



Risques naturels et Vulnérabilité des régions Présahariennes aux intempéries imprévisibles et répétitives du Sud du MAROC .

Préparé par:

Noura JOTTI

Membres du Jury :

Ilias KACIMI	PES, Université Mohamed V, Faculté des sciences Rabat	Président / Rapporteur
Mohamed ACHAB	PES, Université Mohamed V, Institut Scientifique, Rabat	Rapporteur
Mohamed HILLALI	PES, Université Moulay Ismail, Faculté des sciences Meknès	Rapporteur
Nezha MAHMOUHI	PH, Centre régional des métiers et de l'éducation et de la formation du Grand Casablanca-Settat	Examinatrice
Saïd ETTAZARINI	PH, Centre régional des métiers et de l'éducation et de la formation du Grand Casablanca-Settat	Examineur
Mohamed EL WARTITI	PES, Expert, Université Mohamed V, Faculté des sciences Rabat	Co-Encadrant
Tarik BAHAJ	PH, Université Mohamed V, Faculté des sciences Rabat	Directeur de thèse

plan

1

Introduction

2

Présentation de la zone d'étude

3

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

4

Cartographie des risques d'inondation pour le bassin versant le plus vulnérable au changement climatique

4

Conclusion

Introduction

INTRODUCTION

Présentation
de zone
d'étude

Voitures et personnes noyées au cours des inondations torrentielles au sud de Maroc

*a-La ville de TATA
Source : le journal électronique ; le Monde.
Publié le 24 novembre 2014*



*b-La ville de Guelmim
Source : le journal électronique ; le Monde. Publié
le 24 novembre 2014*



*c-La ville de Quarzazate 2019
Source : <https://www.menara.ma/fr/article/inondations-%C3%A0-trouduant-et-quarzazate-6-morts-et-2-port%C3%A9s-disparus>*



*d-La ville d'Errachidia 2019
Source : <https://www.geo.fr/environnement/inondations-au-maroc-17-morts-dans-laccident-dun-bus-emporte-par-une-crue-197434>*



Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

Photographie 1-5 : Inondations dans des villes pré-sahariennes Sud de Maroc en 2014 et 2019

Introduction

INTRODUCTION

Présentation
de zone
d'étude

les stratégies déployées se
soient révélées inefficaces
et insuffisantes ?

Le problème des
inondations et lié aux
actions des populations
vivant dans les localités
vulnérables ?

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion



INTRODUCTION

Introduction

Présentation
de zone
d'étude

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

Quels sont les mécanismes de mise en place de la vulnérabilité des villes au niveau présaharien.

En d'autres termes, quels sont les facteurs qui interviennent dans la vulnérabilisation urbaine et rurale en zones présahariennes face aux inondations ?

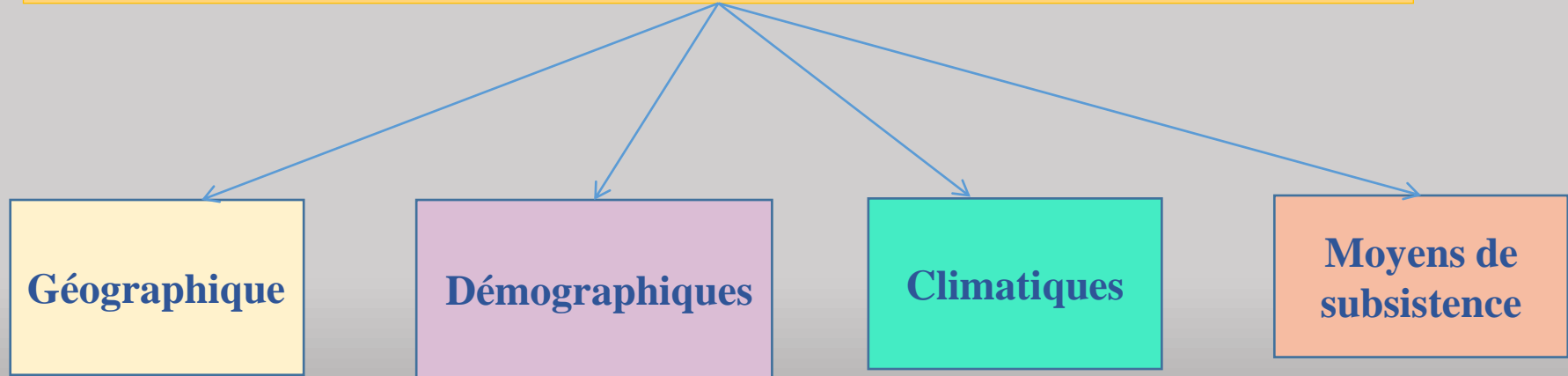


Introduction

INTRODUCTION

Présentation
de zone
d'étude

Analyser la vulnérabilité en zone présaharienne à travers le prisme de cinq villes qui présentent les mêmes atouts



Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

Introduction

INTRODUCTION

Présentation
de zone
d'étude

causes profondes de la vulnérabilité des
territoires

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

- ✓ les facteurs physiques des différents milieux,
- ✓ les actions des populations
- ✓ les niveaux socio-économiques.

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

Zagora

Ouazazate

Guelmim

Tata

Errachidia

INTRODUCTION

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

L'objectif principal

• Les inégalités spatiales et sociodémographiques dans cette région présaharienne sont une source de vulnérabilité sociale qui varie également en fonction de l'espace et des populations en présence. Autrement dit, les habitants des villes sont vulnérables aux inondations, mais à des niveaux variés liés aux caractéristiques sociales intrinsèques

• La gestion des catastrophes naturelles met en jeu une diversité d'acteurs et des politiques, depuis l'administration centrale jusqu'aux Collectivités territoriales dont la mauvaise coordination et le niveau d'intervention inapproprié entraînent des insuffisances dans la réponse apportée lors de la survenue des inondations.

• Les facteurs physiques environnementaux sont responsables des inondations et entraînent une vulnérabilité différentielle sur le plan biophysique en fonction des villes et des quartiers. En d'autres termes, il existe une vulnérabilité du territoire liée aux caractéristiques environnementales qui impacte les différents enjeux en présence.

hypothèses



Introduction

INTRODUCTION

Etapes suivies pour vérification des hypothèses formulées

❖ Cartographier et déterminer les zones à risques pour le bassin le plus vulnérable au changement climatique à l'aide d'une modélisation hydraulique et hydrologique.

❖ Déterminer la ville la plus vulnérable au changement climatique des cinq provinces

❖ Analyser la vulnérabilité globale des populations en lien avec les facteurs identifiés pour toutes les villes d'étude

❖ Evaluer les degrés de vulnérabilités dans les cinq villes d'étude.

❖ Identifier et extraire les caractéristiques et les particularités pour chaque villes d'étude.

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion



Présentation de la zone d'étude: bassins présahariens, des villes oasiennes propices des risques et catastrophes naturelles

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

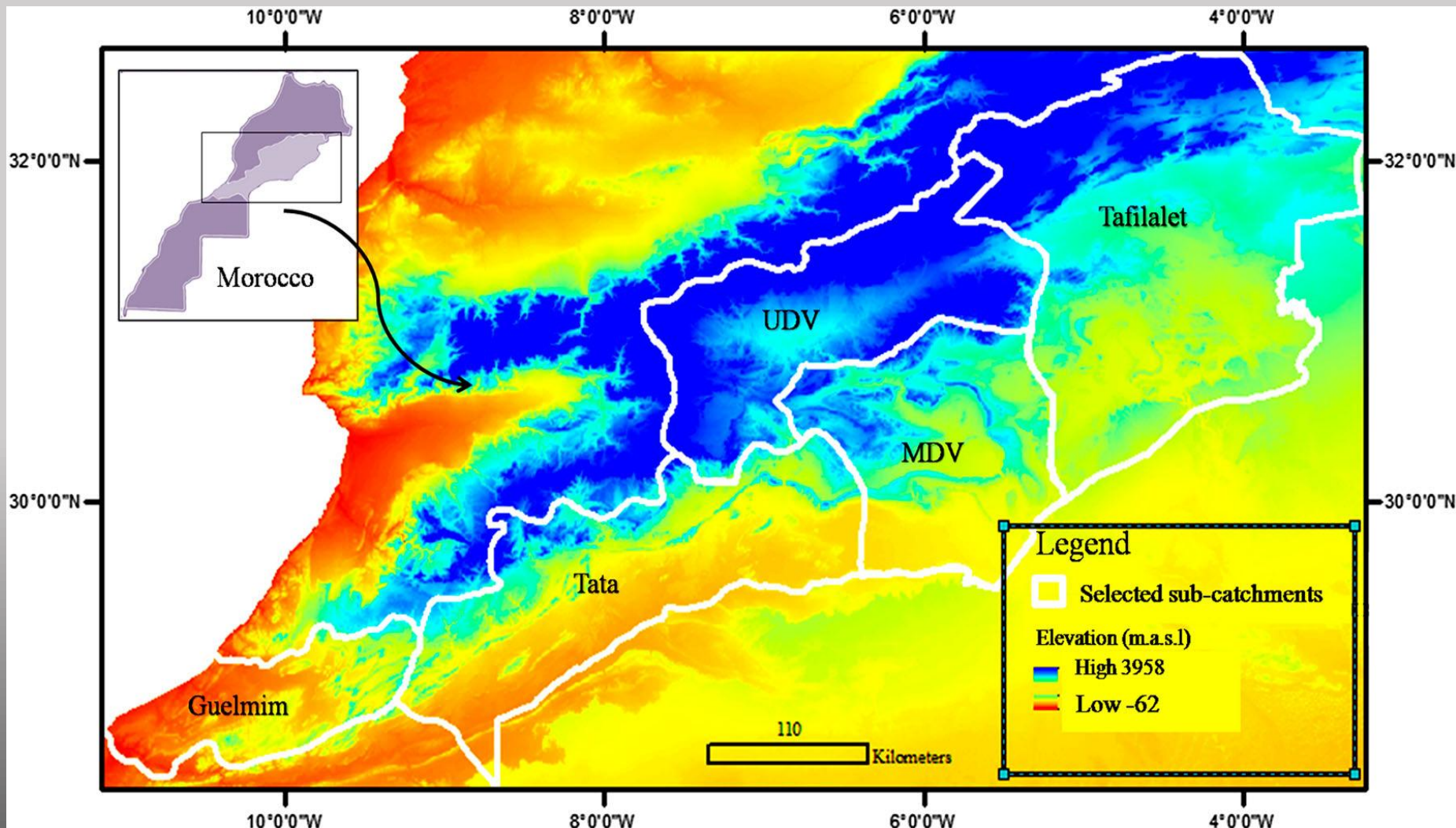


Figure I-14 : Pré-Sahara marocain : Zone oasienne, comprenant les sous-bassins versants de Guelmim, Tata, Zagora (MDV), Ouarzazate (UDV) et Errachidia (Tafilalet)

Bassins présahariens, des villes oasiennes propices des risques et catastrophes naturelles

- Facteurs climatiques et hydrologiques (Climat, pluviométrie et vents)

Climat

plan bioclimatique comme un espace semi-aride à aride, précipitations très irrégulières d'une année à l'autre

Variabilité inter-annuelle est très forte

Succession des inondations et de la sécheresse

pluviométrie

pluies sont souvent brutales et concentrées dans le temps sous forme d'orages, provoquant des crues violentes.

moyenne annuelle des précipitations n'est que de 132 mm et le nombre de jours de pluies est d'à peine vingt

vents

Les vents, par leur puissance, augmentent le pouvoir évaporant de l'atmosphère et activent le transport des sables qui menacent les sites de grande valeur (Ksour, routes, terrains agricoles, infrastructures d'irrigation, ...).

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Bassins présahariens, des villes oasiennes propices des risques et catastrophes naturelles

- facteurs socio-économiques
 - **Évolution démographique et urbaine**

Tableau I-3 : Evolution de l'extension urbaine de la ville de Guelmim(Source : Atbir, 2014)

Années	Surfaces en (ha)
1964	80
1983	400
1993	615
2003	895
2012	1226

•L'urbanisation croissante

un fort exode rural dû notamment à la sécheresse qui a frappé le monde rural durant les années 80. Ceci a conduit à l'extension des espaces urbains à côté des lits des oueds.

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Présentation de la zone d'étude: bassins présahariens, des villes oasiennes propices des risques et catastrophes naturelles

Extension de l'habitat à côté du lit de l'oued



Photographie I-7 : L'extension de l'habitat à côté du lit de l'oued Oum-Laâchar à Guelmim. Quartiers Rahma (Tarkez) et El Gramez installés près de la rive droite de l'oued (source : ATBIR, 2019)



Photographie I-8 : L'extension de l'habitat à côté du lit de l'oued Ifrane à Ifrane Anti-Atlas central (source : ATBIR, 2019)

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Evaluation de la vulnérabilité aux risques d'inondation: provinces présahariennes, Sud du Maroc

• Relation entre niveau de développement et Vulnérabilité

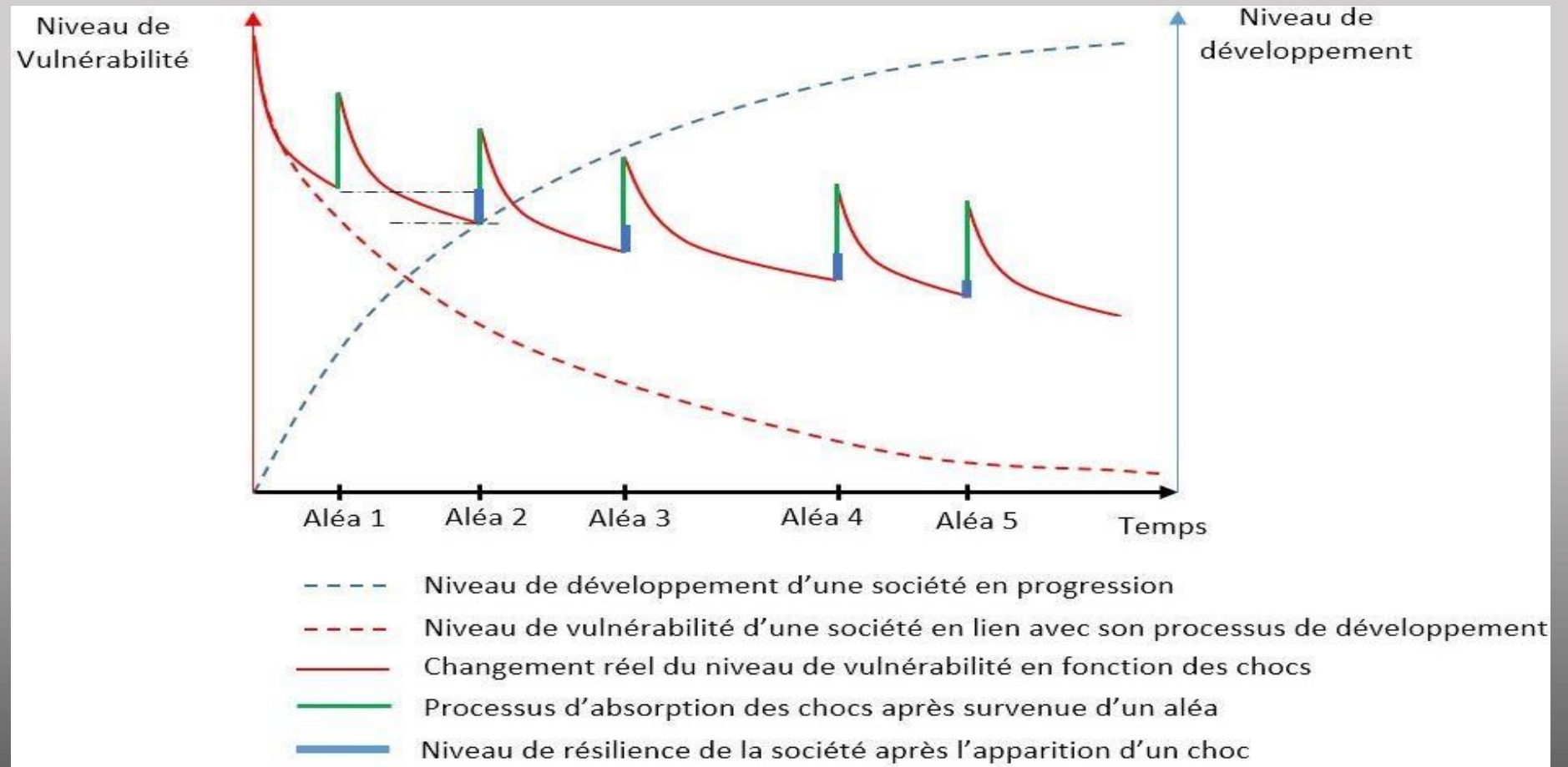


Figure I-3 : Dynamique temporelle de la vulnérabilité adaptée de Schneiderbauer 2007

Evaluation de la vulnérabilité aux risques d'inondation: provinces présahariennes, Sud du aroc

- Choix de technique d'analyse

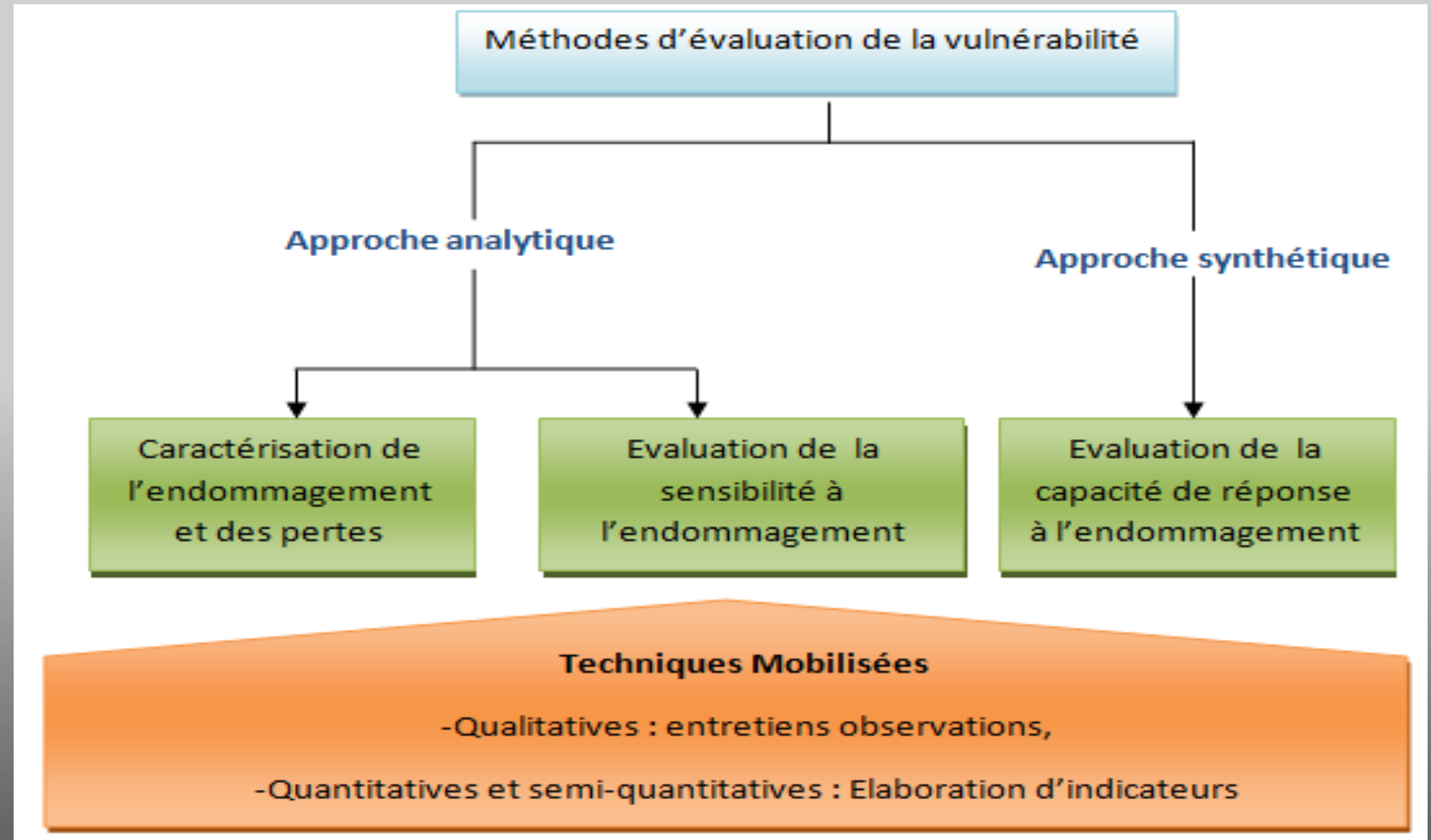
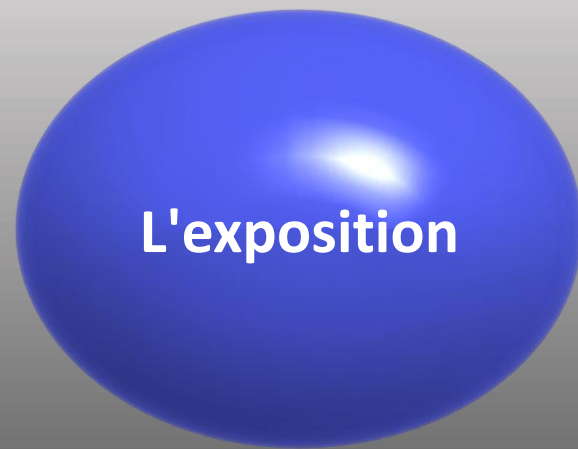


Figure I-12 : Résumé des différentes approches d'analyse de la vulnérabilité

Evaluation de la vulnérabilité aux risques d'inondation: provinces présahariennes, sud du Maroc

Mesure de de vulnérabilité à base de nouvel indice OFVI

L'OFVI général (équation (1)) relie les valeurs de tous les indicateurs aux composantes de la vulnérabilité aux inondations (climatique, physiographique, utilisation des terres, anthropique, économique et accès aux services) et aux facteurs (susceptibilité, exposition et résilience), sans équilibrage ni interpolation à partir d'une série de données



$$OFVI = \frac{\text{Exposition} * \text{Susceptibilité}}{\text{Résilience}} \quad (1)$$



Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Evaluation de la vulnérabilité aux risques d'inondation: provinces présahariennes, Sud du Maroc

- Mesure de la vulnérabilité à base de nouvel indice OFVI.

L'indice OFVI a été déterminé pour six composantes:

climatique

Anthropique

Accès aux services

physiographique

Economique

Utilisation des terres

L'OFVI global pour chaque échelle a été déterminé par le calcul de l'indice à partir des indicateurs

Echelle urbaine

Echelle du SVB

34

indicateurs

36

indicateurs

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Evaluation de la vulnérabilité aux risques d'inondation: provinces pré-sahariennes, Sud du Maroc

- *Tableau II-1 : Relation entre les composantes et les facteurs d'exposition, de susceptibilité et de résilience.*

Composant	Exposition	Echelle	Susceptibilité	Echelle	Résilience	Echelle
Climat	Forte pluviométrie (Hr)	SU				
	Taux d'évaporation (Er)	SU				
	Fréquence d'apparition (Fo)	S				
	Evapo/Rainfall (Ev/R)	SU				
Physio-graphique	Topographie (T)	SU			Barages et capacité de stockage (Dsc)	SU
	Proximité de la rivière (Pr)	SU			Routes (Rd)	SU
	Débit du fleuve (Rds)	SU			Digues / levées (DI)	SU
Utilisation des terres	Zone dégradée (Da)		Réserves naturelles (Nr)	S	Temps de récupération aux inondations (Rt)	U
	Zone de terre non habitée (Ula)		Industries (In)	U	Zone forestière (Fa)	S
	% de la zone urbanisée (Ua)		Croissance urbaine (Ug)	SU	Zone verte (Ga)	U
	Contact avec la rivière (Cr)		Système de drainage (Ds)	U		
Anthro-pogène	Densité de population (Pd)	SU	Expérience passée (Pe)	SU	Système d'alerte (Ws)	SU
	Population en zone inondable (Pfa)	SU	Sensibilisation et préparation (A)	SU	Routes d'évacuation (Ed)	SU
	% de la zone urbaine (Ua)	S	Pénétration des communications (Cp)	SU	Service d'urgence (Es)	U
	Population rurale (Rp)	S	Croissance de la population	U		
	Patrimoine culturel (C)	U	Mortalité infantile	SU		
	HDI(H)	SU	Personnes handicapées	SU		
	Indice d'espérance de vie (Lex)	S	Hôpitaux et abris (Hs)	SU		
Economie	Indice d'espérance de vie (Lex)	SU	Chômage (Un)		Barages et capacité de stockage (Dsc)	SU
	Proximité d'une rivière (Pr)	S	Inégalité (In)		Assurance contre les inondations (Fi)	SU
	% de la zone urbanisée (Ua)	S	Croissance urbaine (Ug)		Temps de récupération (Rt)	U
			Mortalité infantile (Cm)		Expérience passée (Pe)	SU
				Digues/levées (DI)	SU	
				Reprise économique (Er)	SU	
Accès aux services			Personnes handicapées (Dp)	SU	Routes d'évacuation (Ed)	SU
			Mortalité infantile (Cm)	SU	Hôpitaux et abris (Hs)	U
			Pénétration de la communication (Cp)	SU	Service d'urgence (Es)	U

Où : S, représente l'échelle du sous-bassin versant ; et U, représente l'échelle urbaine

Evaluation de la vulnérabilité aux risques d'inondation: provinces présahariennes, Sud du Maroc

Mesure de la vulnérabilité à base de nouvel indice OFVI.

Formules utilisées pour le calcul des différentes composantes climatique, physiographique, utilisation des terres, anthropique, économique et accès aux services

Composantes	Echelle urbaine	Echelle du sous bassin versant
Climatique	$OFVIc = \left[Hr, Er, \frac{Ev}{Er} \right]$ (2)	$OFVIc = \left[Hr, Er, \frac{Ev}{Er}, Fo \right]$ (8)
Physiographique	$OFVIph = \frac{[T, Pr, Rds]}{[Dsc, Rd, Dl]}$ (3)	$OFVIph = \frac{[T, Pr, Rds]}{[Dsc, Rd, Dl]}$ (9)
Utilisation des sols	$OFVilu = \frac{[Cr, In, Ug, Ds]}{[Rt, Ga]}$ (4)	$OFVilu = \frac{[Da, Ula, Ua, Nr, Ug]}{[Fa]}$ (10)
Anthropique	$OFVIan = \frac{[Pr, Pfa, C, H, Pe, A, Cp, Cm, Dp, Hs]}{[Ws, Ed, Es]}$ (5)	$OFVIan = \frac{[Pr, Pfa, Ua, Rp, H, Lex, Pe, A, Cp, Cm, Dp, Hs]}{[Ws, Ed]}$ (11)
Economique	$OFViec = \frac{[Pr, Un, In, Ug, Cm]}{[Dsc, Fi, Rt, Pe, Dl]}$ (6)	$OFViec = \frac{[Pr, Ua, Ai, Un, In, Ug, Sm]}{[Dsc, Fi, Pe, Dl, Er]}$ (12)
Accès aux services	$OFVIas = \frac{[Dp, Cm, Cp]}{[Ed, Hs, Es]}$ (7)	$OFVIas = \frac{[Dp, Cm, Cp]}{[Ed]}$ (13)

$$OFVI_{\text{standardisé}} = \frac{[OFVI_{\text{echele}}]}{[OFVI_{\text{max}}]}$$

Evaluation de la vulnérabilité aux risques d'inondation: provinces pré-sahariennes, Sud du Maroc

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

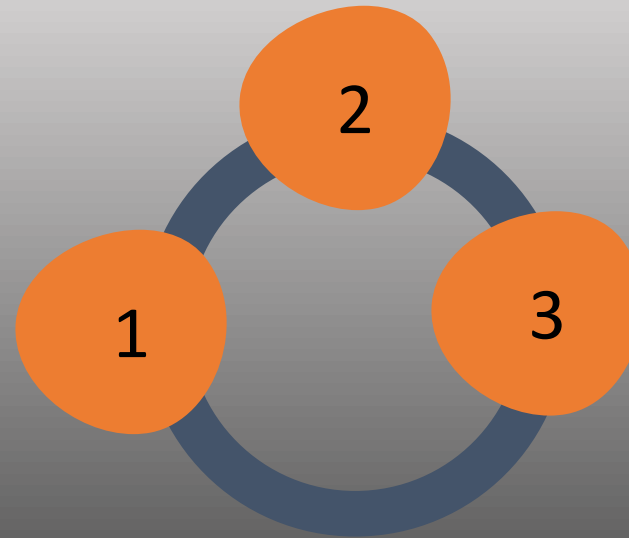
Cartographie du risque d'inondation

conclusion

- Mesure de la vulnérabilité à base de nouvel indice
 - **Données pour calculer l'OFVI**

Les valeurs calculées à l'aide de cartes ou de données dispersées

Les données disponibles fournies par les organisations officielles



Les données non disponibles ont été approximées en utilisant l'enquête

Evaluation de la vulnérabilité aux risques d'inondation: provinces pré-sahariennes, Sud du Maroc

- Mesure de la vulnérabilité à base de nouvel indice OFVI

Tableau II-2 : Désignations de la vulnérabilité aux inondations de l'Oasean telles que proposées sur la base de l'échelle de 0 (aucun dommage) à 1 (dommage total) définie par les Nations Unies (1979) et de Balica et al.

Valeur de l'indice	Désignations
<0.01	Très faible vulnérabilité aux inondations
0,01–0,25	Faible vulnérabilité aux inondations
0,25–0,5	Vulnérable aux inondations
0,5–0,75	Vulnérabilité élevée aux inondations
0,75–1	Vulnérabilité très élevée aux inondations

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

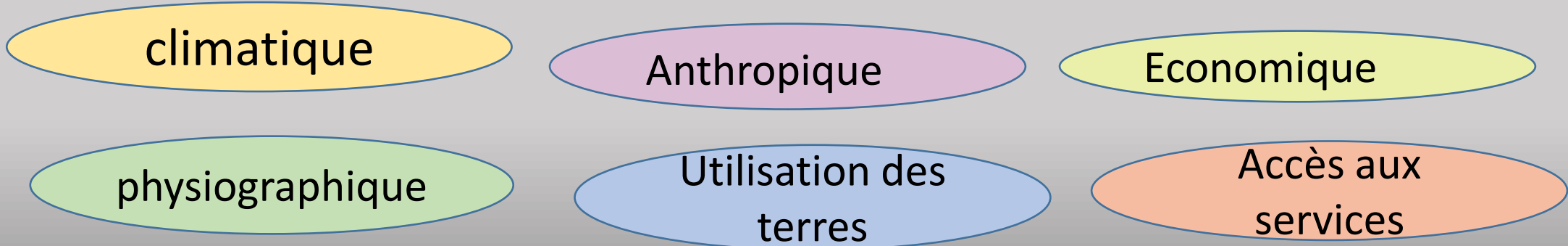
Introduction

Evaluation de la vulnérabilité aux risques d'inondation: provinces pré-sahariennes, Sud du Maroc

Indice total de vulnérabilité aux inondations

Présentation de zone d'étude

L'analyse de la vulnérabilité aux inondations de l'Oasean a été réalisée en utilisant une évaluation détaillée des six composantes de la vulnérabilité aux inondations :



Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

Ces composantes ont été rassemblées et calculées pour donner la vulnérabilité globale.

;

*OFVI*_{Climatique}, *OFVI*_{physiographique}, *OFVI*_{L'utilisation des terres}, *OFVI*_{Antropique},
*OFVI*_{Economique} and *OFVI*_{Accès aux services}

conclusion

$$\text{Total } OFVI = \sum OFVI_c, OFVI_{ph}, OFVI_{lu}, OFVI_a, OFVI_e, OFVI_{as}$$

Résultats

- A l'échelle urbaine du pré-Sahara marocain

Composante physiographique

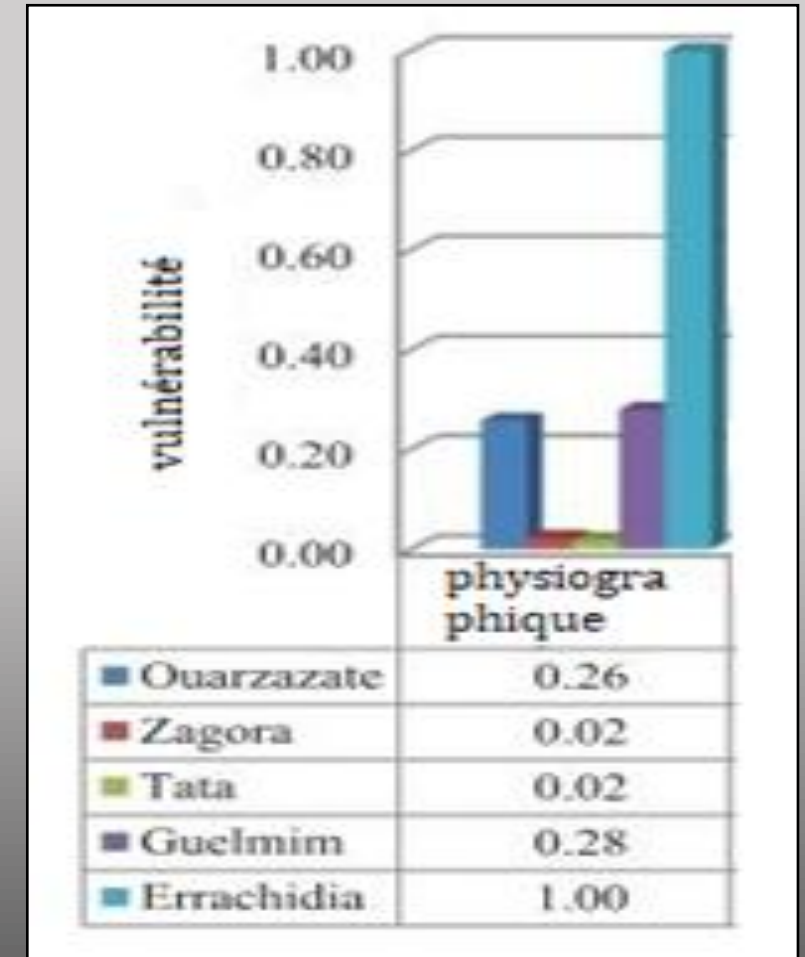
Errachidia (1) : **vulnérabilité très élevée**

Guelmim (0,28) : **vulnérables**

Ouarzazate (0,26) : **vulnérables**

Tata (0,02) : **peu vulnérables.**

Zagora (0,02) : **peu vulnérables.**



Indice de vulnérabilité aux inondations

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

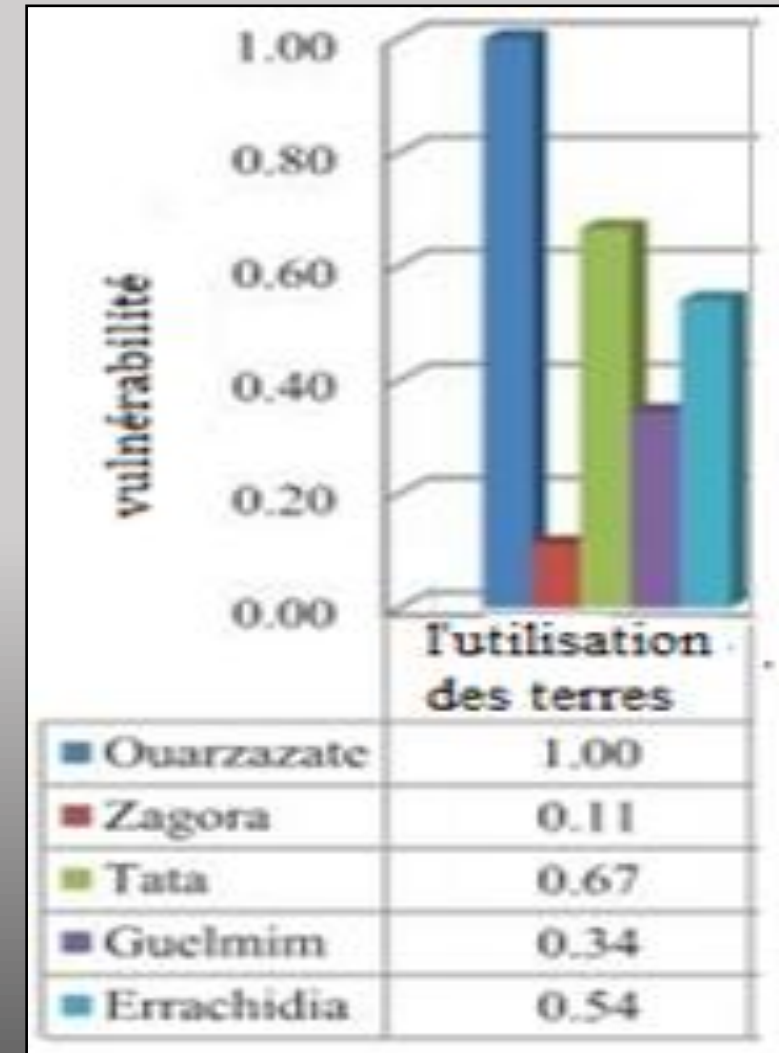
conclusion

Résultats

A l'échelle urbaine du pré-Sahara marocain

Composante de l'utilisation des terres

- Ouarzazate (1) : **vulnérabilité très élevée**
- Tata (0.67) : **vulnérabilité élevée**
- Errachidia (0.54): **vulnérabilité élevée**
- Guelmim (0,34) : **vulnérable**
- Zagora (0,11): **faible vulnérabilité**



Indice de vulnérabilité aux inondations

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Résultats

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

- A l'échelle urbaine du pré-Sahara marocain

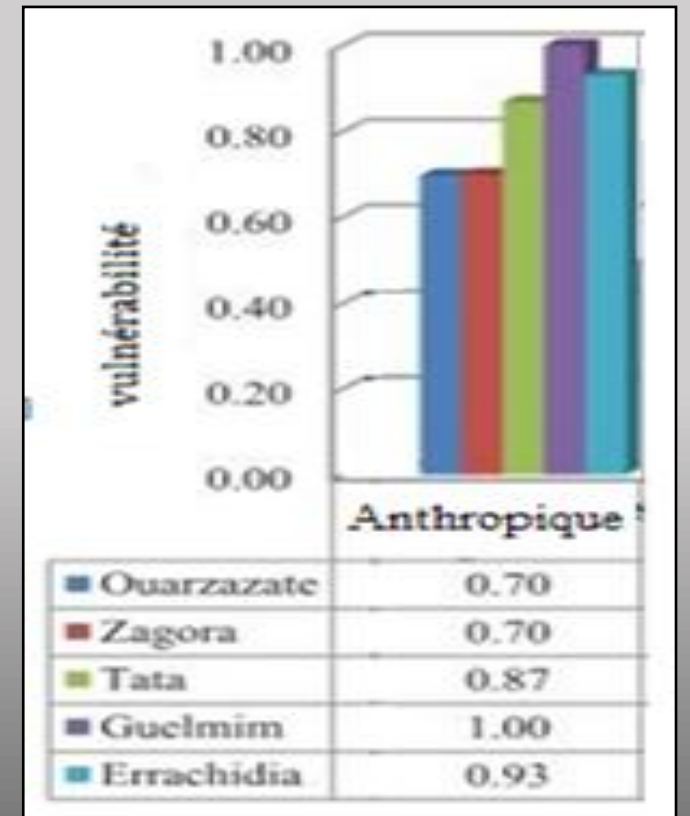
Composante anthropique

Guelmim (1),
Errachidia (0,93)
Tata (0,87)

vulnérabilité très élevée
vulnérabilité très élevée
vulnérabilité très élevée

Ouarzazate (0,7)
Zagora (0,7)

vulnérabilité élevée
vulnérabilité élevée



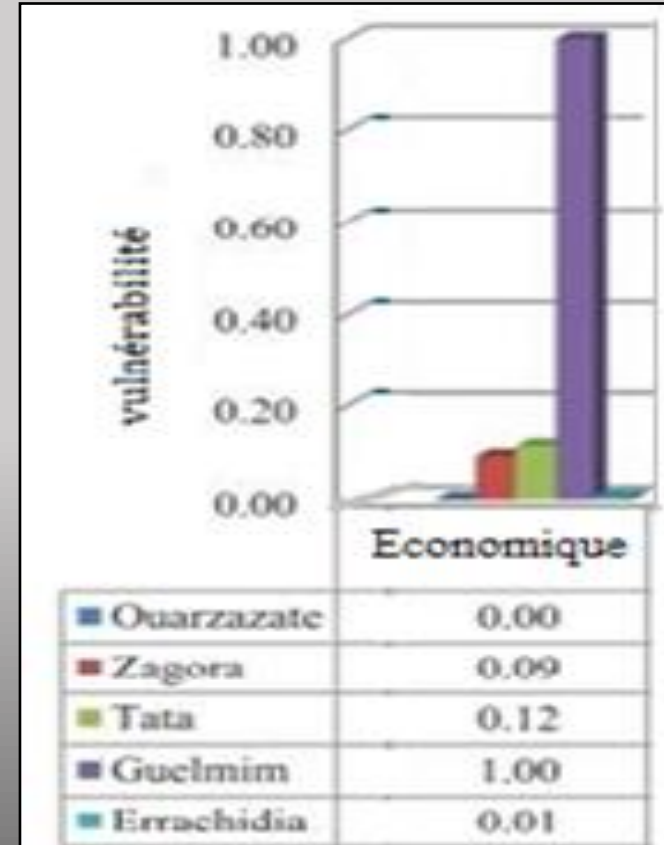
Indice de vulnérabilité aux inondations

Résultats

- A l'échelle urbaine du pré-Sahara marocain

- *Composante économique*

- Guelmim (1) **vulnérabilité très élevée**
- Tata (0,12) **faible vulnérabilité**
- Zagora (0,09) **faible vulnérabilité,**
- Ouarzazate (0,00) **très faible vulnérabilité**
- Errachidia (0,01) **très faible vulnérabilité.**



Indice de vulnérabilité aux inondations

Résultats

- A l'échelle urbaine du pré-Sahara marocain

- *Composante économique*

Le **barrage Mansour Eddahbi (560 Mm³)** près de la ville de Ouarzazate et en amont de la ville de Zagora,

Le barrage appelé Tiouine (100 Mm³) .

plus cinq autres petits réservoirs dans la province de Zagora:

Agdez (3,14 m³/s),

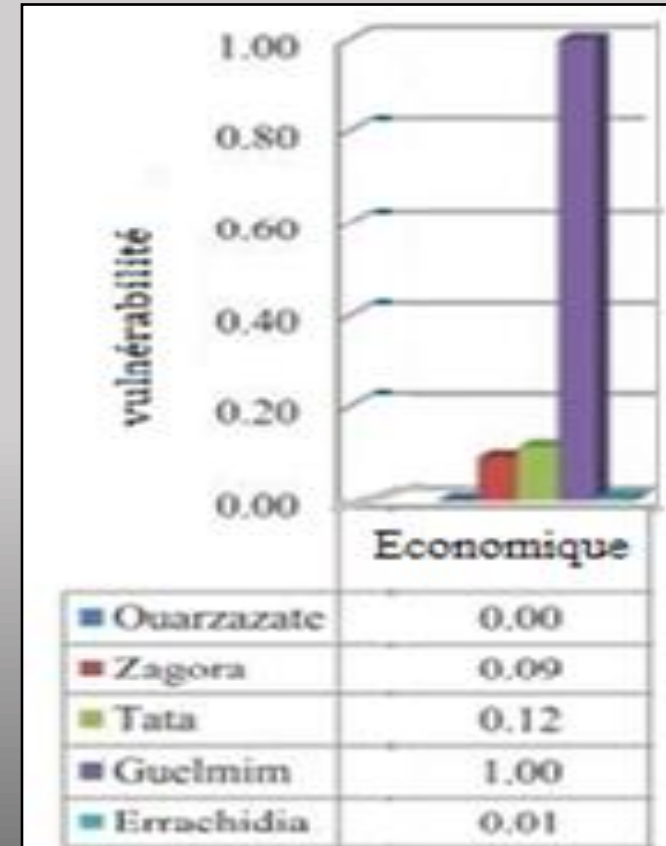
Tansikht (6,77 m³/s),

Ifly (11 m³/s),

Azghar (3. 3-11 m³/ s)

et Bounou (4 m³/s), où Agdez, Tnasikht et Ifly sont situés en amont de la ville de Zagora

Le barrage Hassan Edakhil(347,0 Mm³) situé en amont de la ville d'Errachidia



Indice de vulnérabilité aux inondations

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

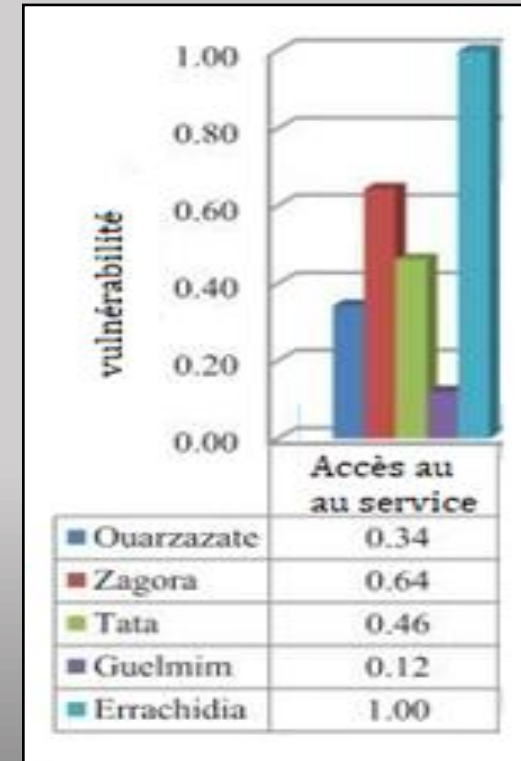
Résultats

A l'échelle urbaine du pré-Sahara marocain

• Composante accès aux services

- Errachidia (1) **vulnérabilité très élevée**
- Zagora (0,46) **vulnérabilité élevée**
- Tata (0,46) **vulnérables**
- Ouarzazate (0,34) **vulnérables.**
- Guelmim (0,12) **faible vulnérabilité**

La faible vulnérabilité de Tata et Ouarzazate est due aux facteurs suivants : faible pluviométrie, faible valeur d'utilisation des terres et taux d'évaporation/pluie élevé.



Indice de vulnérabilité aux inondations

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Résultats

- A l'échelle urbaine du pré-Sahara marocain

- *Composante climatique*

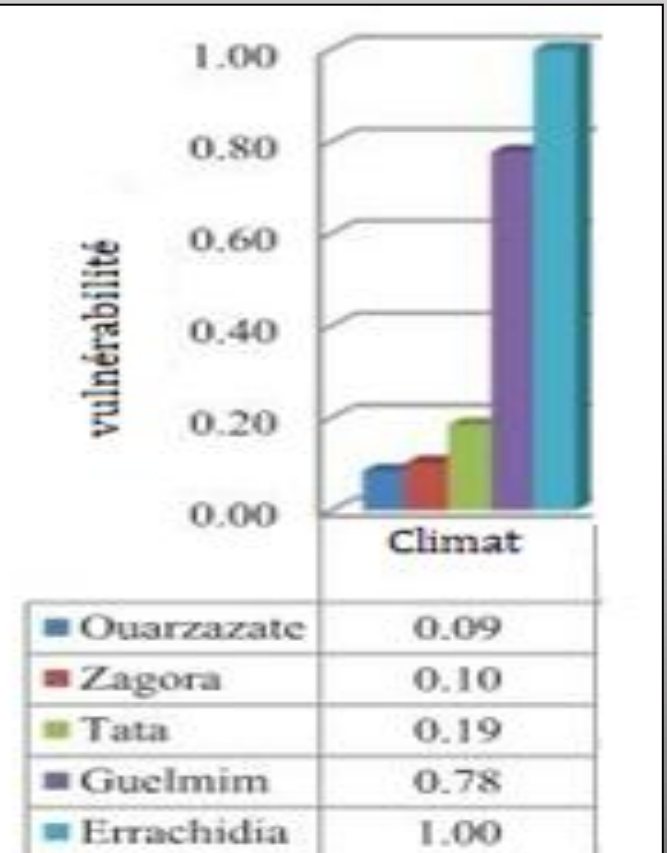
Errachidia (1): **vulnérabilité très élevée**

Guelmim (0,78) : **vulnérabilité très élevée**

Tata (0,19): **faible vulnérabilité**

Zagora (0,10): **faible vulnérabilité**

Ouarzazate (0,09): **faible vulnérabilité**



Indice de vulnérabilité aux inondations

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Résultats

- A l'échelle urbaine du pré-Sahara marocain

- *Indice total de vulnérabilité aux inondations de l'Oasean (OFVI total)*

Errachidia (0,75) : **très fortement vulnérable,**

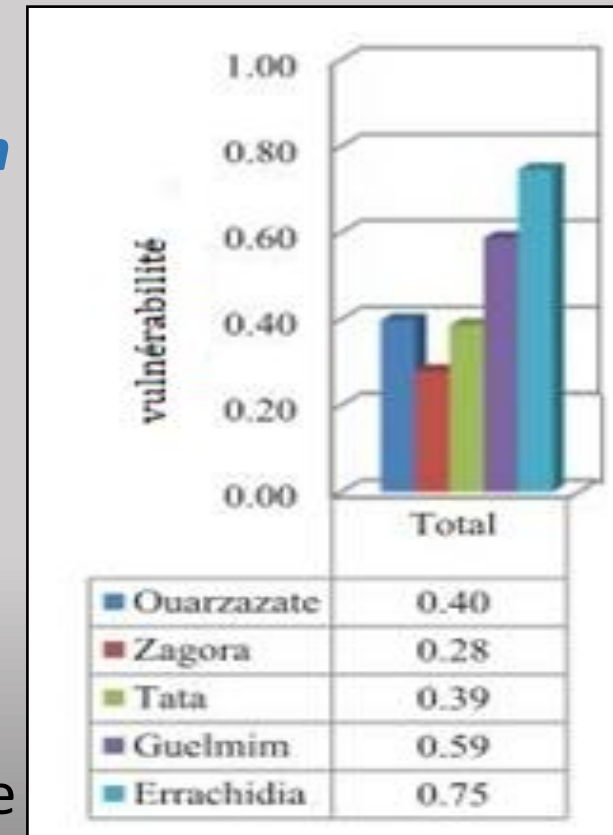
Guelmim (0,59) : **très vulnérable**

Ouarzazate (0,40): **vulnérables aux inondations**

Tata (0,39) : **vulnérables aux inondations**

Zagora (0,28) : **vulnérables aux inondations**

En comparant ces quatre dernières villes, le total de l'OFVI fait d'Errachidia et Guelmim la zone urbaine la plus vulnérable, puis Ouarzazate, Tata, et Zagora.



**Indice de vulnérabilité
aux inondations**

Introduction

Présentation
de zone
d'étude

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

synthèse

A l'échelle urbaine du pré-Sahara marocain

- La gestion des inondations permet de diminuer les impacts des inondations sur le secteur socio-économique dans la région présaharienne.

- 1- le gouvernement devrait imposer que les futurs projets de développement soient conformes à la vulnérabilité locale aux inondations.

- 2- la réhabilitation des problèmes de gestion des inondations peuvent être planifiés à l'avance.

Introduction

Présentation
de zone
d'étude

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

Résultats

A l'échelle urbaine du pré-Sahara marocain

- **Indice de vulnérabilité aux inondations de l'oase à l'échelle urbaine**

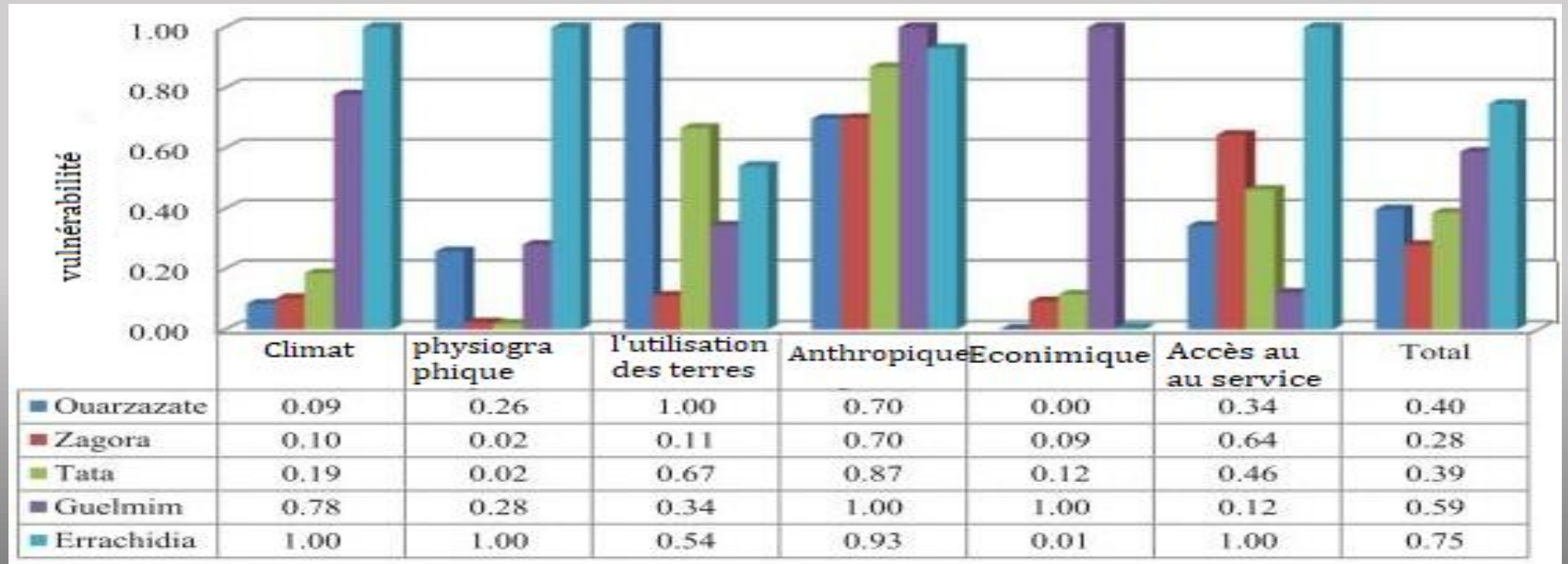


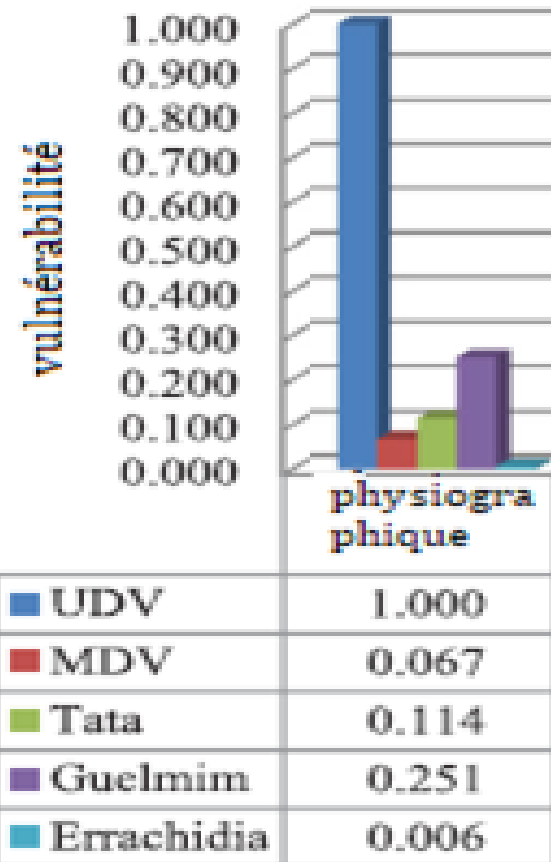
Figure II-3 : Indice de vulnérabilité aux inondations de l'Oase des cinq zones urbaines; Le climat, la physiographie, l'utilisation des terres, l'anthropique, l'économique, l'accès aux services, et l'OFVI total.

Résultats

A l'échelle des sous-bassins versants du pré-Sahara marocain

• 4.3.2.2 Composante physiographique

- Le sous-bassin versant de l'UDV (1) est physiquement le plus vulnérable aux inondations (**vulnérabilité très élevée**) en raison de l'effet du grand relief variant entre 4000 et 1000 (m.a.s.l.),
- alors que Guelmim **est vulnérable** (0,25)
- Tata (0,11) : **faible vulnérabilité**
- MDV (0,065) et Errachidia (0,006) étant respectivement, **petite** et **très petite vulnérabilité aux inondations.**



Indice de vulnérabilité aux inondations

Résultats

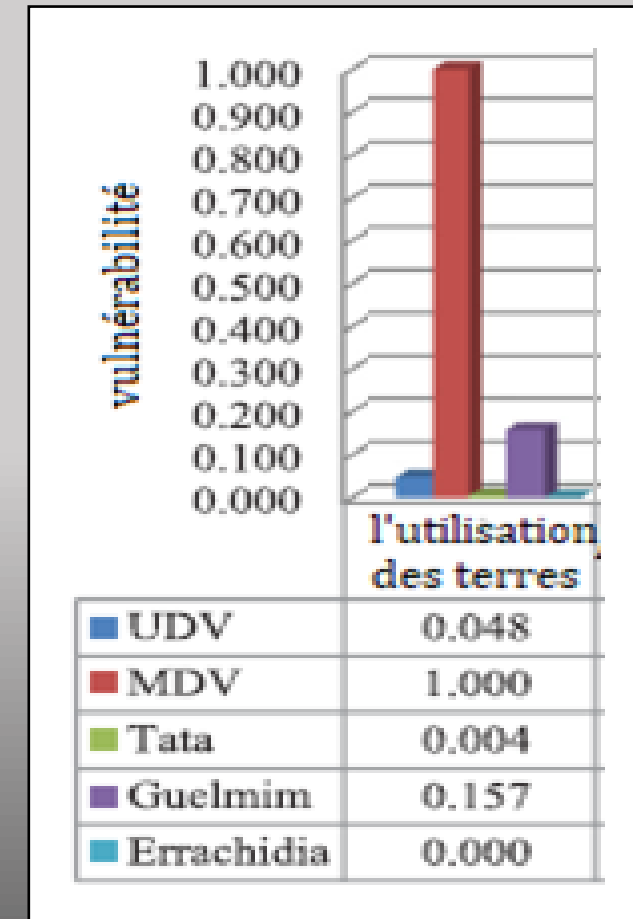
A l'échelle des sous-bassins versants du pré-Sahara marocain

- *Composante d'utilisation des terres*

- MDV (1): **vulnérabilité très élevé**
- Guelmim (0,15) : **faible vulnérabilité**
- UDV (0,048): **faible vulnérabilité**

- Les valeurs de l'OFVI Lu **d'Errachidia** et **de Tata** sont **proches de zéro**. Ces valeurs peuvent être expliquées par la faible influence anthropique.

-Ces valeurs peuvent aider l'analyse de la vulnérabilité aux inondations à définir des stratégies pour la réduction de l'OFVI de l'utilisation des terres pour les zones ayant une vulnérabilité très élevée.



**Indice de vulnérabilité
aux inondations**

Introduction

Présentation
de zone
d'étude

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

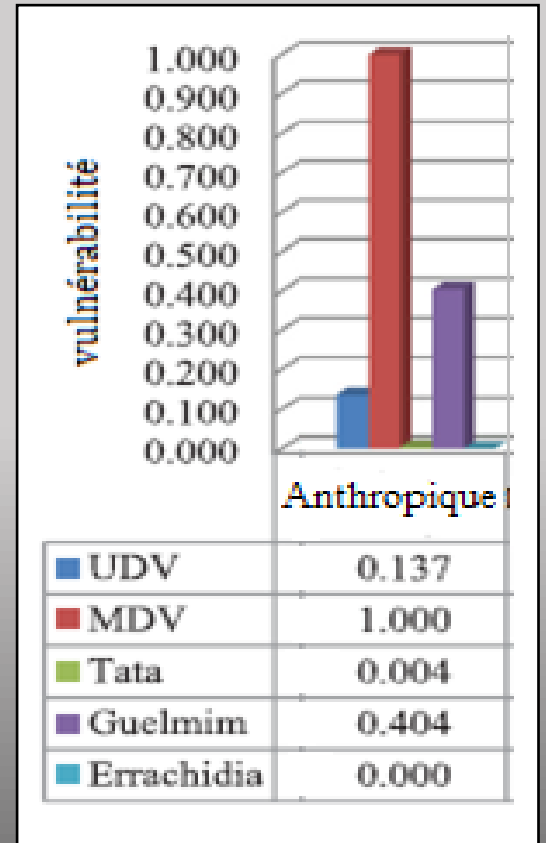
conclusion

Résultats

A l'échelle des sous-bassins versants du pré-Sahara marocain

Composante anthropique

- MDV (1) : **vulnérabilité très élevée**
- Guelmim(0,40) : **vulnérable.**
- l'UDV (0,13) : **peu vulnérable**
- Errachidia: **très peu vulnérables**
- Tata : **très peu vulnérables**



**Indice de vulnérabilité
aux inondations**

Introduction

Présentation
de zone
d'étude

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

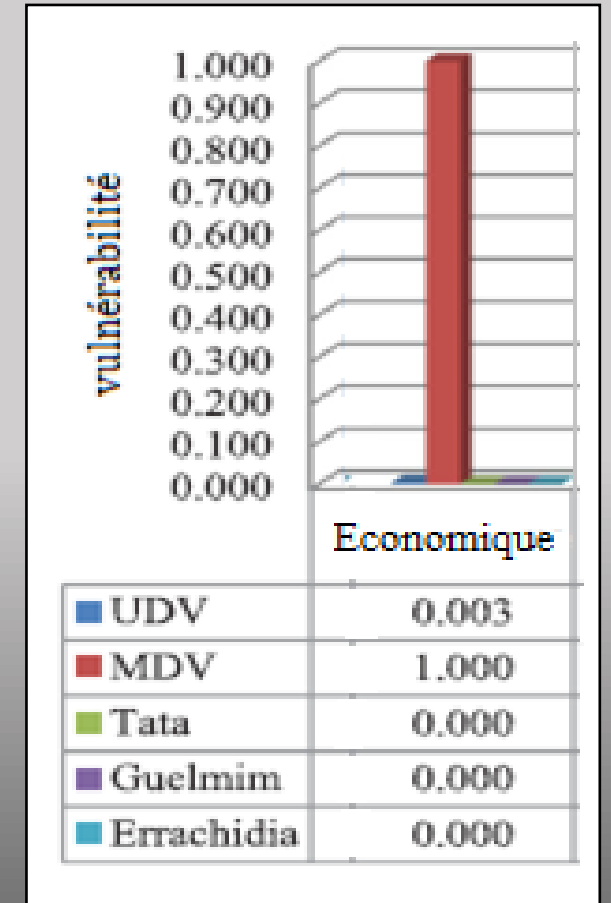
Résultats

A l'échelle des sous-bassins versants du pré-Sahara marocain

Composante économique

-MDV est plus **vulnérable** aux inondations que les autres sous-bassins versants pré-sahariens

-les derniers sous-bassins obtiennent des valeurs de 0 à des valeurs proches de 0, avec une faible différence entre eux. La capacité de stockage a une grande influence sur la composante économique de l'OFVI.



**Indice de vulnérabilité
aux inondations**

Introduction

Présentation
de zone
d'étude

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

Résultats

A l'échelle des sous-bassins versants du pré-Sahara marocain

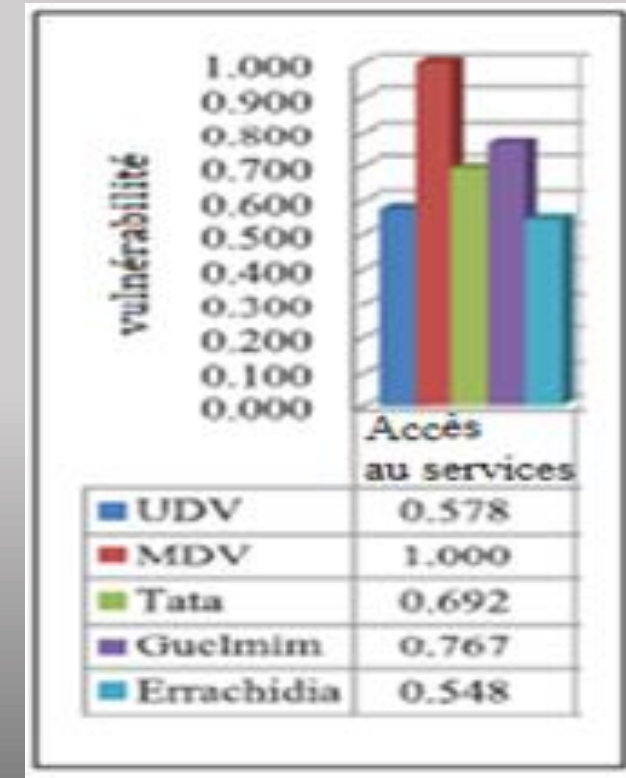
Introduction

Présentation
de zone
d'étude

• *Composante d'accès aux services*

- MDV (1) : **vulnérabilité très élevée**
- Guelmim (0,76) : **vulnérabilité très élevée**
- Tata (0,69): **vulnérabilité élevée**
- UDV (0,57): **vulnérabilité élevée**
- Errachidia (0,54) : **vulnérabilité élevée**

- La vulnérabilité relativement élevée de ces sous-bassins versants est due aux facteurs suivants : le petit nombre d'hôpitaux et de services d'urgence équipés, le taux élevé de mortalité infantile et la faible pénétration des communications.



Indice de vulnérabilité
aux inondations

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

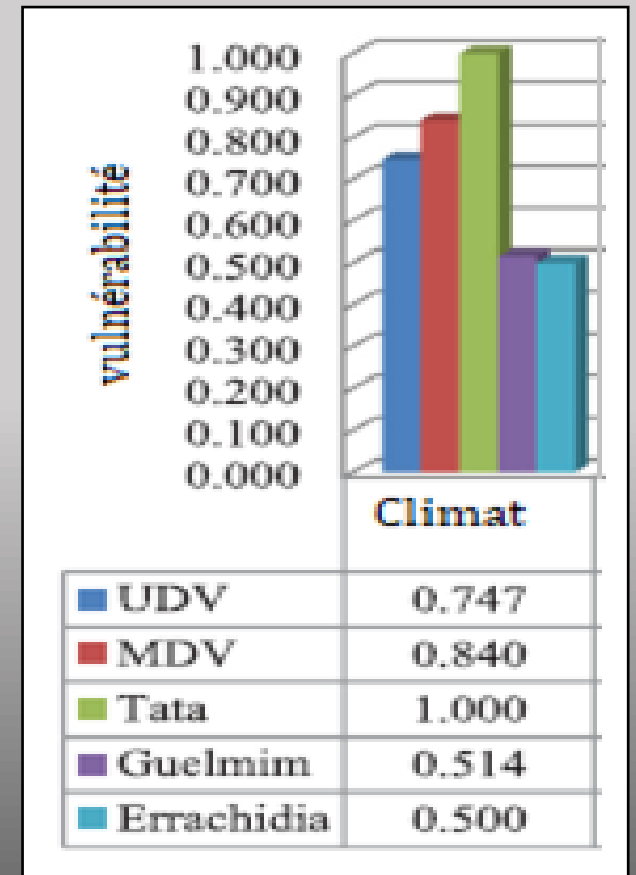
conclusion

Résultats

A l'échelle des sous-bassins versants du pré-Sahara marocain

- *Composante climatique*

- Tata (1) : : **vulnérabilité très élevée**
- MDV (0,84): : **vulnérabilité très élevée**
- UDV (0,74): **vulnérabilité élevée**
- Guelmim (0,51) : **vulnérabilité élevée**
- Errachidia(0,50) : **vulnérabilité élevée**



Indice de vulnérabilité aux inondations

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

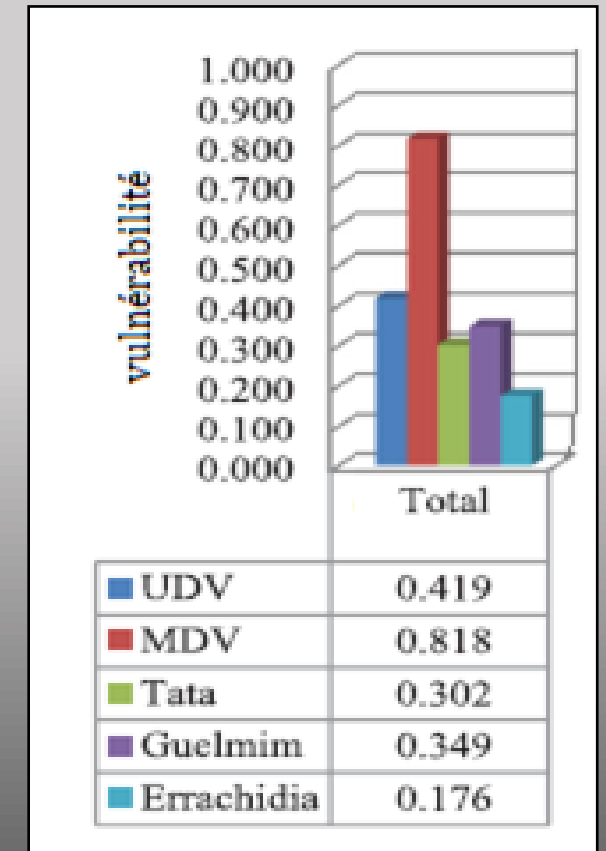
Résultats

A l'échelle des sous-bassins versants du pré-Sahara marocain

Indice total de vulnérabilité aux inondations de l'Oasean (OFVI total)

- MDV (0,81) : **très vulnérable**
- Tata (0,30) : **vulnérables**
- Guelmim (0,34) : **vulnérables**
- l'UDV (0,41) : **vulnérables**
- Errachidia (0,17) : **faible vulnérabilité.**

- Le développement de plans pour réduire ces composantes peut réduire l'OFVI total du MDV.



Indice de vulnérabilité
aux inondations

Introduction

Présentation
de zone
d'étude

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

Résultats

- Indice de vulnérabilité aux inondations de l'Oasisan à l'échelle du sous-bassin versant

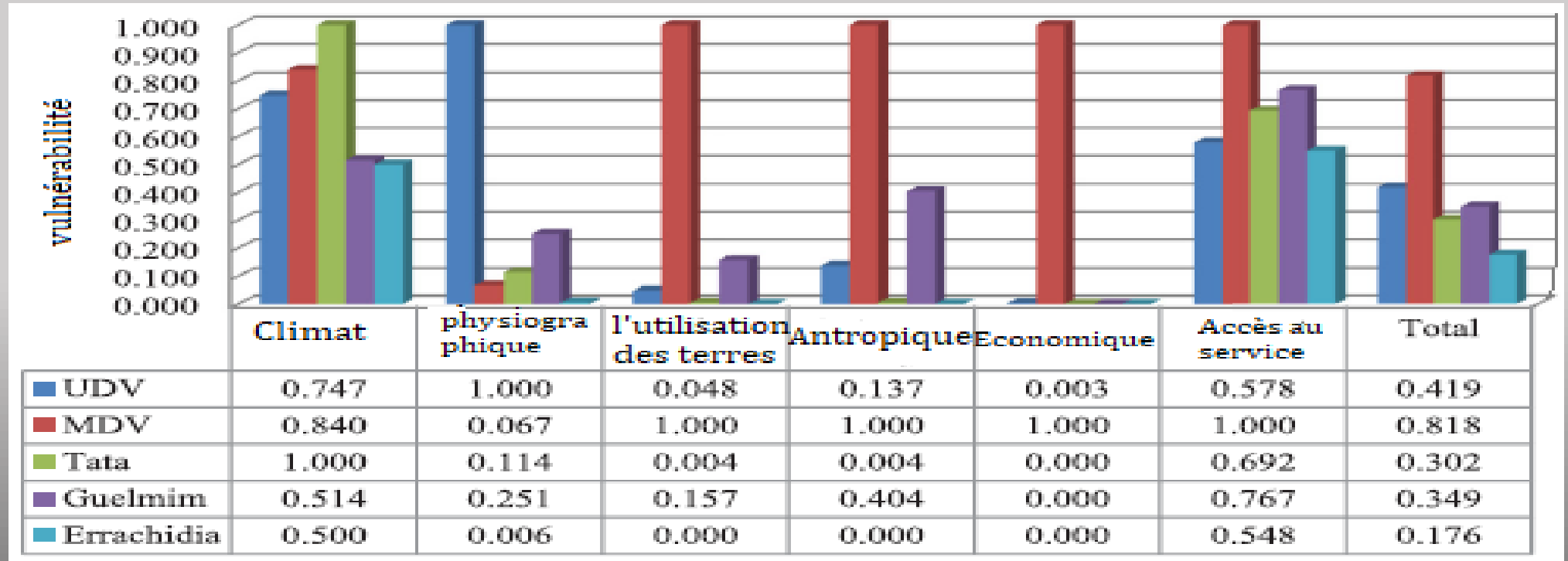


Figure II-4 : Indice de vulnérabilité aux inondations des cinq sous-bassins versants pour les composantes climatique, physiographique, utilisation des terres, anthropique, économique et accès aux services, et l'OFVI total.

Résultats

Constats-Discussion-Suggestions.

A l'échelle urbaine

le gouvernement devrait:

- ✓ Réduire la vulnérabilité anthropique qui est très élevée, principalement à Guelmim et Errachidia,
- ✓ Réduire la vulnérabilité économique à Guelmim,
- ✓ la vulnérabilité de l'utilisation des terres à Ouarzazate et Tata
- ✓ la vulnérabilité physiographique à Errachidia.

Introduction

Présentation
de zone
d'étude

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

Introduction

Présentation
de zone
d'étude

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

Résultats

Constats-Discussion-Suggestions.

A l'échelle des sous-bassins versants, le gouvernement devrait:

- ✓ Réduire les vulnérabilités climatiques, d'utilisation des terres, anthropogéniques, économiques et d'accès aux services principalement dans la vallée du Drâa moyen.
- ✓ Atténuer , **la vulnérabilité climatique dans le sous-bassin versant de Tata**, la vulnérabilité physiographique dans le sous-bassin versant de la vallée du Draa supérieur.
- Pour améliorer le niveau socio-économique des personnes les plus pauvres, le gouvernement doit:
 - ✓ investir dans les transports publics, l'éducation (écoles), les logements appropriés (économiques).
 - ✓ Réduire les inégalités sociales dans la vulnérabilité aux inondations est la bonne chose à faire (Walker et Burningham 2011).

Résultats

Comparison entre la vulnérabilité aux inondations

A l'échelle urbaine

le gouvernement devrait

- ✓ Réduire la vulnérabilité antropique dans tous les centres urbains et principalement à Guelmim d'abord et à Errachidia,
- ✓ Réduire la vulnérabilité économique à Guelmim,
- ✓ Réduire la vulnérabilité physiographique à Errachidia
- ✓ l'utilisation des terres à Ouarzazate et ensuite à Guelmim.

A l'échelle des sous-bassins versants

le gouvernement devrait

- ✓ d'abord réduire la vulnérabilité à Guelmim et ensuite dans la vallée du Moyen Drâa,
- ✓ Réduire la vulnérabilité de l'accès aux services dans les sous-bassins versants MDV et Guelmim,
- ✓ la vulnérabilité économique dans le sous-bassin versant (MDV) et physiographique dans le sous bassin versant(UDV)

Introduction

Présentation
de zone
d'étude

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

Synthèse

- **Applicabilité de l'indice de vulnérabilité aux inondations de l'Oasean (OFVI)**

Les forces de cette méthode:

Rassembler des indicateurs pour tous les aspects de la vulnérabilité aux inondations ;
Intégrer des données quantitatives et qualitatives à différentes échelles (sous-bassins versants et échelles urbaines) afin de comparer la vulnérabilité locale aux inondations (en six composantes différentes).

les principales faiblesses de cet indice :

la collecte des données qui sont très dispersées,
la complexité de la méthodologie de l'OFVI est également un point négatif, car il faut beaucoup de temps et une bonne connaissance de la zone et du système qui soutient l'OFVI

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Résultats

A l'échelle des sous bassins versants

la composante climatique

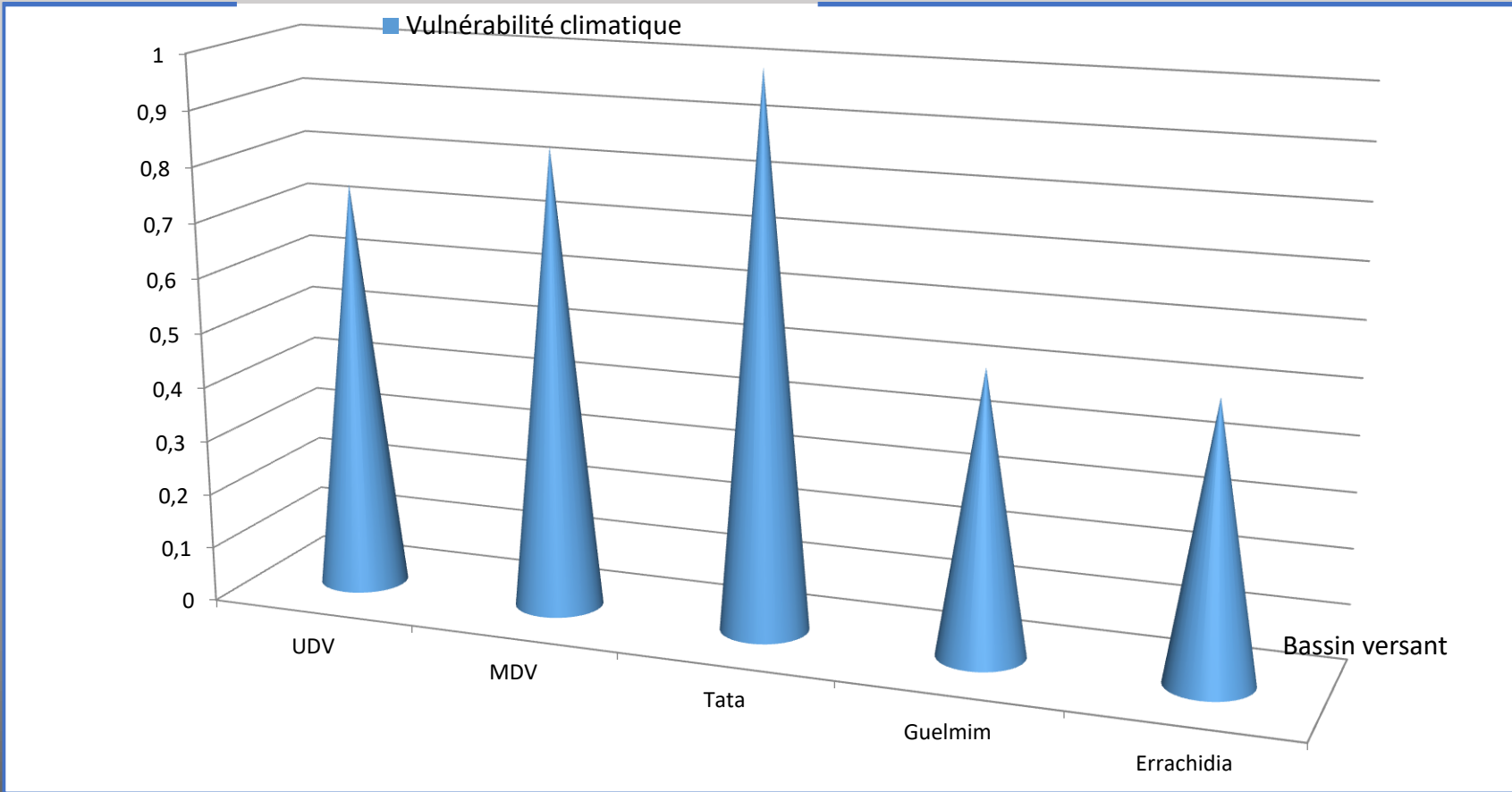


Figure II-6 : Indice de vulnérabilité aux inondations des cinq sous-bassins versants pour la composante climatique et l'OFVI total

Analyse et Cartographie des risques d'inondation : le cas du bassin versant de Tata le plus vulnérable au changement climatique

Présentation du bassin Tata

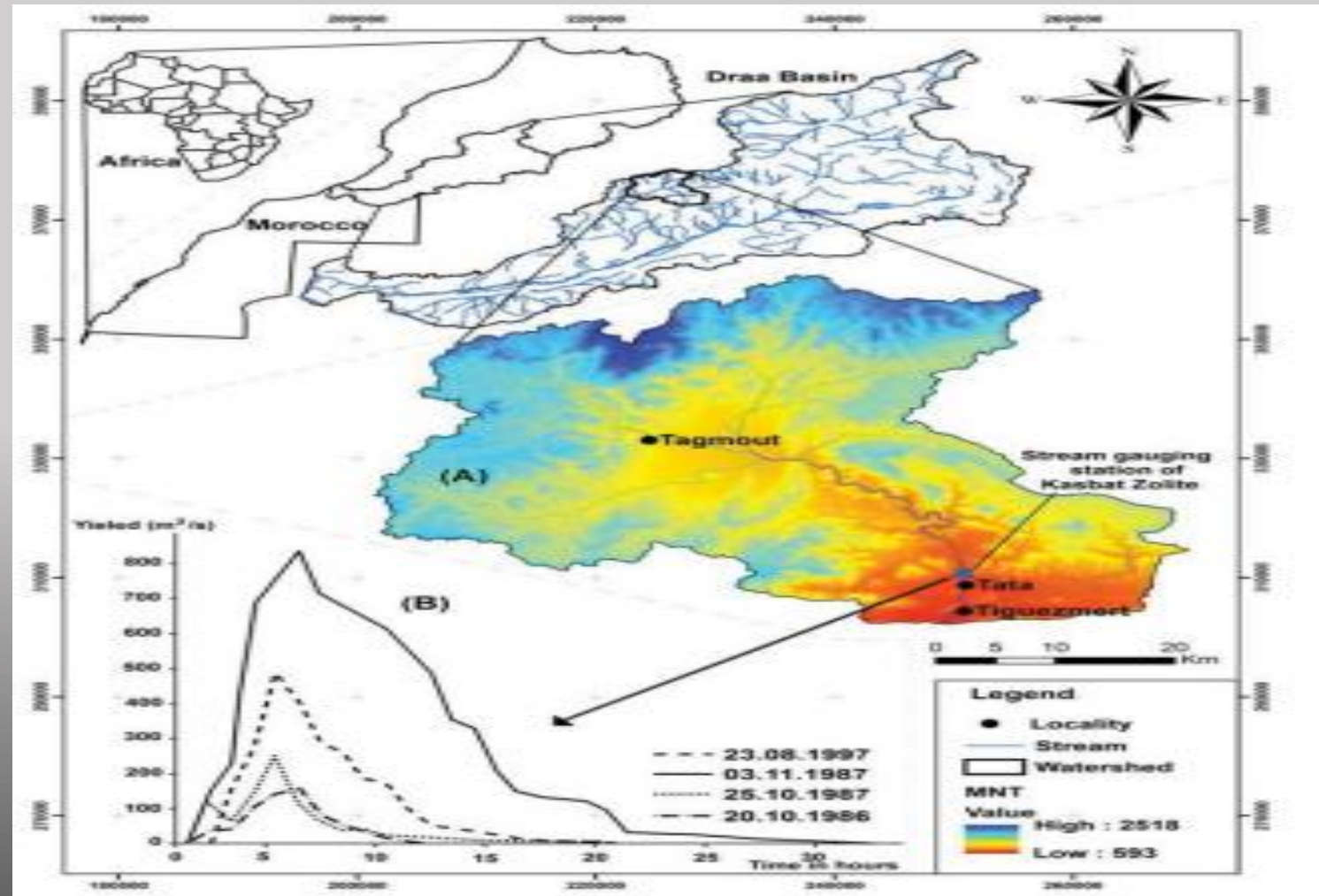


Figure II-4: Geographic situation of Tata basin: (A) Digital Elevation Model (DEM), B) Discharge hydrograms of Tata. (Echogdali FZ 2018)

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Analyse et Cartographie des risques d'inondation : le cas bassin versant de Tata le plus vulnérable au changement climatique

Analyse préliminaire des données pluviométriques

Sur la base des données mensuelles la période qui s'étend de l'année 1985 jusqu'à l'année 2010 obtenues de l'Agence de bassin versant Sous-Massa-Darâa d'Agadir. Cette investigation a pour objet d'étudier le régime pluviométrique et et analyser l'évolution des précipitations de la station de Tata.

D'après les relevés mensuels examinés nous déduisons les précipitations annuelles suivant les formules :

$$P_a = \sum P_m$$

P_a =précipitations annuelles, P_m =précipitations mensuelles

Etudier l'évolution et la variabilité de la pluviométrie dans cette zone d'étude, nous avons utilisé

L'indice de
sécheresse (IS)

L'indice de
pluviosité (IP)

Introduction

Présentation
de zone
d'étude

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

Analyse et Cartographie des risques d'inondation : le cas bassin versant de Tata le plus vulnérable au changement climatique

Analyse préliminaire des données pluviométriques

Introduction

Présentation de zone d'étude

L'indice de sécheresse (IS):

L'indice de pluviosité (IP)

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

c'est l'indice de l'écart à la moyenne.

Il permet d'estimer le déficit pluviométrique annuel. Cet écart à la moyenne est la différence entre la hauteur de précipitations d'une année P_i et la hauteur moyenne annuelle de précipitations P de la série

L'indice de pluviosité (IP) : c'est le rapport de la hauteur de précipitations d'une année P_i à la moyenne annuelle des pluies P de la série

Cartographie du risque d'inondation

$$IS = P_i - P$$

$$IP = \frac{P_i}{P}$$

conclusion

Ainsi; une année est dite humide si ce rapport est supérieur à 1 et sèche s'il est inférieur à 1.

Introduction

Analyse et Cartographie des risques d'inondation : le cas bassin versant de Tata le plus vulnérable au changement climatique

Analyse préliminaire des données pluviométriques

Présentation de zone d'étude

➤ Précipitations annuelles de la station de Tata

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

L'analyse de l'évolution des précipitations interannuelles à la station de Tata entre 1985–2010 nous indique une très grande hétérogénéité. Par ailleurs, il y a une alternance des cycles humides et cycles secs durant les trente années observées. **(Figure II-9)**

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

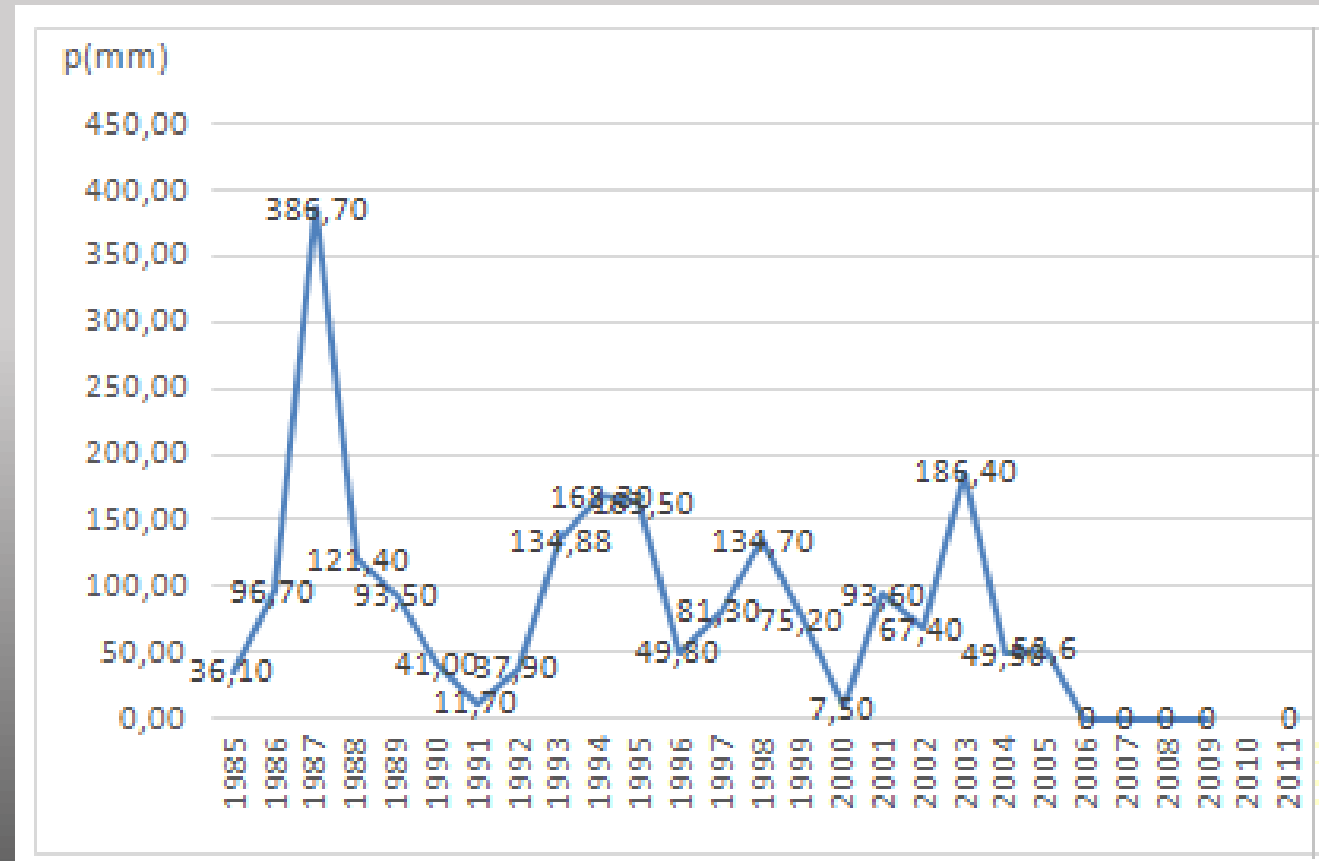


Figure II-6: Précipitations annuelles de la station de Tata

Introduction

Analyse et Cartographie des risques d'inondation : le cas du bassin versant de Tata le plus vulnérable au changement climatique

Analyse préliminaire des données pluviométriques

➤ Précipitations annuelles des moyennes quinquennales de la station de Tata

Dans l'ensemble, les moyennes pluviométriques annuelles obtenues tous les cinq ans entre 1985 et 2010 indiquent qu'une période quinquennale a été humide entre 1995 et 2000 (Figure II-10), mais elle ne demeure pas, elle est suivie par une baisse de la pluviométrie en particulier.

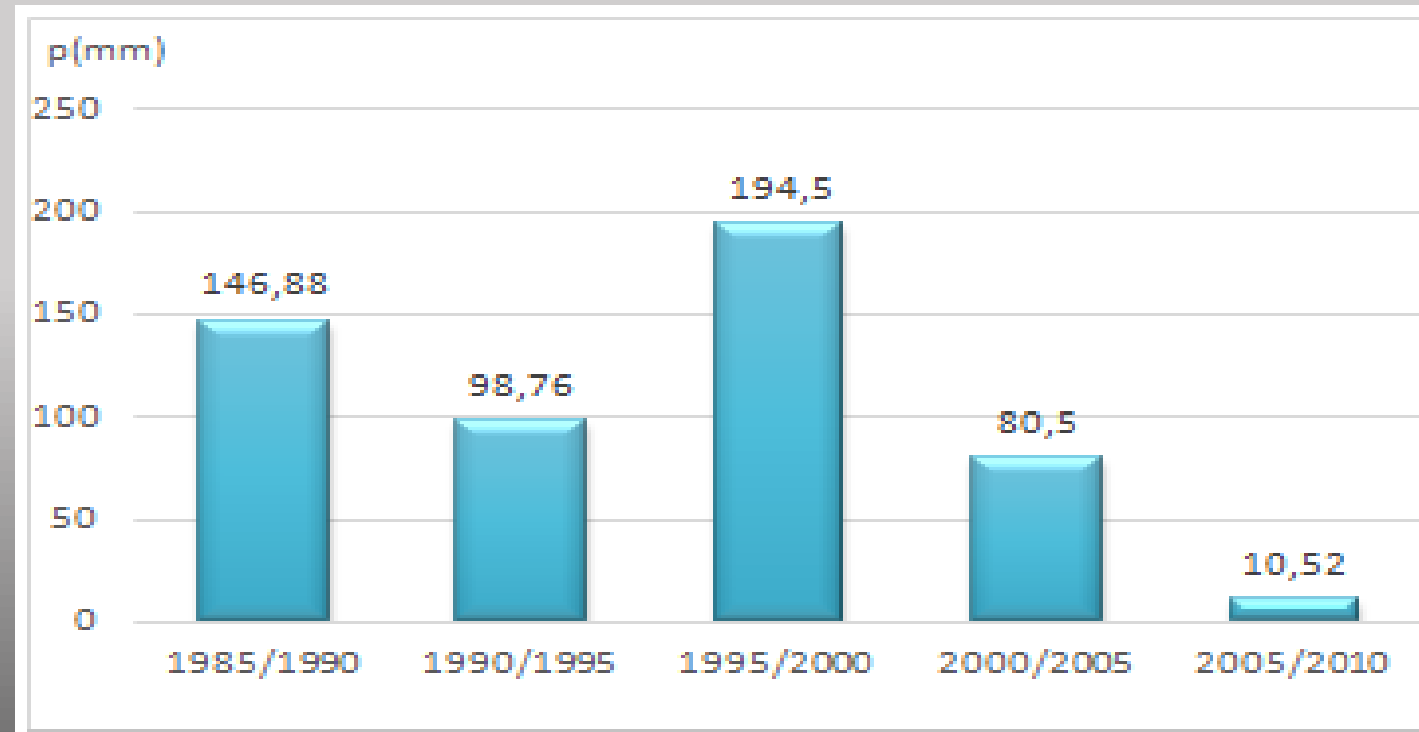


Figure II-7 : Evolution des moyennes annuelles quinquennales à Tata

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Analyse et Cartographie des risques d'inondation : le cas du bassin versant de Tata le plus vulnérable au changement climatique

Analyse préliminaire des données pluviométriques

➤ Sécheresse hydrologique entre la période de 1985 et 2010

La sécheresse hydrologique constatée entre la période de 1985 et 2010 aboutit à des déficits pluviométriques graves. Le Tableau II-4 illustre quelques exemples d'années qui ont connu des sécheresses hydriques considérables

Tableau II-5 : Illustration de quelques cas de sécheresse hydrique entre 1985 et 2010 à Tata

Année	Précipitation annuelles (mm)	Moyenne (mm)	Déficit (mm)	Indice de pluviosité	% Déficitaire
1991/1992	11,70	30	18,30	0,39	-61%
2000/2001	7,50	30	22,50	0,25	-75%
2007/2008	2,40	30	27,60	0,08	-92%

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Analyse et Cartographie des risques d'inondation : le cas bassin versant de Tata le plus vulnérable au changement climatique

Introduction

Présentation de zone d'étude

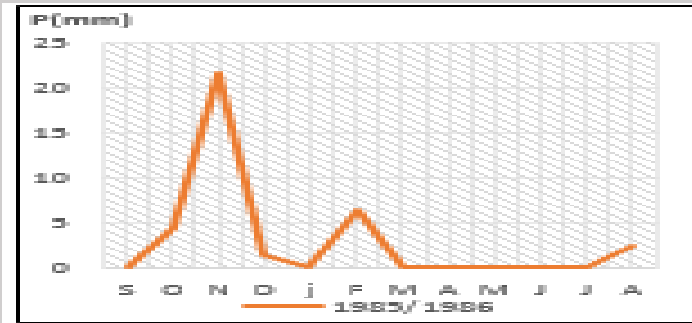


Figure 4-1

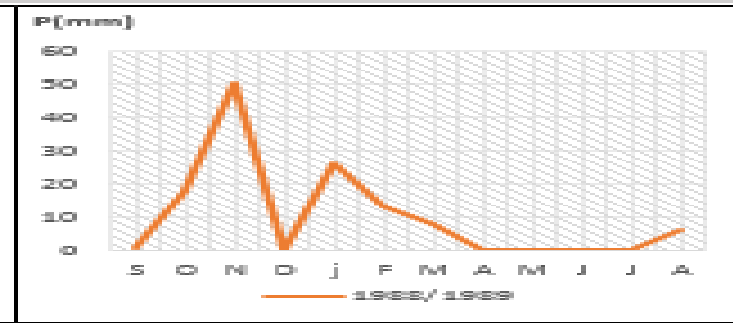


Figure 4-2

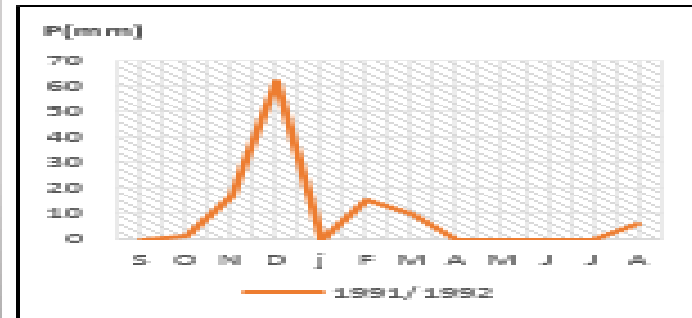


Figure 4-3

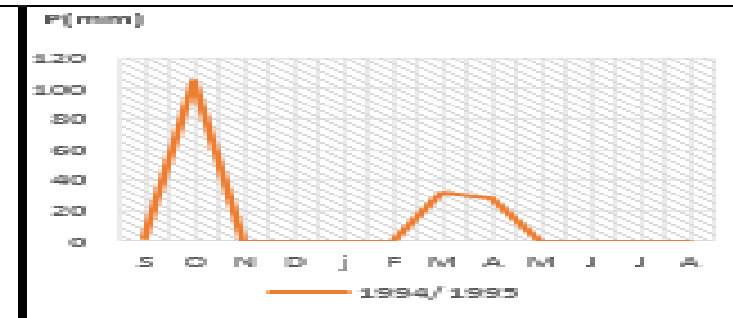


Figure 4-4

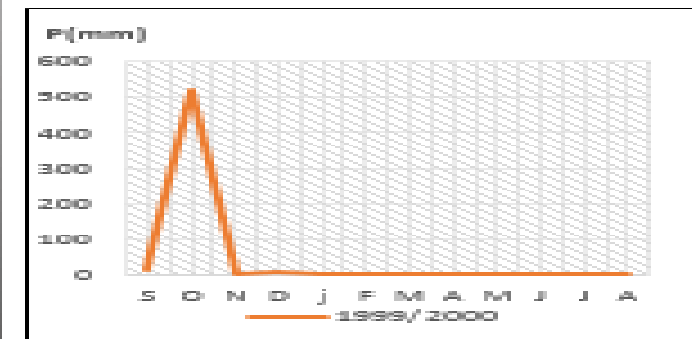


Figure 4-5

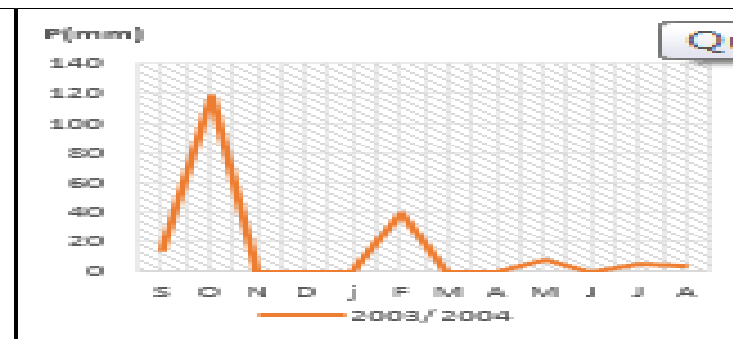


Figure 4-6

Qua

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Figure II-11: courbes annuelles des précipitations pour quelques années à TATA.

Analyse et Cartographie des risques d'inondation : le cas du bassin versant de Tata le plus vulnérable au changement climatique

- Modélisation hydraulique et des plaines d'inondation par HEC-RAS

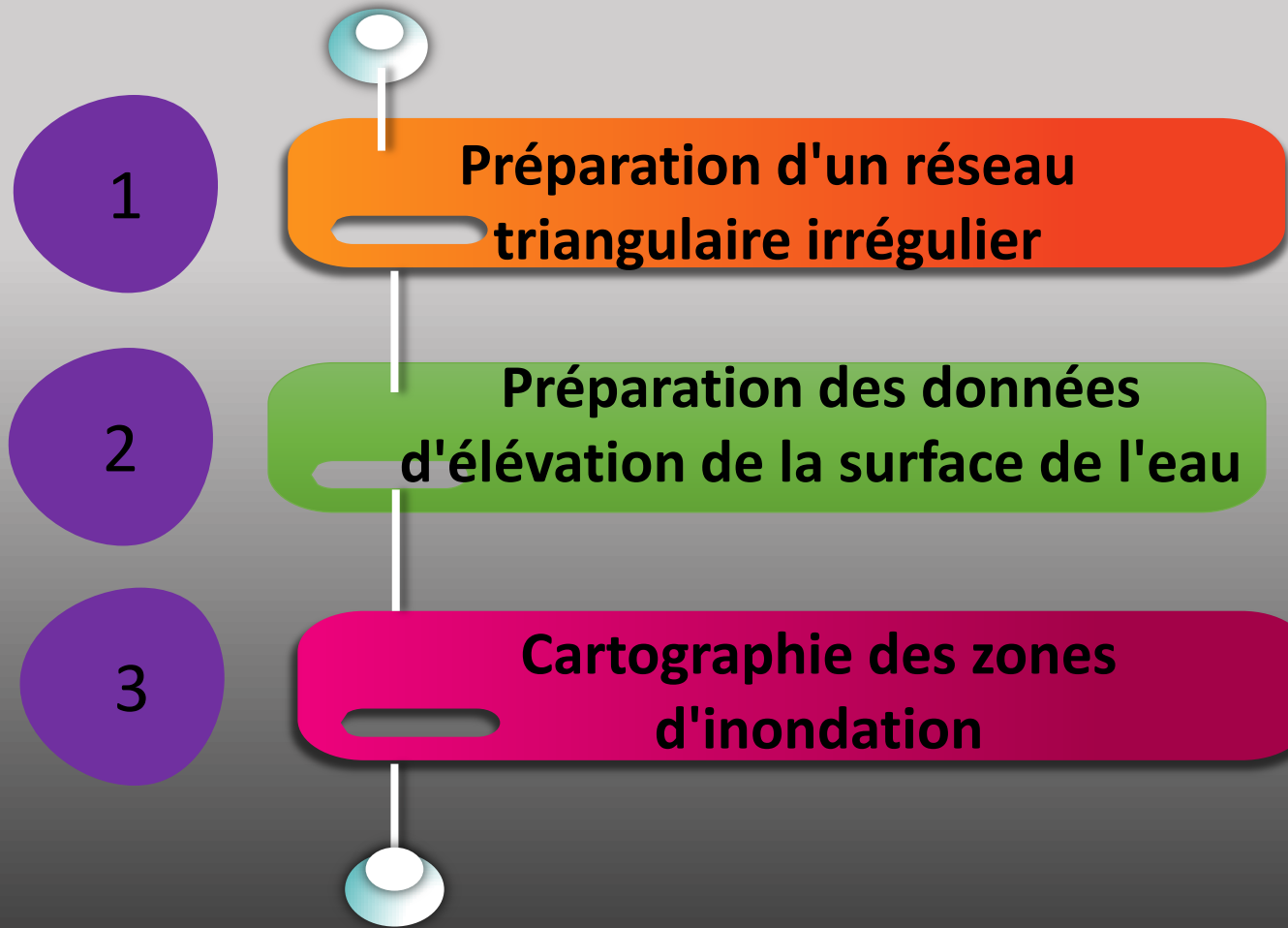
Données de base du modèle hydrologique

Année	Q max [m³/s]	Année	Q max [m³/s]
1985-1986	44.9	1998-1999	130
1986-1987	133	1999-2000	101
1987-1988	833	2000-2001	0
1988-1989	775	2001-2002	831
1989-1990	0	2002-2003	244
1990-1991	0	2003-2004	206
1991-1992	0	2004-2005	419
1992-1993	0	2005-2006	80.4
1993-1994	93.3	2006-2007	162
1994-1995	243	2007-2008	0
1995-1996	6.62	2008-2009	590
1996-1997	490	2009-2010	673
1997-1998	217	2010-2011	80.4

Tableau II-5 : Débits instantanés maximums annuels à Oued Tata (Echogdali FZ 2018).

Analyse et Cartographie des risques d'inondation : le cas du bassin versant de Tata le plus vulnérable au changement climatique

Méthodes de cartographie des inondations



Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

Analyse et Cartographie des risques d'inondation : le cas du bassin versant de Tata le plus vulnérable au changement climatique

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

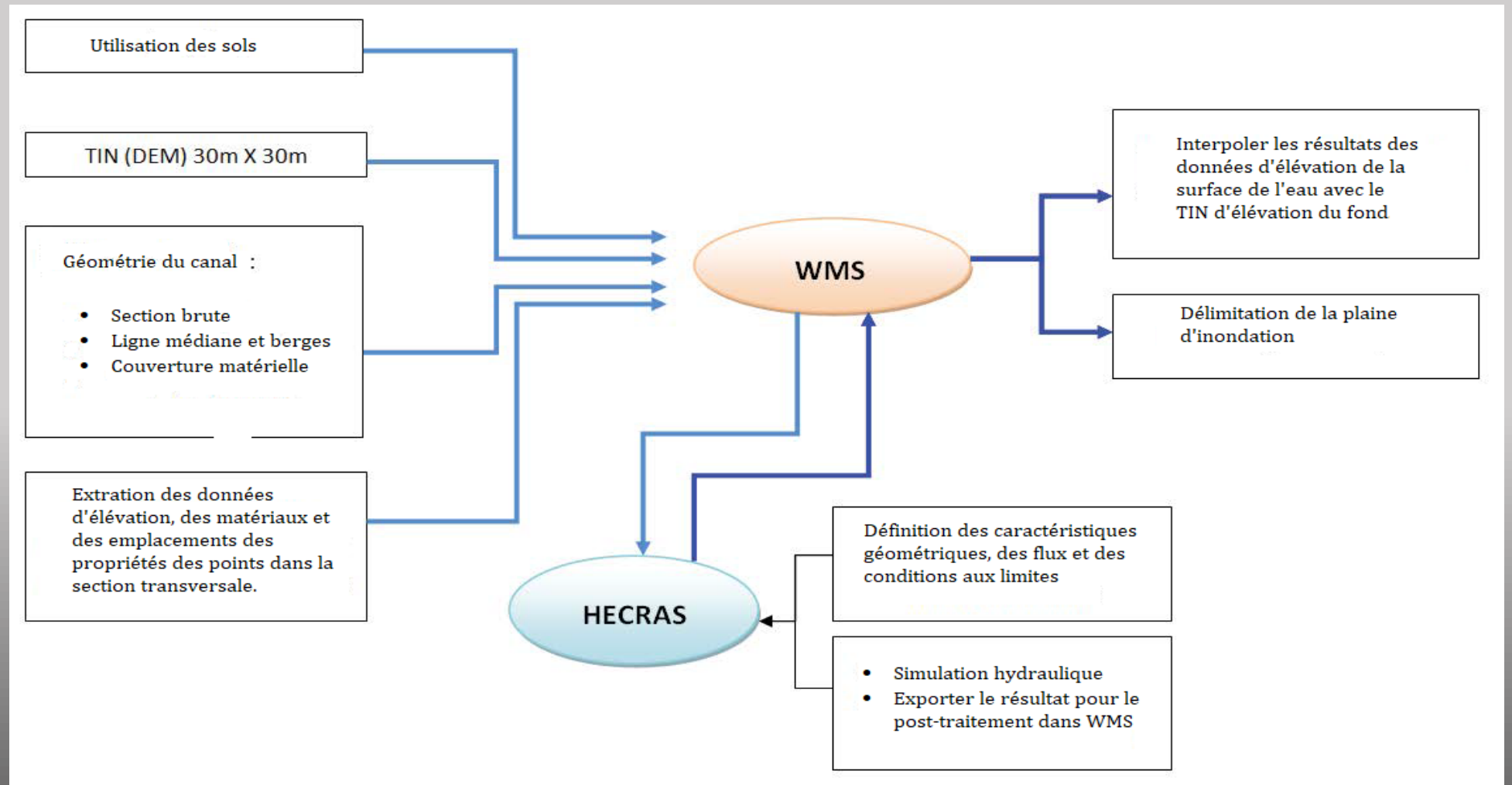


Figure II-13 : Schéma du modèle d'inondation appliqué au bassin de Tata(Echogdali FZ 2018).

Résultats et discussion

Tableau II-6 : Résultats de l'application des critères AIC et BIC à l'estimation des crues éclair de Oued Tata. (Echogdali FZ 2018)

Modèle	XT	P(Mi)	P(Mi/x)	BIC	AIC
Weibull (maximum de vraisemblance)	1310.855	7.69	21.43	276.12	274.128
Gamma (maximum de vraisemblance)	1362.29	7.69	20.85	276.175	274.183
Exponentiel (maximum de vraisemblance)	1497.892	7.69	10.04	277.636	275.645
Lognormal (maximum de vraisemblance)	3098.347	7.69	3.98	279.488	277.496
GEV (Maximum de vraisemblance)	2527.452	7.69	1.43	281.532	278.544
Gumbel (maximum de vraisemblance)	1109.743	7.69	1.14	281.979	279.988

$P(Mi)$: Probabilité a priori ; $P(Mi/x)$: Probabilité a posteriori (Méthode de Schwarz) ; AIC : (critère d'information Akaike) ; BIC : (critère d'information bayésien).

Selon la méthodologie proposée par El-Adlouni et al (2007) La distribution ayant le plus petit BIC et AIC. Et celle qui correspond mieux au données

Résultats et discussion

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

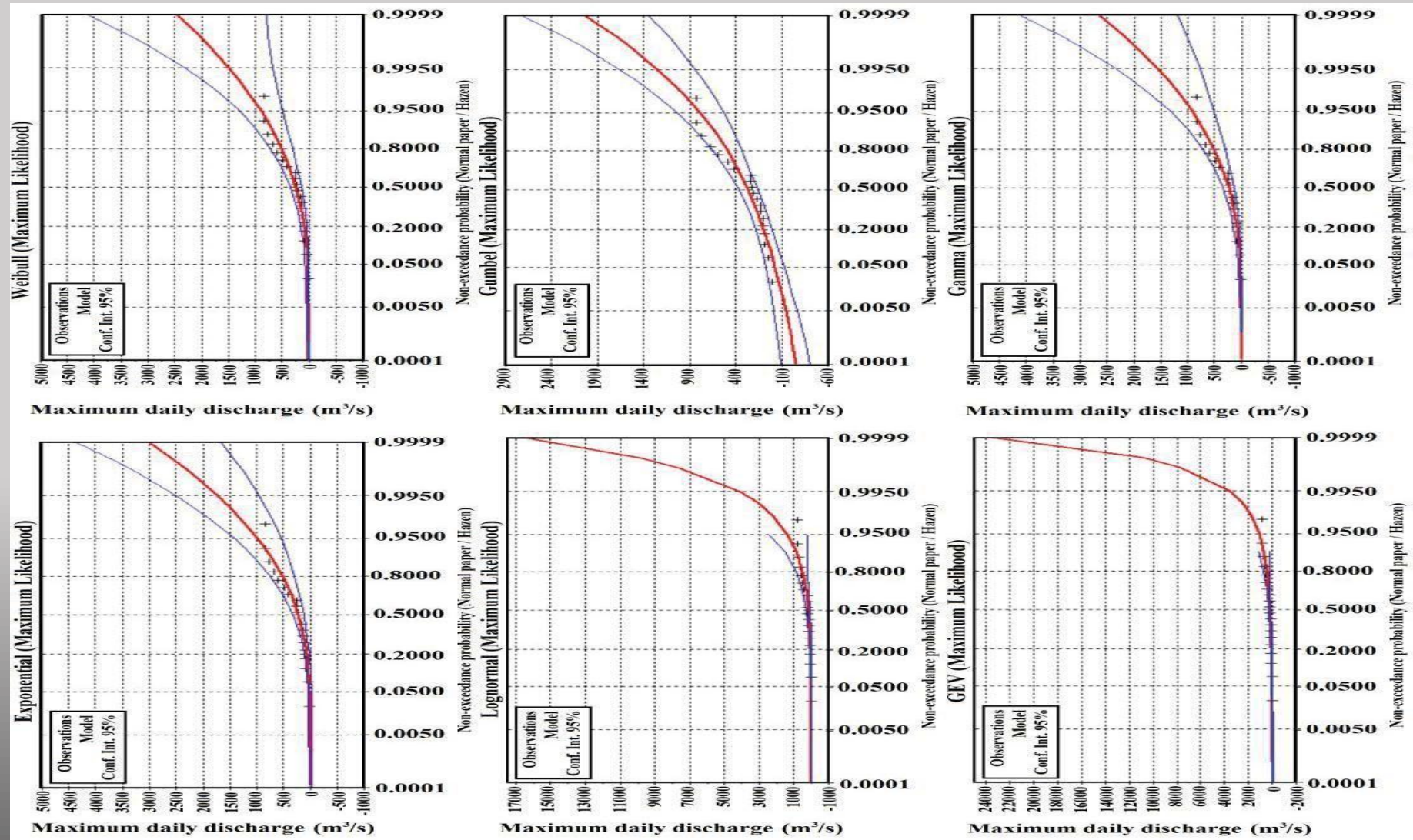


Figure II-14 : Résultats de l'ajustement des différentes lois statistiques aux crues rapides de l'Oued Tata à la station de gaujage de la zolite Kasbat (en amont de la ville de Tata). (Echogdali FZ 2018)

Résultats et discussion

Introduction

Présentation
de zone
d'étude

Tableau II-7 : Décharges de pointe pour différentes périodes de retour des rivières Tata et Teghmert (Echogdali FZ 2018)

Périodes de retour (années)	Débits prédéterminés de la rivière Tata en (m ³ /s). En amont de la ville de Tata (station de jaugeage de Kasbate Zolite)	Décharges prédéterminées (m ³ /s) pour les rivières Tata et Tighremt (déversoir de la ville de Tata)
500	1720	860
200	1490	745
100	1310	655
50	1130	565
20	889	444.5

Evaluation de
la vulnérabilité
aux
inondations

Cartographie
du risque
d'inondation

conclusion

Résultats et discussion

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

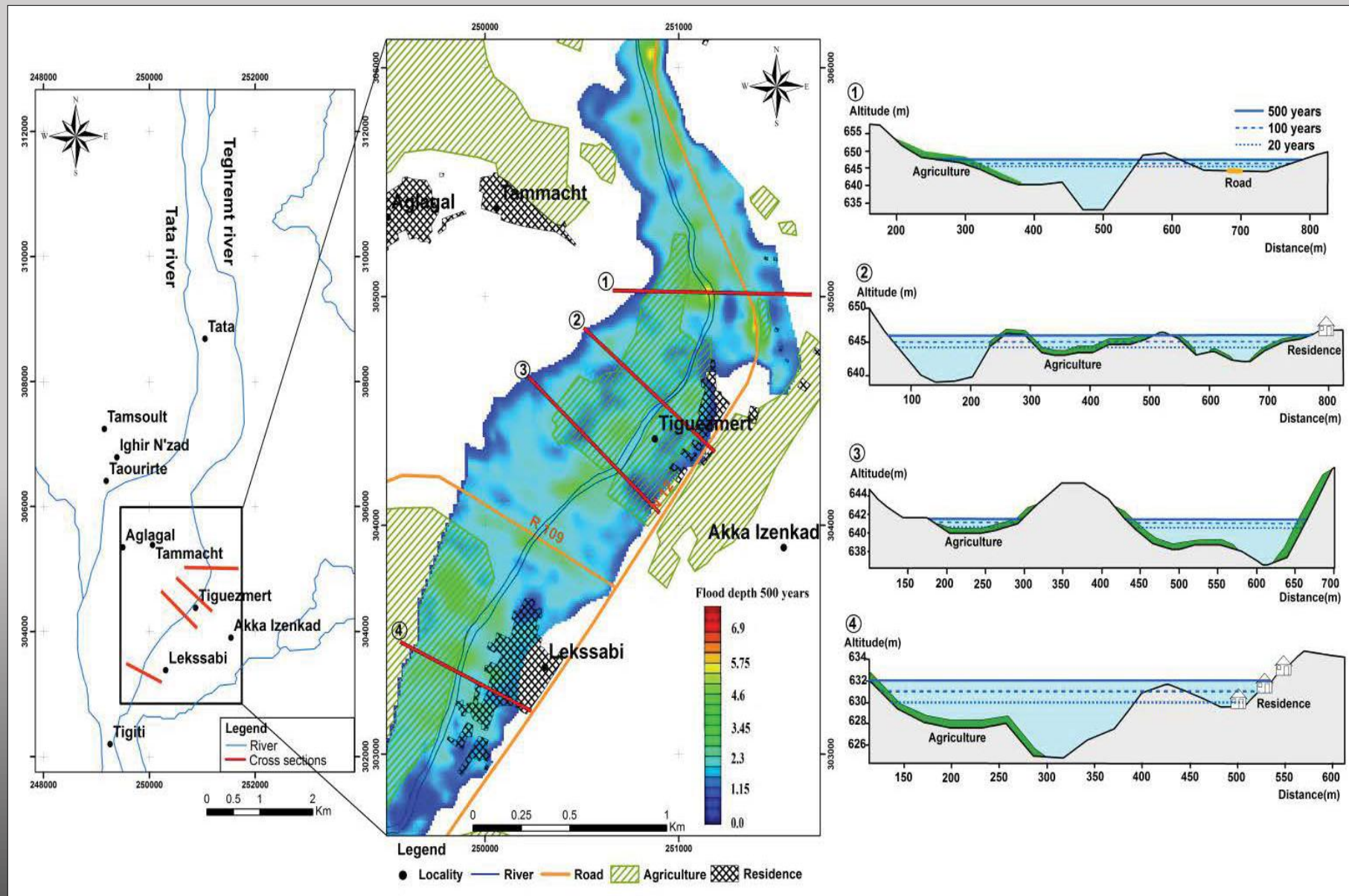


Figure II-16 : élévations de la surface de l'eau de la crue à différentes section transversales (Echogdali FZ 2018).

Résultats et discussion

Introduction

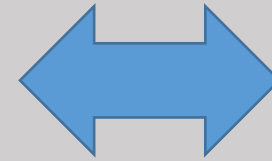
Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

La plupart des zones, situées dans la partie orientale de la zone d'étude (plaine d'inondation de Tiguezmert et Leksabi), sont affectées par les inondations de la rivière Teghmert et une petite partie dans la partie occidentale (zones d'Aglagal et de Tigit) sont affectées par la rivière Tata.



La profondeur d'inondation est grande jusqu'à 3,50 m et dans cette profondeur d'inondation, l'effet sur la vie et la propriété est très élevé.

Recommandation

- interdiction de toute activité agricole et de résidence de personnes afin d'éviter le risque d'inondation dans ces zones, en particulier dans les zones de Tiguezmert et Leksabi qui sont principalement touchées par les inondations
- Eviter tout développement d'infrastructure et d'investissement.

Résultats et discussion

Introduction

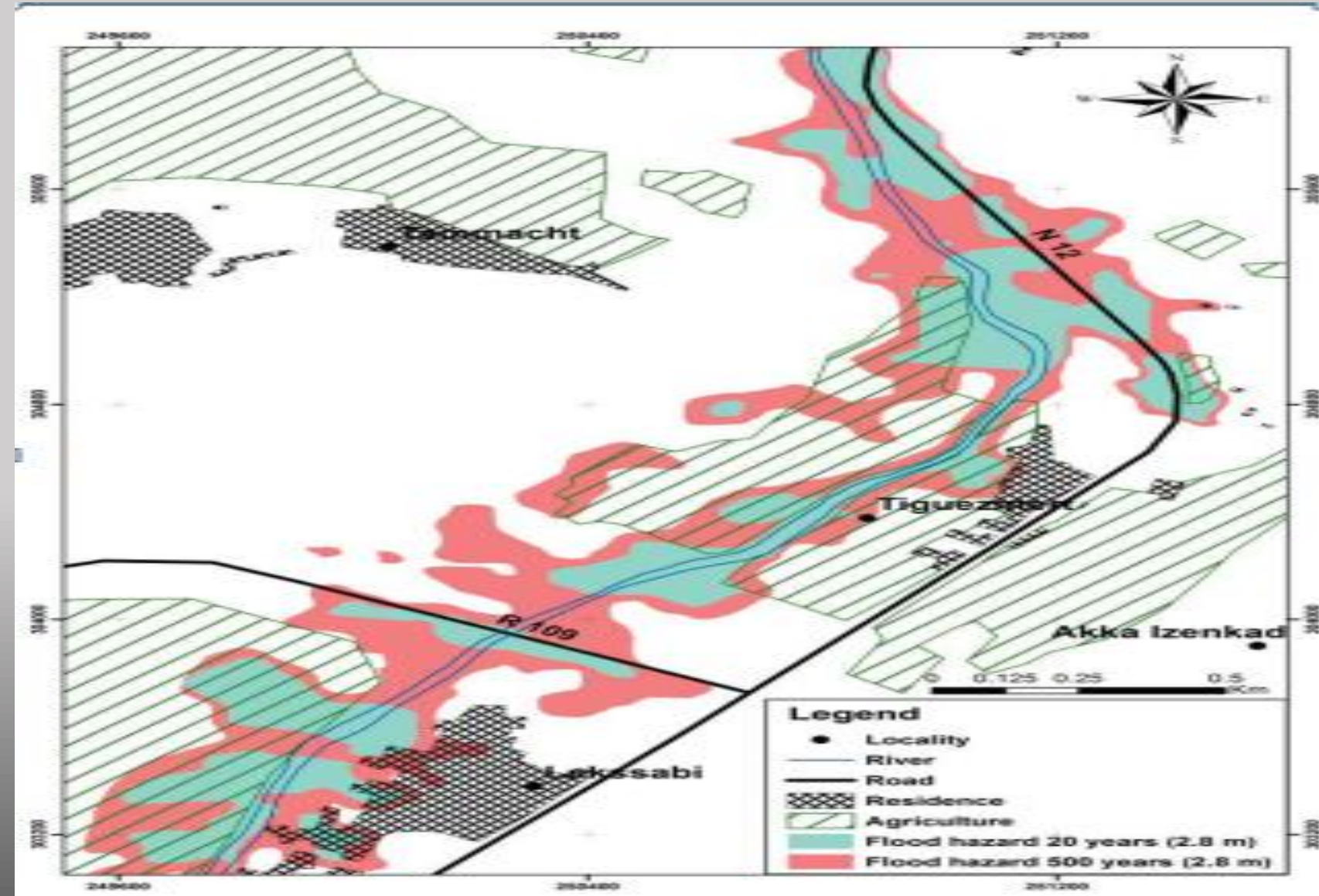
Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

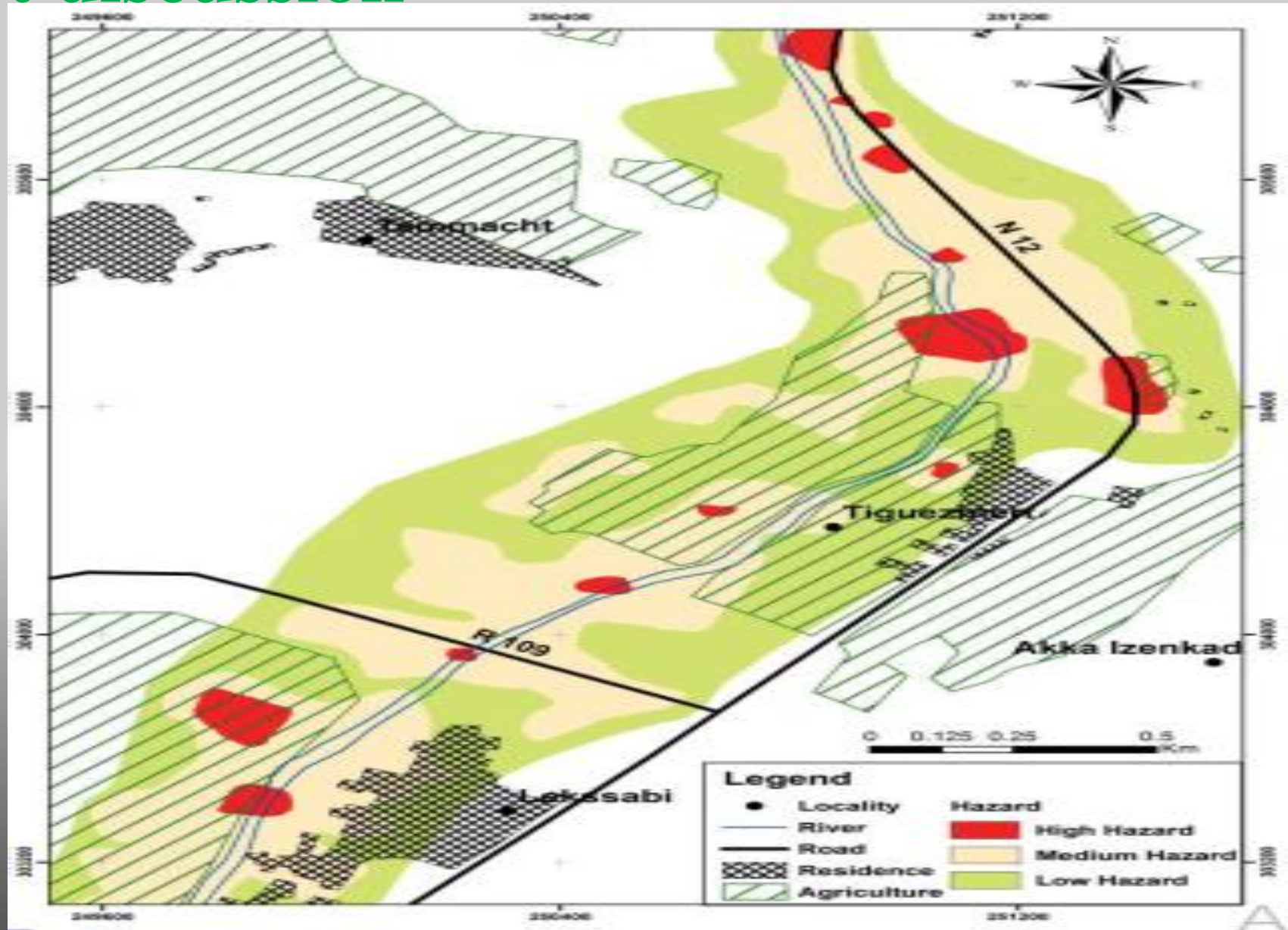
Carte des dangers éventuels



(a) Comparaison entre les cartes d'aléa de crue à 20 et 500 ans dans la région de Tiguezmert (Echogdali FZ 2018)

Résultats et discussion

Carte des dangers éventuels



(b) Intensité de l'aléa de crue dans la région de Tiguezmert (Echogdali FZ 2018)

Introduction

Présentation de zone d'étude

Evaluation de la vulnérabilité aux inondations

Cartographie du risque d'inondation

conclusion

conclusion et Solution envisageable

Conclusion

- L'analyse des différentes caractéristiques de la zone d'étude a révélé que :
 - ✓ les régions pré-sahariennes rassemblent tous les facteurs naturels et anthropiques favorisant la vulnérabilité aux inondations urbaines.
 - ✓ les régions se caractérisent par les pluies souvent brutales et concentrées dans le temps provoquant des crues violentes.
 - ✓ la forte densité urbaine et l'expansion rapide avec l'exode rural et l'installation sur les lits d'oued qu'ont connue ces villes chef lieu et Province

conclusion et Solution envisageable

Conclusion

- L'application de l'approche analytique par évaluation de la sensibilité à l'endommagement pour la cartographie de la vulnérabilité des régions pré-sahariennes aux inondations, nous a permis:
 - ✓ cartographier l'indice de vulnérabilité pour tous les bassins de la zone d'études et d'identifier les différents facteurs aggravant une telle vulnérabilité
 - ✓ Identifier les différents degrés de vulnérabilité présentant un risque pour les principaux bassins versants régionaux .
 - ✓ Déduire une estimation quantitative et qualitative des indicateurs de vulnérabilité aux inondations, lesquels pourraient facilement servir d'outils et de pratiques de communications et de sensibilisation

conclusion et Solution envisageable

Conclusion

- A partir de nos résultats obtenus suite à cette recherche, nous confirmons :
 - ✓ un recoupement de différents effets de la vulnérabilité sur l'augmentation des événements extrêmes désastreux dommageable aussi bien sur le plan de pertes humaines que celles des biens ce qui rend ce territoire encore plus fragile aussi bien pour la métamorphose naturelle que pour l'accentuation de la pauvreté et l'environnement socio-économique.
 - ✓ une importante vulnérabilité sur toutes les villes concernée par cette étude.

Conclusion et Solution envisageable

les régions oasiennes présentent une forte vulnérabilité aux inondations.

Conclusion

Facteurs naturels

- Terrains métamorphiques imperméables à faible infiltrations aqueuses favorisant les ruissellements,
- réseau hydrographique dense;
- présence des pentes raides favorisant ainsi le développement des crues et des ruissellements rapides
- climat semi aride à aride caractérisé par des événements pluviométriques intenses et de courtes durées.

Facteurs anthropiques

- le déboisement des versants
- les influences sahariennes très dures : érosion éolienne,
- l'urbanisation anarchique,
- l'augmentation des surfaces imperméables,
- la dégradation et le dysfonctionnement du réseau et l'installation sédentaire sur les zones a risque.

Conclusion et Solution envisageable

Quelques solutions envisageables

Propositions de solutions

- ✓ Reconsidération de la vulnérabilité et de la gestion des risques sous des angles plus globaux de développement durable, d'accès au foncier et de mise en œuvre de stratégies d'aménagement urbain adéquat;
- ✓ Une promotion sur les territoires de mesure alternative permettant le stockage et la réutilisation des eaux pluviales pour des besoins domestiques ou agricoles;
- ✓ Un décloisonnement politique et de la mise en place d'un système d'alerte précoce global, prenant en compte l'organisation de la gestion des risques au niveau national;

conclusion et Solution envisageable

Quelques solutions envisageables

- ✓ Une clarification des compétences des acteurs. Le niveau gouvernemental gagnerait en effet à assainir la scène politique à travers des actions pour la suppression du chevauchement des compétences. Cela devrait permettre de faire émerger des niveaux hiérarchiques appropriés qui permettront de renforcer la planification du territoire.
- ✓ Sensibilisation et formation du public sur les problématiques environnementales et de gestion des inondations.

*Merci pour votre attention et
en Hommage à la mémoire
de Feu Ssi FADLI Driss*

