

FUTUROS DA ÁGUA
RESILIÊNCIA,
GOVERNAÇÃO
E ADAPTAÇÃO



02

fevereiro
2026




FICHA TÉCNICA


AD ASTRA

REVISTA ONLINE DA UNIVERSIDADE ABERTA


Diretora

ANA PAULA AVELAR 
Universidade Aberta (UAb)


EDITORES

ANA PAULA AVELAR 
Universidade Aberta (UAb)

JOÃO SIMÃO 
Universidade Aberta (UAb)

JORGE TRINDADE 
Universidade Aberta (UAb)

Conselho Editorial

CÉLIA DIAS FERREIRA 
Universidade Aberta (UAb)


ISABEL HUET SILVA 
Universidade Aberta (UAb)

JOÃO SIMÃO 
Universidade Aberta (UAb)

MARIA DO ROSÁRIO LUPI BELO 
Universidade Aberta (UAb)

MARIA DO ROSÁRIO ROSA 
Universidade Aberta (UAb)

PEDRO FLOR 
Universidade Aberta (UAb)


PEDRO PESTANA 
Universidade Aberta (UAb)

Conselho Consultivo

BIAGIO D'ANGELO 
Universidade de Brasília (UnB)

DIONÍSIO VILA MAIOR 
Universidade Aberta (UAb)

FERNANDO COSTA 
Universidade Aberta (UAb)

JOÃO LUÍS CARDOSO 
Universidade Aberta (UAb)

KENNETH DAVID JACKSON 
Yale University

LUÍSA LEAL DE FARIA 
Universidade Católica Portuguesa

SANDRA CAEIRO 
Universidade Aberta (UAb)

SORAYA VARGAS CÔRTEZ 
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

TÂNIA FONSECA 
Kingston University

WALTER LEAL 
Hamburg University of Applied Sciences (HAW Hamburg)

PRODUÇÃO

Divisão de Comunicação e Marketing da Universidade Aberta

ISSN

3051-6773

DOI

<https://doi.org/10.34627/adastra.v2i1>

AD ASTRA 2026 by [Universidade Aberta](https://www.adastra.org) is licensed under [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)





ÍNDICE

EDITORIAL - ANA PAULA AVELAR

DOSSIER TEMÁTICO - FUTUROS DA ÁGUA: RESILIÊNCIA, GOVERNAÇÃO E ADAPTAÇÃO

JORGE TRINDADE

Futuros da água : Resiliência, Políticas de Governação e Adaptação Local

Water Futures: Resilience, Governance, and Community Adaptation

CARLA FERNANDES; FÁTIMA ALVES

Água e desenvolvimento: a importância das percepções sociais em Marrocos

Water and Development: The Importance of Social Perceptions in Morocco

ANDRÉ BUONO SILVEIRA

A economia circular como inovação contra a poluição dos rios Tietê e Pinheiros

Circular economy as an innovation against pollution of the Tietê and Pinheiros rivers

LUÍS MORENO

Rega para agricultores familiares no contexto das alterações climáticas em Portugal: percepções, opções e necessidades

Irrigation for family farmers in the context of climate change in Portugal: perceptions, options and needs

MARIA DA GLÓRIA SALGADO GONÇALVES

Cheias no rio Vez: uma análise social através da Pirâmide de Freytag

Floods in the Vez River: A Social Analysis through Freytag's Pyramid

IDRISS SAMMAA; ALI TAOUS; MOHAMMED YAZAMI ZTAIT; IMAD EL GHALMI

Erosão fluvial e mutações morfométricas do Oued Bouregreg no setor de Maaziz (Planalto Central, Marrocos)

Erosion fluviale et mutations morphométriques de l'Oued Bouregreg dans le secteur de Maaziz (Plateau central, Maroc)

IMAD EL GHALMI; ALI TAOUS; IDRISS SAMMAA; LAHCEN OUIABOUB

Impactos hidro-morfo-sedimentares da barragem de Sidi Chahed e mutações da paisagem fluvial do baixo vale do Mikkès (bacia do Sebou, Marrocos)

Impacts hydro-morphosédimentaires du barrage Sidi Chahed et mutation du paysage fluvial de la basse vallée du Mikkès (bassin du Sebou, Maroc)

LUÍS ALÍPIO GOMES; TÂNIA SUELY AZEVEDO BRASILEIRO; HELANA MIRANDA DA C. GOMES

Sustentabilidade ambiental e o papel do ensino superior: um estudo de caso do rio Tapajós, na Amazônia

Environmental Sustainability and the role of Higher Education: a case study of the Tapajós River in Amazon

BERNARDO SALES; SÉRGIO C. OLIVEIRA; JORGE TRINDADE

Suscetibilidade e exposição à erosão costeira no município de Peniche – evolução recente e futura

Coastal Erosion Susceptibility and Exposure in the Municipality of Peniche – Recent and Future Evolution



ABDELLAH KHOUZ, JORGE TRINDADE, PEDRO PINTO SANTOS,
FATIMA EL BCHARI, SÉRGIO C. OLIVEIRA, RICARDO A. C.
GARCIA, ASMA BOUGAYOU, MUSTAPHA IKIRRI, MOURAD
JADOUD, SAID RACHIDI, AND BLAID BOUGADIR

Contributo de modelos estatísticos na avaliação da
suscetibilidade a cheias na província de Essaouira, Marrocos
*Contribution of statistical models in flood susceptibility assessment
in Essaouira Province-Morocco*

ASMA BOUGAYOU ; ABDELLAH KHOUZ ; FATIMA EL BACHARI;
JORGE TRINDADE; MUSTAPHA IKIRRI; SIHAM AFRAOU; FARID
FAIK; BLAID BOUGADIR

Avaliação do potencial de águas subterrâneas na área de Ait
Abdellah com recurso à deteção remota e SIG

*Assessment of groundwater potential in the Ait Abdellah area by
using remote sensing and GIS*

JOÃO CARRILHO, ABDELLAH KHOUZ, JORGE TRINDADE
Águas subterrâneas na governação do nexa Água-Energia-Ali-
mentação em áreas periurbanas exteriores

*Groundwater in the Water-Energy-Food nexus governance in
outer peri-urban settlements*

GUSTAVO DGEDGE, CELSO CHIVALE, JAIME MAGAIA, JORGE
TRINDADE

Avaliação das áreas suscetíveis a cheias na sub-bacia do rio
Revúboè, Moçambique

*Assessing Flood Susceptibility Areas in the Revúboè river
sub-basin, Mozambique*

ANDREIA ALVES DA SILVA; LUÍS PEDRO ALMEIDA; ANTÓNIO
H.F. KLEIN

Abordagem multiescalar baseada em dados de satélite
para a análise de tendências da linha de costa em Portugal
Continental

*Satellite-driven multi-scale approach for shoreline trend analysis
in Mainland Portugal.*

ANDREIA ALVES DA SILVA, JORGE TRINDADE; JORGE ROCHA
Avaliação do perigo e da exposição à subida do nível do mar
em Portugal Continental

*Hazard and Exposure Assessment to Sea Level Rise in Mainland
Portugal.*

MOHAMED LOUAZANI, ABDERRAFIE EL MAKNISSI

Sistemas de gestão da água nos oásis saariano e o desafio da
sustentabilidade face às alterações climáticas: estudo de caso
dos oásis de Oued-Noun, sul de Marrocos

*The Water Management Systems in Saharan Oases and the
Sustainability Challenge in the Face of Climate Change: A Case
Study of the Oued-Noun Oases, Southern Morocco.*

RICARDO ACÁCIO XAVIER; PEDRO PINTO SANTOS;
JOSÉ MANUEL MENDES

Risco de cheias em Moçambique: estratégias comunitárias para
a redução da vulnerabilidade a partir de dois estudos de caso

*Flood risk in Mozambique: communitarian strategies for
vulnerability reduction from two case studies.*

SUSANA PEREIRA; JORGE TRINDADE; ANDREIA ALVES DA
SILVA; PEDRO PINTO SANTOS; EUSÉBIO REIS; JOSÉ LUÍS
ZÊZERE

Perfis de risco de perigos costeiros em Portugal Continental à
escala da freguesia

*Risk profiles of coastal hazards in mainland Portugal at the civil
parish level.*



CHAIMA IMAM; MOHAMED CHAIBI; FATIMA EL BCHARI
Cartografia da sensibilidade à degradação dos solos na bacia hidrográfica do oued El Abid: aplicação do modelo MEDALUS
Cartographie de la sensibilité à la dégradation des sols dans le bassin versant de l'oued El Abid : Application de MEDALUS

GONÇALO BATISTA; MARIANA CONCEIÇÃO; RICARDO GARCIA, SÉRGIO OLIVEIRA, ANDRÉ TRINDADE, CLÁUDIA VIANA, JORGE ROCHA
Nova cartografia de solos à escala 1:100 000 para Portugal Continental
A New Soil Cartography at 1:100,000 scale for mainland Portugal

MARIANA CONCEIÇÃO, GONÇALO BATISTA, RICARDO GARCIA, SÉRGIO OLIVEIRA, ANDRÉ TRINDADE, CLÁUDIA VIANA, JORGE ROCHA
Delimitação de distritos de solos em Portugal Continental
Delimitation of Soil Districts in mainland Portugal

CHAIMA IMAM, MOHAMED CHAIBI, FATIMA EL BCHARI, MOHAMED AYT OUGOUDAL, ABDESSAMAD CHARIF, HALIMA AIT MALEK
Recuo de arribas costeiras e suscetibilidade ao perigo na região de Safi, Marrocos
Coastal Cliff Retreat and Hazard Susceptibility in the Safi Region, Morocco

SAMIR IDLLALÈNE; ABDESSAMAD AFIFI MOULAY; ALAZALI MOUNIA; MOHAMED MOUCH; BENABDERRAZIK RADIA; LAHCEN OUAHMANE; ABDERRAFIE EL MAKNISSI
Análise dos desafios jurídicos, ambientais e socioeconómicos das autoestradas da água em Marrocos: um estudo de caso
Analyse des enjeux juridiques, environnementaux et socio-économiques des autoroutes de l'eau au Maroc: une étude de cas

EL MEHDI EL JOUMDOUNI; ABDESSAMAD CHARIF; ABDELGHANI QADEM; BRAHIM EL OUTASSI; HALIMA AIT MALEK; MOHAMED CHAIBI; FATIMA EL BCHARI
Análise estatística do impacto das alterações climáticas na distribuição espaço-temporal da precipitação no norte da região de Abda (província de Safi, Marrocos)
Analyse statistique de l'impact des changements climatiques sur la répartition spatio-temporelle des précipitations dans le Nord de la région de Abda (Province de Safi – Maroc)

VARIA

JOÃO CARLOS MARQUES SIMÕES
A importância das grandes florestas tropicais e a segurança ambiental: perspetivas das florestas tropicais na região dos Grandes Lagos
The importance of large tropical forests and environmental security: perspectives on tropical forests in the Great Lakes region

JOSÉ DAS CANDEIAS SALES, SUSANA MOTA
José de Souza Larcher e o domínio inglês do Egipto nas Impressões de Viagem (1901)
José de Souza Larcher and British rule in Egypt in Impressões de Viagem (1901)

GUILHERME OLIVEIRA MARTINS
Vinte anos da Convenção de Faro
Twenty years since the Faro Convention



RECENSÕES

PAULO OSÓRIO

História do Pensamento Linguístico-Gramatical em Portugal e no Brasil de Batista, Ronaldo de Oliveira; Fernandes, Gonçalo; Bastos, Neusa Barbosa & Assunção, Carlos (eds) (2025).

JEFFREY CHILDS

Inventions of a Present: The Novel in its Crisis of Globalization,
by Fredric Jameson

TESTEMUNHO(S)

HERMANO CARMO

Prémio Armando Rocha Trindade

Impactos hidro-morfo-sedimentares da barragem de Sidi Chahed e mutações da paisagem fluvial do baixo vale do Mikkès (bacia do Sebou, Marrocos)

Impacts hydro-morphosédimentaires du barrage Sidi Chahed et mutation du paysage fluvial de la basse vallée du Mikkès (bassin du Sebou, Maroc)

Imad El-Ghalmi

Ali Taous

Idriss Sammaa

Lahcen Ouiaboub

Resumo

Este estudo examina os impactos hidromorfossedimentares da barragem de Sidi Chahed no rio Mikkès, situado na bacia do Saïs (bacia do Sebou, Marrocos). Foram utilizados levantamentos de campo, amostragem de sedimentos e análises longitudinais e transversais para avaliar as variações no regime de fluxo, na deposição de sedimentos e na morfologia do canal. Os resultados indicam que a retenção pela barragem reduziu significativamente o transporte de sedimentos a jusante, modificou a geometria dos meandros e alterou a dinâmica fluvial natural. Essas mudanças provocaram incisão do canal e triagem dos sedimentos, evidenciando a influência das infraestruturas hidráulicas nos rios.

Palavras-chave: Barragem de Sidi Chahed, Rio Mikkès, Morfologia Fluvial, Dinâmica de Sedimentos, Impacto Fluvial.

Imad El-Ghalmi

elghalmi2014imad@gmail.com/

Idriss Sammaa

sammaaidriss@gmail.com

Docteur en Géographie, FLSH – Saïs Fès, USMBA-Fès, Maroc

Ali Taous

ali.taous@usmba.ac.ma

Département de Géographie, EqR. MNADSS, FLSH – Saïs Fès, USMBA-Fès, Maroc

Lahcen Ouiaboub

Département de Géographie, Laboratoire. TED, FSMS, UIT-Kenitra, Maroc

lahcen.ouiaboub@uit.ac.ma

Abstract

This study examines the hydromorphosedimentary impacts of the Sidi Chahed Dam on the Mikkès River within the Saïs Basin (Sebou Basin, Morocco). Field surveys, sediment sampling, and longitudinal and cross-sectional analyses were used to evaluate variations in flow regime, sediment deposition, and channel morphology. The results indicate that dam retention significantly reduced downstream sediment transport, modified meander geometry, and disrupted natural fluvial dynamics. These changes have led to channel incision and sediment sorting. The findings highlight the effects of hydraulic infrastructure on river systems and provide useful insights for integrated river management in semi-arid environments.

Keywords: Sidi Chahed Dam, Mikkès River, River Morphology, Sediment Dynamics, Fluvial Impact.

Introduction

Les barrages, en tant qu'infrastructures hydrauliques, exercent une influence majeure sur les paysages fluviaux des vallées situées en aval. Ils modifient profondément le fonctionnement des cours d'eau, en altérant à la fois leur régime hydrologique naturel et leur morphologie fluviale. Le barrage de Sidi Chahed, édifié en 1997 sur l'Oued Mikkès (affluent du Sebou) dans le Prérif, illustre bien ces transformations. Conçu pour réguler les débits et répondre aux besoins en eau destinés à l'irrigation et à l'approvisionnement domestique, ce barrage retient une part importante des eaux et des sédiments transportés depuis le Moyen Atlas et le plateau du Saïs. Cette interception perturbe les dynamiques naturelles du cours d'eau en aval, entraînant des modifications morphologiques et hydrologiques notables. Ces changements ne sont pas sans conséquence sur l'environnement et les activités humaines. La réduction de l'apport sédimentaire et la modification du régime hydraulique impactent la biodiversité aquatique, l'érosion des berges et la qualité des sols agricoles. Par ailleurs, les populations riveraines, dont l'économie repose en grande partie sur l'agriculture et l'élevage, doivent s'adapter à ces nouvelles conditions hydriques, ce qui soulève des défis en matière de gestion des ressources en eau et de résilience des écosystèmes locaux. En se basant sur les documents cartographiques, photos-aériennes, images satellitaires et observation de terrain, nous présentons dans cette étude les principaux résultats préliminaires sur les phénomènes évoqués ci-dessus.

1. Présentation de la Zone d'Etude

Le tronçon de vallée étudié s'inscrit dans la partie septentrionale du bassin versant d'Oued Mikkès dans le domaine des collines pré-rifaines. Il s'étend sur environ 55 km, depuis la sortie de l'oued du Saïs jusqu'à sa confluence avec Oued Sebou, au niveau du douar Oulad Jrar. Le barrage Sidi Chahed se trouve à

l'entrée du domaine pré-rifain, juste à l'amont du centre rural de Mikkès (ph. 1). Il a une capacité de retenue de 170Mm³ et une hauteur de 60 m au-dessus des fondations. Sa retenue s'allonge sur plus de 7km de long et s'étale sur plus de 1000 hectares de superficie. Ce barrage régularise en moyenne annuellement des volumes d'eau d'environ 40Millions de m³. Il avait pour but le renforcement à moyen et à long terme de l'approvisionnement en eau potable de la ville de Meknès et l'irrigation de 1200 ha, notamment les terres situées en aval, le long de la vallée.



Photo 1 . Le barrage Sidi Chahed

1.1. Contexte Physique

Sur le plan géologique, le bas Mikkès façonne sa vallée dans un domaine caractérisé par une complexité structurale et une grande variété lithologique donnant un paysage de colline marneuses et argileuses très ravinées. Il s'agit du domaine des nappes pré-rifaines, qui correspond au décollement d'une partie du matériel tertiaire des zones externes venant charrier un important olistostrome pré-rifain (F. Amraoui, 2005). En outre, des plissements tardifs ont provoqué la surrection d'anticlinaux

à cœur jurassico-crétacé des rides prérfaines qui apparaissent en bordure sud du Prérif (A. Brahim, 1983). Ces rides présentent une superposition des calcaires liasiques reposant directement sur le substratum triasique argileux (B. Cherai, 2009). Elles sont accidentées et affectées de plissements récents, plio-quadernaires (A. Michard et al. 2008). Elles sont traversées profondément par la vallée du Mikkès.

Sur le plan climatique, la zone d'étude se caractérise par un climat méditerranéen marqué par des variations saisonnières importantes. Ce climat, allant du semi-aride au subhumide selon les zones, joue un rôle clé dans la dynamique hydrologique et écologique de la zone d'étude. Les précipitations, principalement concentrées durant la saison hivernale, sont irrégulières et oscillent entre 400 et 600 mm par an, tandis que la période estivale est dominée par une sécheresse prolongée et des températures élevées pouvant atteindre 35°C.

1.2. Contexte Humain

Administrativement, le bassin versant de la basse vallée de l'Oued Mikkès relève de la région de Fès Meknès. Il draine les territoires de deux provinces : Province de Meknès et province de Moulay Yacoub. La population est très dispersée en douars éparses ou regroupée en agglomérations d'importance variable. Selon les recensements des dernières décennies, la population des deux provinces était de 106775 habitants en 1994 ; 118607 habitants en 2004 ; 141613 habitants en 2014 et 210410 habitants en 2024.

2. Methodologie

L'évaluation des impacts du barrage Sidi Chahed sur la morphologie fluviale et le paysage de la basse vallée du Mikkès s'est basée sur :

- l'analyse diachronique comparée des cartes topographiques (feuille Béni Ammar 1/50 000, 1942), des photos aériennes (1/25000, mission 1962) et des images satellitaires (Google Earth 2001 et 2021) ;
- les observations de terrain (effectuées en 2022) ont permis de compléter les analyses diachroniques et de faire les prélèvements des échantillons pour analyse granulométrique. Les analyses granulométriques du matériel alluvial grossier du lit de l'oued, sont effectuées in situ en utilisant le protocole de M.G.Wolman, (1954).
- les analyses de laboratoire ont concerné la granulométrie des sédiments fins par tamisage usuel normalisé Afnor.

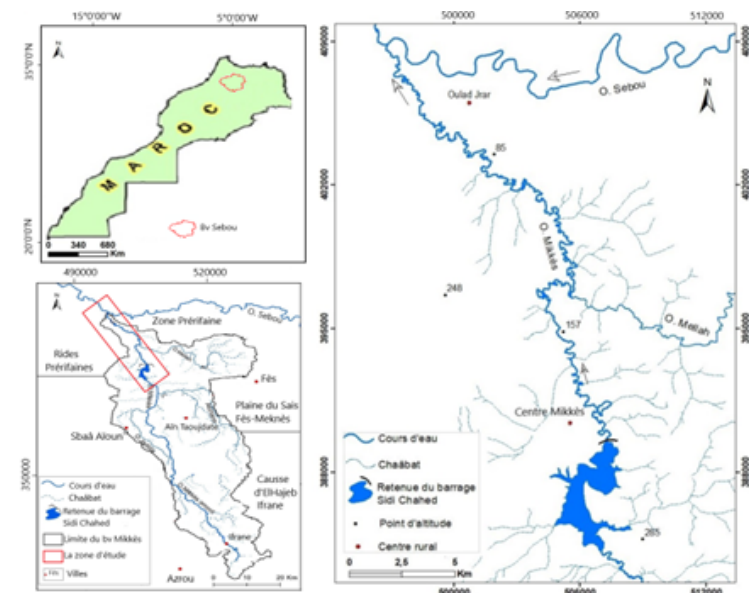


Figure 1 . Situation géographique de la vallée du Bas Mikkès et du barrage Sidi Chahed

3. Resultats et Discussions

3.1. L'impact du Barrage sur la Morphologie et la Mobilité de l'Oued

Comme dans d'autres barrages du Maroc, le barrage de Sidi Chahed a des impacts immédiats et durables sur le paysage hydro-morphologique de la vallée, tant en amont qu'en aval de la digue. L'un des effets les plus évidents réside dans la modification du régime hydrologique du cours d'eau en aval et la formation d'un lac de retenue en amont. Depuis sa mise en service, le barrage a supprimé le rôle morphogénique des crues en aval, réduisant significativement le transport des matériaux sédimentaires et provoquant des changements notables dans la dynamique du lit de l'oued (G.P.Williams et al., 1984 ; G.M.Kondolf., 1997). L'impact des barrages sur la morphologie des oueds marocains est bien documenté. Par exemple, les travaux menés sur l'Oued Bouregreg en aval du barrage Sidi Mohamed Ben Abdellah ont montré que les fluctuations du niveau de la retenue influencent fortement le fonctionnement hydro-sédimentaire du cours d'eau, modifiant ainsi la structure du lit fluvial et des berges (A. El Gharbaoui, 1981 ; Ait Brahim et al., 2020). De même, dans le bassin de l'Oued Sebou, la réduction du transport solide due aux barrages a entraîné une incision du lit et une diminution de la mobilité latérale du cours d'eau (M. Snoussi et al., 2002). Ces transformations ont été mises en évidence dans le cas de l'Oued Mikkès grâce à l'analyse de documents cartographiques, de photos aériennes et d'images satellitaires sur plusieurs décennies. Les résultats des mesures morphométriques effectuées sur le tronçon en aval du barrage, dans le secteur du Centre de Mikkès, montrent une évolution significative du tracé du Bas Mikkès après la construction du barrage Sidi Chahed. En réduisant la variabilité naturelle des débits et en retenant une grande partie des sédiments, le barrage a favorisé l'encaissement du lit, diminuant ainsi la dynamique latérale et les processus de recharge sédimentaire (Z. Qadem., 2020).

Années	1945	1962	2001	2021
Longueurs réelles du cours d'eau (km)	9,96	9,65	9,26	9,26
Longueur à vol d'oiseau	3,43	3,42	3,40	3,40
Indice de sinuosité	2,90	2,82	2,72	2,72
Longueur d'onde moyenne des méandres (m)	457,8	452	432,6	430
Amplitude moyenne des méandres (m)	480	487	476	470,8

Tableau 1 . Morphométrie des méandres du Bas Mikkès

a.- Période avant mise en place du barrage :

- L'état de l'oued en 1942 : sur la carte topographique de Béni Ammar à échelle de 1/50000, le tracé du Bas Mikkès correspondait en 1942 à un chenal unique avec des successions des méandres très sinueux, avec une sinuosité très forte de l'ordre de 2,90 ; sa longueur réelle était de 9,96 km.
- L'état de l'oued en 1962 : on a utilisé des photos aériennes à l'échelle de 1/25000 ; celles-ci montrent que le lit du Bas Mikkès présentait un style fluvial à chenal unique sinueux, avec une sinuosité de l'ordre de 2,82 et de de 9,65 km de long.

b.- Période après mise en place du barrage :

- L'état de l'oued en 2001 : on a exploité les images satellitaires de Google Earth du mois de février, 2001. Le Bas Mikkès avait un chenal unique également méandriforme, avec un indice de sinuosité égal à 2,72 Sa longueur était de 9,26 km.
- L'état de l'oued en 2021 : le Bas Mikkès n'a pas changé de style ; il a gardé le même style méandriforme, la même longueur de 9,26 km et le même indice de sinuosité.

La comparaison des quatre situations (fig.2), nous a permis de constater que :

- avant la mise en place du barrage, durant les années 1942, 1962, le tracé de l'Oued Mikkès qui fonctionnait dans des conditions naturelles, a subi des modifications et des migrations latérales significatives de son chenal. Ce qui est bien visible surtout pour les méandres de la partie amont, qui ont tendance à migrer latéralement vers la rive droite.

Après la mise en service du barrage, l'analyse diachronique de la période de deux décennies (2001-2021) montre que le lit de Mikkès était peu mobile, sans modifications morphologiques significatives. Cette situation est à mettre en rapport avec la mise en place du barrage Sidi Chahed qui a privé l'oued de ses apports liquides et solides naturels depuis 1997. Après avoir analysé l'impact du barrage Sidi Chahed sur la morphologie et la mobilité de l'Oued Mikkès, il est également essentiel d'examiner ses effets sur l'évolution de la largeur du lit mineur. En effet, les modifications hydrologiques et sédimentaires induites par le barrage ne se limitent pas aux changements du tracé et de la dynamique fluviale ; elles influencent également la configuration transversale du cours d'eau.

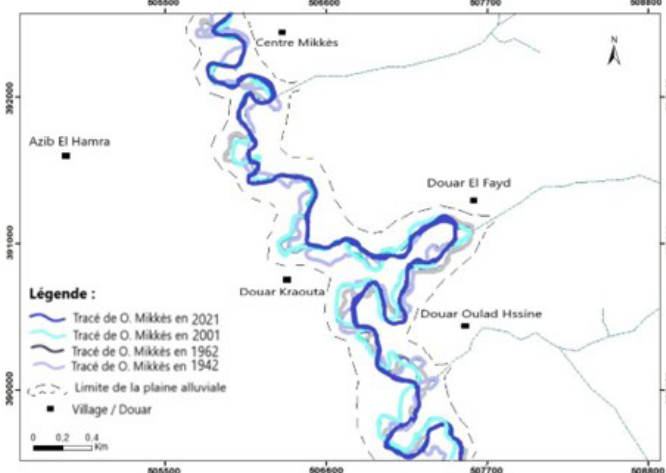


Figure 2 . Evolution du tracé du lit de Mikkès en aval du Barrage Sidi Chahed entre 1962 et 2021

3.2. Ajustement de la Largeur du Lit Mineur

Le barrage a un impact significatif sur la largeur du lit mineur, influençant à la fois la dynamique sédimentaire et l'écoulement hydrologique. En retenant les sédiments en amont, il réduit la charge solide transportée en aval, ce qui peut entraîner une incision du lit et une diminution progressive de sa largeur (G.M.Kondolf, 1997). De plus, la modification des débits, notamment la réduction des crues, limite l'érosion latérale et la mobilité des bancs alluviaux, favorisant ainsi une stabilisation ou un rétrécissement du lit mineur (S.A.Brandt, 2000). Ces transformations morphologiques peuvent avoir des répercussions écologiques importantes, notamment sur la biodiversité aquatique et riparienne (G.E.Petts et *al.*, 2005). Depuis la construction du barrage Sidi Chahed, en plus des modifications mentionnées ci-dessus, le lit fonctionnel de Mikkès a connu une importante réduction de sa largeur. Cette réduction est due en grande partie à la modification du rythme hydrologique de l'oued à l'aval du barrage, en particulier l'écrêtement de crues exceptionnelles qui façonnaient auparavant un lit plus large. L'analyse comparative des photographies aériennes de la mission 1962 et des images satellitaires Google Earth, 2021 (Fig.3) et (ph.2), nous a permis d'évaluer les modifications de la largeur moyenne du chenal qui a subi une réduction de plus de 40%, passant de 23,2 m en 1962 à seulement 13m en 2021. L'observation de terrain montre que le rétrécissement du lit fonctionnel est accompagné d'un enfoncement vertical. Ainsi, la réduction de la largeur du lit mineur s'inscrit dans un processus plus large de transformation des caractéristiques physiques du lit fluvial. Cette évolution ne se limite pas uniquement aux dimensions du chenal, mais affecte également la nature et la distribution des matériaux alluviaux qui le composent.

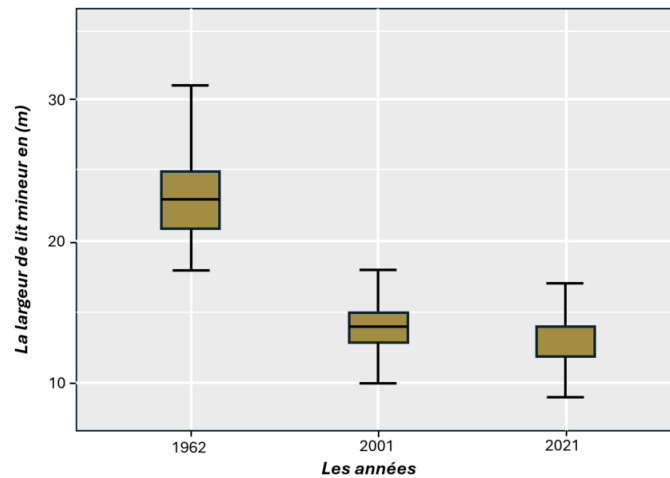


Figure 3 . Evolution la largeur moyenne du lit mineur du bas Mikkès entre 1962 et 2021

3.3. Impacts sur les Caracteristiques du Materiel Alluvial

L'effet des barrages sur les sédiments en transit est indirect, car il résulte d'une modification des conditions hydrauliques due à la présence d'une retenue en amont et à l'altération des caractéristiques hydrologiques en aval du barrage (I. El Ghalmi, 2023). De manière générale, les barrages limitent les apports sédimentaires et contribuent au déficit global en sédiments (F. Kotti et al., 2018). Les observations de terrain montrent que les dépôts actuels du lit fonctionnel en aval du barrage sont majoritairement constitués de sédiments de faible dimension, comparés aux sédiments alluviaux de la plaine alluviale. L'analyse granulométrique de prélèvements réalisés sur trois barres alluviales du lit fonctionnel (Fig. 4) révèle une prédominance de sédiments fins, avec des classes granulométriques inférieures à 40 mm de diamètre représentant entre 81 % et 86 %. Toutefois, des

passages graveleux ou des petits galets sont parfois observés localement. Ces résultats traduisent une charge sédimentaire fine à dominante sablo-limoneuse, transportée principalement par les lâchers du barrage, l'érosion des sols limono-argileux des berges et le sapement des versants marneux environnants. L'obstacle formé par le barrage de Sidi Chahed en amont a considérablement réduit le transit des matériaux grossiers à galets provenant du Haut et du Moyen Mikkès. Ainsi l'abondance des matériaux fins reflète l'impact des submersions de la retenue sur l'espace fluvial. En période de forte hydrologie, la remontée des eaux bloque les crues, réduisant la vitesse du courant et favorisant le dépôt des fractions fines (argiles, limons, sables) au détriment des particules grossières. Ainsi, une sédimentation d'aggradation fine progresse aval-amont au rythme de la remontée des eaux.

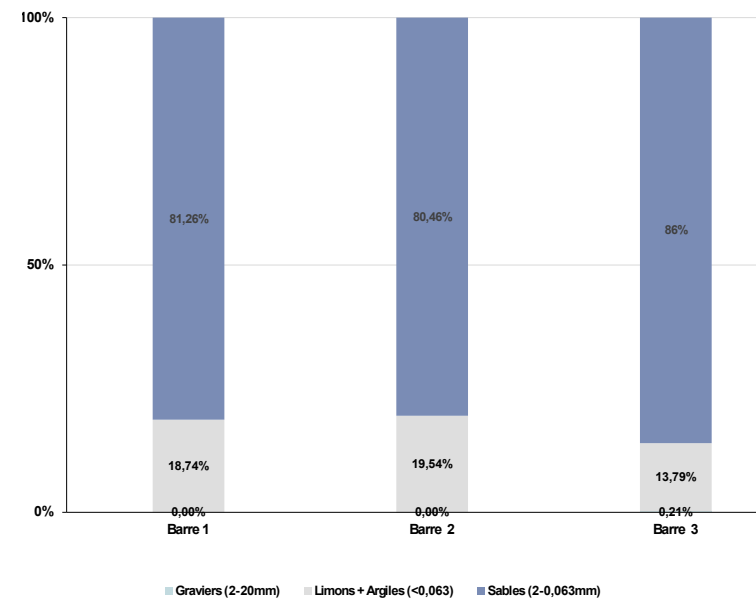
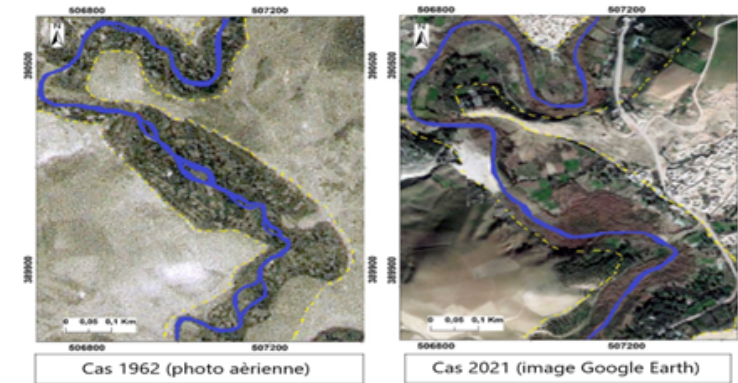


Figure 4 . Granulométrie des sédiments fins des lits mineur de la basse vallée de l'oued Mikkès

Conclusion

Le barrage de Sidi Chahed, installé il y a plus de deux décennies, a entraîné des changements significatifs dans les conditions hydrodynamiques de la basse vallée de l'Oued Mikkès, avec des répercussions morphologiques et sédimentologiques majeures. Ces ajustements, dus aux contraintes du barrage et de sa retenue, se sont traduits par une réduction de la largeur du lit de l'oued et des modifications des paramètres morphométriques, tels que la longueur d'onde et l'amplitude des méandres. Les processus sédimentaires naturels ont été affectés par le dépôt progressif de fines particules dans le lit fonctionnel, modifiant ainsi sa structure et ses caractéristiques hydrodynamiques. Ces transformations des morphologies fluviales dans la vallée du Bas Mikkès risquent d'avoir des impacts négatifs sur l'environnement et l'écologie locale. Pour atténuer ces effets, il est crucial de mettre en place une gestion durable du cours d'eau, incluant des lâchers d'eau contrôlés pour restaurer la dynamique fluviale, un suivi continu des évolutions morphologiques et sédimentaires, ainsi que des actions de stabilisation des berges par végétalisation. L'implication des populations locales et la sensibilisation à une gestion responsable des ressources en eau sont également essentielles pour garantir un équilibre entre les besoins humains et la préservation de l'environnement. À long terme, des recherches approfondies sur l'évolution hydrologique, l'impact sur la biodiversité et le développement de modèles prédictifs permettront d'anticiper les transformations du cours d'eau. Cette approche intégrée assurerait une gestion plus résiliente et durable de l'Oued Mikkès face aux défis posés par le barrage Sidi Chahed.



Photos 2 . Montrant la morphologie du lit de l'Oued Mikkès aval dans le secteur du Centre Mikkès, avant et après la mise en place du barrage Sidi Chahed.

References

- AÏT BRAHIM, L. (1983). Étude de la déformation, du Néogène à l'actuel, sur la bordure sud-rifaine, dans le contexte du rapprochement des plaques Europe-Afrique. Thèse de 3ème cycle, Université Mohamed V, Rabat, 178 p.
- AIT BRAHIM, Y., BOUAOUDA, M. S., & EL MOATASSIME, M. (2020). *Impacts hydro-morphosédimentaires du barrage Sidi Mohamed Ben Abdellah sur la vallée du Bouregreg*. Revue Marocaine de Géographie et Aménagement, 43, 112-130.
- BRANDT, S. A. (2000). Classification of geomorphological effects downstream of dams. *Catena*, 40(4), 375-401.
- CHERAI, B. (2009). Géologie et géomorphologie du Sais et de ses bordures du Néogène au Quaternaire. Thèse de doctorat en géologie, Faculté des sciences, Dhar Mehraz, Fès, 211 p.
- AMRAOUI, F. (2005). Contribution à la connaissance des aquifères karstiques : Cas du Lias de la plaine du Sais et du Causse moyen atlasique tabulaire. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc (USTL), Montpellier, France, 249 p.

EL GHALMI, I. (2023). Hydrogéomorphologie et mutations récentes de l'espace fluvial de l'Oued Mikkès (Bassin du Sebou). Thèse de doctorat, Université SMBA, FLSH Sais-Fès, 268 p.

EL GHARBAOUI, A. (1981). *L'évolution des paysages géomorphologiques sous l'action anthropique au Maroc*. Revue de Géographie du Maroc, 1(4), 23-38.

KONDOLF, G. M. (1997). Hungry water : Effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental Management*, 21(4), 533-551.

KOTTI, F., DEZILEAU, L., MAHÉ, G., HABAIEB, H., BENTKAYA, M., DIEULIN, C., et AMROUNI, O. (2018). *Étude de l'impact des barrages sur la réduction des transports sédimentaires jusqu'à la mer par approche paléohydrologique dans la basse vallée de la Medjerda*. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences (PIAHS), 377, 67-76.

MICHARD, A., CHALOUAN, A., EI KADIRI, K., NEGRO, F., FRIZON DE LAMOTTE, D., SOTO, J.I., & SADDIQI, O. (2008). The Rif Belt : Continental evolution. In *The Geology of Morocco : Structure, Stratigraphy and Tectonics of the Africa-Atlantic-Mediterranean Triple Junction*. Lecture Notes in Earth Science, 116, 203-302 p.

PETTS, G. E., & GURNELL, A. M. (2005). Dams and geomorphology: Research progress and future directions. *Geomorphology*, 71(1-2), 27-47.

QADEM, Z. (2020). Hydrologie des Oueds Fès et Mikkès drainant le plateau de Saïss et ses bordures moyennes atlasiques. Thèse de Doctorat, Univ. SMBA, FLSH Sais-Fès, 270p.

SNOUSSI, M., HAIDA, S., IMASSI, S. (2002). *Effects of damming on sediment transport in the Sebou River, Morocco*. Regional Environmental Change, 3(1), 5-12.

WILLIAMS, G. P., et WOLMAN, M. G. (1984). *Downstream effects of dams on alluvial rivers*. Geological Survey Professional Paper 1286. U.S. Geological Survey.

WOLMAN, M. G. (1954). A method of sampling coarse river-bed material. *American Geophysical Union Transactions*, 35(6), 951-956.

FUTUROS DA ÁGUA

RESILIÊNCIA,
GOVERNAÇÃO
E ADAPTAÇÃO

