climatique : quelles stratégies d'adaptation ?, Paris.
- [11] Azidane, H., Benmohammadi, A., Hakkou, M., Magrane, B., & Haddout, S. (2018). A Geospatial approach for assessing the impacts of sea-level rise and flooding on the Kenitra coast (Morocco). *Journal of Materials and Environmental Science*, 9(5), 1480-1488.

- [12] Jarvis, A., Guevara, E., Isaak Reuter, H., & Nelson, A. (2008). Hole-filled seamless SRTM [En ligne]. International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). <http://srtm.csi.cgiar.org>.
- [13] Layan, B. (2014). Délimitation des crues de projet, modélisation hydraulique et gestion du risque d'inondation dans le bassin versant de l'Oued Larbaâ : cas de la ville de Taza (Maroc). Faculté des Sciences Dhar El Mahrez. (Thèse de doctorat), 170 p.
- [14] Lefèvre, C., & Schneider, J.-L. (2004). Les risques naturels majeurs. Edition Dulfi-Print, Paris, 254 p.
- [15] Makhlof, Z. (1994). Compléments sur le modèle pluie-débit GR4J et essai d'estimation de ses paramètres. Université Paris-Sud, laboratoire d'hydrologie et de géochimie isotopique Orsay (Thèse de doctorat), 434 p.
- [16] Musy, A., & Soutter, M. (1991). Physique du sol. CH-1015 Lausanne, collection META, 120 p.
- [17] Obda, K., et al. (2001). Agglomérations et risques d'inondation au Maroc: cas des villes du Dir (Moyen Atlas). Actes du colloque FLSH, El Jadida, 5-15.
- [18] Ouarda, T., et al. (2001). Synthèse des méthodes simples de régionalisation. INRS-Eau (Rapport de recherche), Québec, 70 p.
- [19] Prusov, V., et al. (2019). Atmospheric Processes in Urban Area Elements. *Cybernetics and Systems Analysis*, 55(1), 90–108. <https://doi.org/10.1007/s10559-019-00115-w>.
- [20] Puech, C., et al. (2004). Imagerie spatiale et inondation de plaine: Une méthode de détermination des niveaux d'eau par mise en cohérence d'informations incertaines. In: *Spatialisation et cartographie en hydrologie*, Metz, Edition Université Paul Verlaine, 181-192.
- [21] Roux, H. (2004). Estimation de paramètres en hydraulique fluviale, à partir de données caractéristiques de l'imagerie aérienne. INP Toulouse, IMFT (Thèse de doctorat, spécialité Science de la Terre et Environnement), 300 p.
- [22] SEEE. (2009). Secrétariat d'État chargé de l'Eau et de l'Environnement. Étude de la stratégie nationale de l'eau [Report]. Rabat.
- [23] Kichigina, N. V. (2021). Floods in Siberia: Geographical and Statistical Analysis for the Period of Climate Change. *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 66(1), 41–60.
- [24] Willmott, C. J., & Matsuura, K. (2005). Advantages of the Mean Absolute Error (MAE) over the Root Mean Square Error (RMSE) in Assessing Average Model Performance. *Climate Research*, 30(1), 79-82.