

MSAS

Malian Society of Applied Sciences  
Société Malienne des Sciences Appliquées



**12<sup>e</sup> SYMPOSIUM MALIEN SUR LES SCIENCES APPLIQUÉES**

**Cahier des présentations orales**  
**MSAS 2021**  
**Published June 2022**

# Sol et Environnement



# Eaux et Environnements



## Thème

**Impacts des intrants chimiques sur la qualité physico-chimique des sols, des eaux de surface et de profondeur en zone rizicole de l'Office du Niger.**

**Demba COULIBALY<sup>1\*</sup>, Brahim B TRAORE<sup>2</sup>, Boubacar TRAORE<sup>2</sup>, Drissa SAMAKE<sup>3</sup>, Kalifa KEITA<sup>1</sup> et Binefou KONE<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>USTTB/ Faculté**

**des Sciences et Techniques (FST), Mali**

**<sup>2</sup>USTTB/ Institut des Sciences Appliquées (ISA), Mali**

**<sup>3</sup>Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRT), Mali**

**Douzième Symposium Malien sur les Sciences Appliquées (MSAS 2021)**

# Résumé :

La zone office du Niger est la zone rizicole du Mali, une zone d'irrigation par excellence. L'agriculture intensive s'accompagne d'utilisation accrue d'intrants agricoles. Au Mali, l'apport d'engrais au sol, n'est généralement pas précédé d'études préalables sur les propriétés des sols exploités (1).

Ainsi, pour l'amélioration du rendement de leurs cultures, les agriculteurs font recours à la fertilisation minérale, à l'utilisation des pesticides et des fongicides. La difficulté de la fertilisation minérale pour les paysans est de déterminer la juste dose à appliquer pour obtenir un rendement optimal. La mauvaise application des pesticides et fongicides ou leur utilisation prolongée a un impact négatif l'environnement et sur la qualité des produits. Ces pratiques agricoles nous conduisent également à la dégradation et à la pollution du sol, des eaux de surface par ruissellement et des eaux souterraines par infiltration et par lessivage (2) (3) (4).

L'objectif visé à travers ce travail a été de faire un diagnostic du risque de pollution environnementale, conséquence de l'utilisation des intrants chimiques dans l'office du Niger (Zone de Niono, casier rizicole de Koya Pékèna). Pour réaliser ce travail des échantillonnages d'eau de surface, de profondeur et de sols, ont été effectués sur trois parcelles dans la zone office du Niger pendant la contre saison. Les analyses ont porté sur les paramètres physico-chimiques tels que, le pH, la température, la turbidité, la DCO, la DBO<sub>5</sub>, les nitrites, les nitrates, les phosphates, les sulfates, l'ammonium, la conductivité et les métaux pour les eaux. Les résidus de pesticides, quelques métaux lourds (Pb, Cu, Fe, Co, Cr, Zn), la granulométrie et les bases échangeables ont été analysés dans les sols. Les analyses ont été effectuées dans les laboratoires de l'ISA, LCV et IER (laboratoire sol-eau-plante).

Certains paramètres physico-chimiques étudiés dans ces zones ont donné des signes de pollutions environnementales tel que : les valeurs très basses de pH (Sols : 3,81 ; 4,13 ; 4,35... Eaux : 5,52 ; 5,58 ; 5,82...) et les valeurs élevées des métaux lourds (Pb, Cr, Fe, Cd). Par contre d'autres respectent les normes maliennes ainsi que les directives données par l'OMS : Nitrites, Nitrates, Sulfates, Ammonium, Température.

Certains pesticides recherchés ont été trouvés (Heptachlore et DDT op'), tandis que d'autres tels que Endosulfan, Dieldrine, Endrine, Lindane n'ont été retrouvés. Comparés aux normes Maliennes et aux directives données par OMS, les résultats des analyses ont montré que l'eau de surface, des profondeurs et les sols de la zone sont dégradés en grande partie par les engrais et les pesticides utilisés en riziculture.

**Mots clés** : Impact, Intrants chimiques, qualité, Eaux ; sols.

# Plan de présentation

- **Introduction**
- **Matériel et Méthodes**
- **Résultats et interprétations**
- **Conclusion**

# ❖ INTRODUCTION

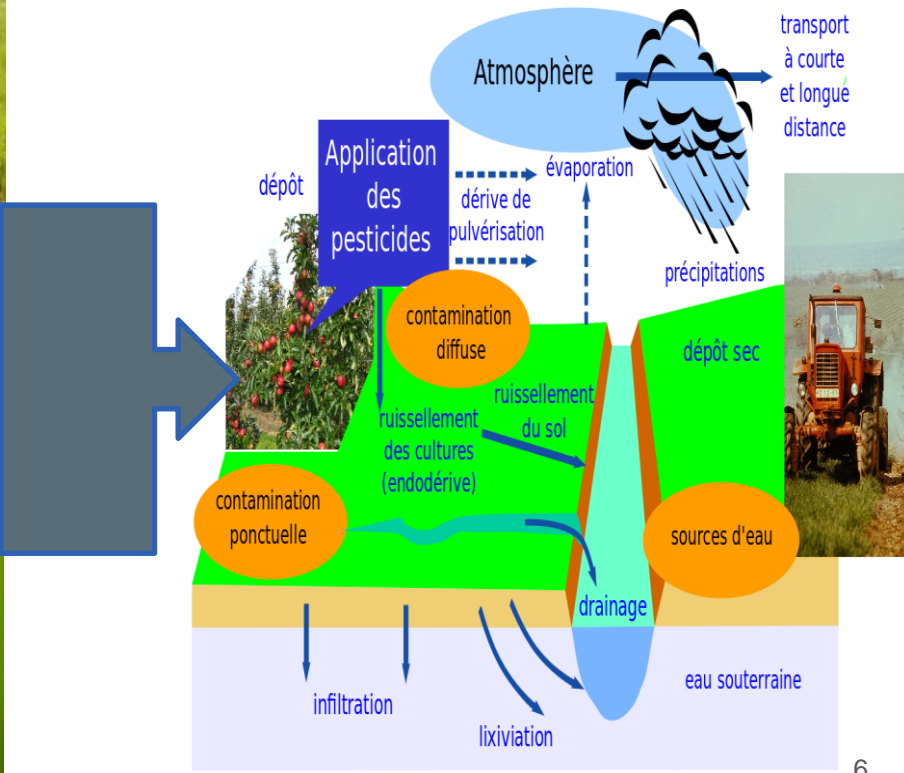
La zone office du Niger est la zone rizicole du Mali, une zone d'irrigation par excellence. L'agriculture intensive s'accompagne d'utilisation accrue d'intrants agricoles.



Pesticides



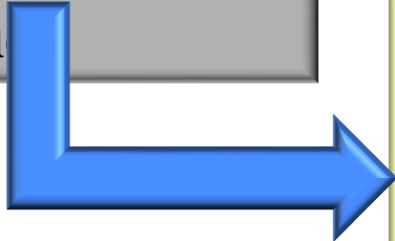
Engrais



## Objectif général



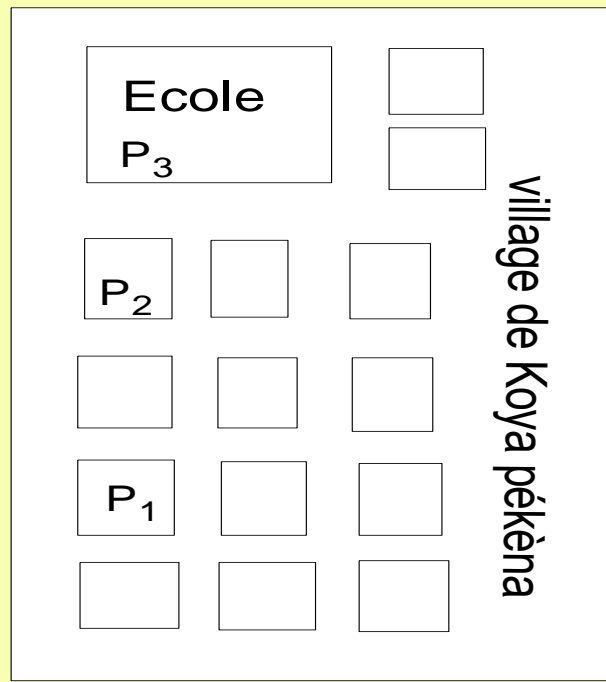
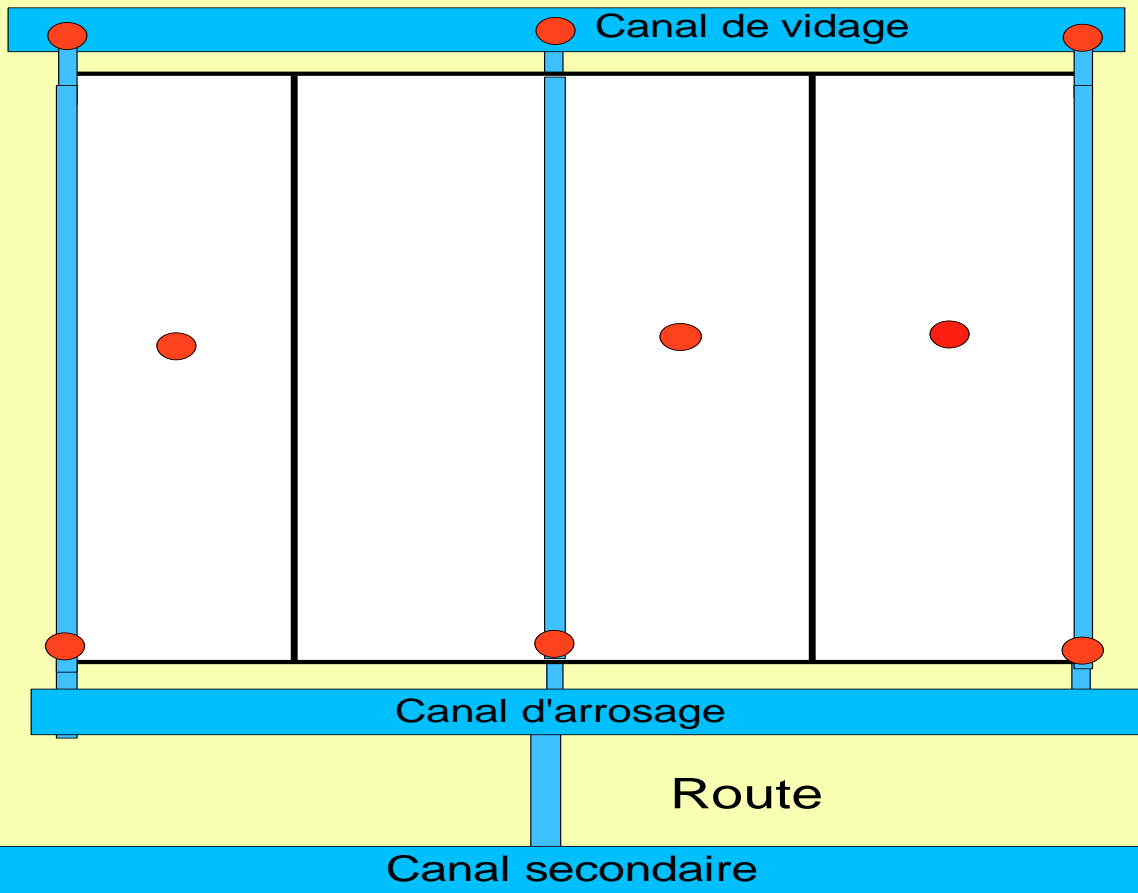
## Objectifs spécifiques



Contribuer au diagnostic du risque de pollution environnementale dû aux conséquences de l'utilisations des intrants chimiques dans la zone office du Niger (Zone de Niono, casier rizicole de Koya

- Déterminer les paramètres physicochimiques des eaux de surface, profondeur et des sols;
- Caractériser un certain nombre de pesticides dans les échantillons sols;
- Evaluer le degré de pollutions des eaux de surface, profondeur et des sols.

# ❖ MATÉRIEL ET MÉTHODES 1/2



*Schéma d'échantillonnage.*

# ❖ MATÉRIEL ET MÉTHODES 2/2



SAA Perkin Elmer AAnalyst 400



Spectrophotomètre à Flamme



Spectrophotomètre Lambda 40 / UV/ VIS

Agilent 7890A équipé de détecteurs  $\mu$ ECD, FPD



CPG 7890A

# ❖ RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

## *Paramètres physico-chimiques des eaux de surface.*

Paramètre N° Ech	pH	Cond μS/cm	T°C	Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) mg/L	Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) mg/L	Phosphore (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) mg/L	Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) mg/L	Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) mg/L	Turbidité NTU
E <sub>1-1</sub>	6,83	56,7	25,8	0,0081	> LD	0,0061	> LD	0,0011	3,16
E <sub>1-2</sub>	6,23	79,3	25,9	0,0046	> LD	0,0123	> LD	0,0012	2,64
E <sub>1-3</sub>	6,26	87,8	25,9	0,0040	> LD	0,0337	>LD	0,0051	2,64
E <sub>2-1</sub>	6,31	49,4	26	0,0082	> LD	0,0276	>LD	0,0132	4,03
E <sub>2-2</sub>	5,82	67,7	26	0,0504	> LD	0,2362	0,556	0,0398	279
E <sub>2-3</sub>	5,83	79,8	26	0,0042	> LD	0,0061	59,037	0,0122	36,5
E <sub>3-1</sub>	5,93	56,5	26	0,0116	> LD	0,0675	59,398	0,0075	7,64
E <sub>3-2</sub>	5,58	44,5	25,8	0,0134	> LD	0,0675	58,560	0,0094	7,14
E <sub>3-3</sub>	5,52	70,0	26	0,0368	0,6946	0,0242	57,958	0,0890	580
Normes	6,5≤9,5	2500	40	3	30	10	1000	15	- <sup>10</sup>

# *Paramètres physico-chimiques des eaux de puits.*

Paramètres	pH (eau)	Cond µs/cm	T°C	Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) mg/L	Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) mg/L	Phosphor e (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) mg/L	Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) mg/L	Ammoniu (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) mg/L	Turbi dité NTU
N° Echantillons									
P <sub>1</sub>	7,22	25,9	25,9	0,0079	> LD	0,0675	> LD	0,0127	1,32
P <sub>2</sub>	7,69	25,3	25,3	0,0026	> LD	0,009	> LD	0,0117	5,92
P <sub>3</sub>	7,69	25,9	25,9	0,0081	> LD	0,003	> LD	0,0114	7,91
Normes	6,5≤8,5	1500		0,02	30	≤ 10	500	0,5	10'

**Concentrations en mg/L des métaux dans les échantillons d'eaux de surface**

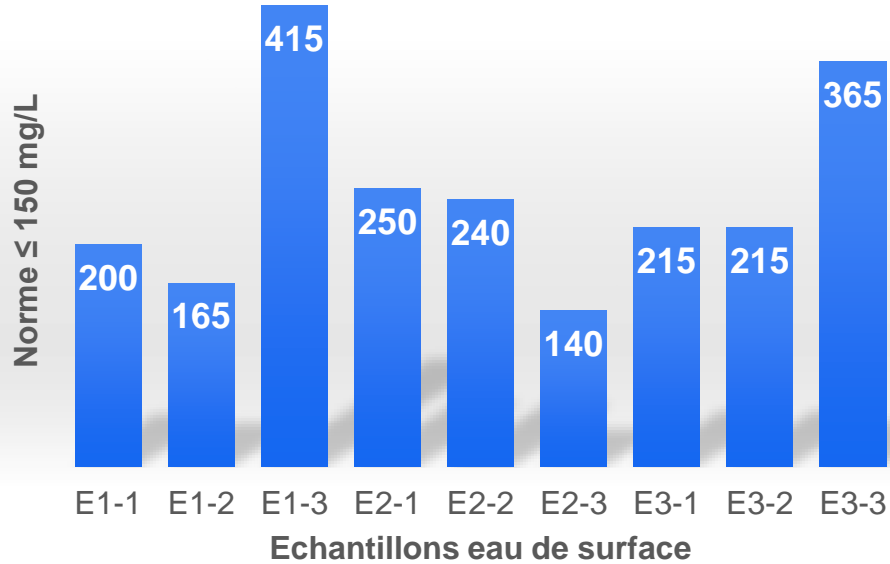
Paramètres N° Ech	Fe (mg/L)	Cr (mg/L)	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Mn (mg/L)
	E <sub>1-1</sub>	> LD	0,302	0,060	> LD	0,173
E <sub>1-2</sub>	2,158	0,402	0,890	3,665	> LD	0,706
E <sub>1-3</sub>	0,592	0,334	0,564	> LD	0,116	1,739
E <sub>2-1</sub>	1,364	0,288	0,688	> LD	> LD	1,305
E <sub>2-2</sub>	13,557	0,464	0,371	0,400	> LD	0,246
E <sub>2-3</sub>	1,522	0,420	0,486	1,158	> LD	1,324
E <sub>3-1</sub>	1,447	0,132	0,209	4,044	> LD	0,685
E <sub>3-2</sub>	2,056	0,397	0,308	1,666	> LD	1,288
E <sub>3-3</sub>	0,463	0,115	0,420	2,332	0,238	0,838
Normes <	2	0.2	0.2	0.02	1	2

**Concentrations en mg/L des métaux dans les échantillons d'eaux de puits**

Paramètre N° Echantillons	Fe (mg/L)	Cr (mg/L)	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Mn (mg/L)
	P <sub>1</sub>	1,055	0,390	0,478	2,475	-0,314
P <sub>2</sub>	1,757	0,136	0,806	1,072	0,075	1,328
P <sub>3</sub>	3,312	0,346	0,562	2,361	0,139	1,378
Normes	0,3	0,05	0,01	0,003	0,1	0,5

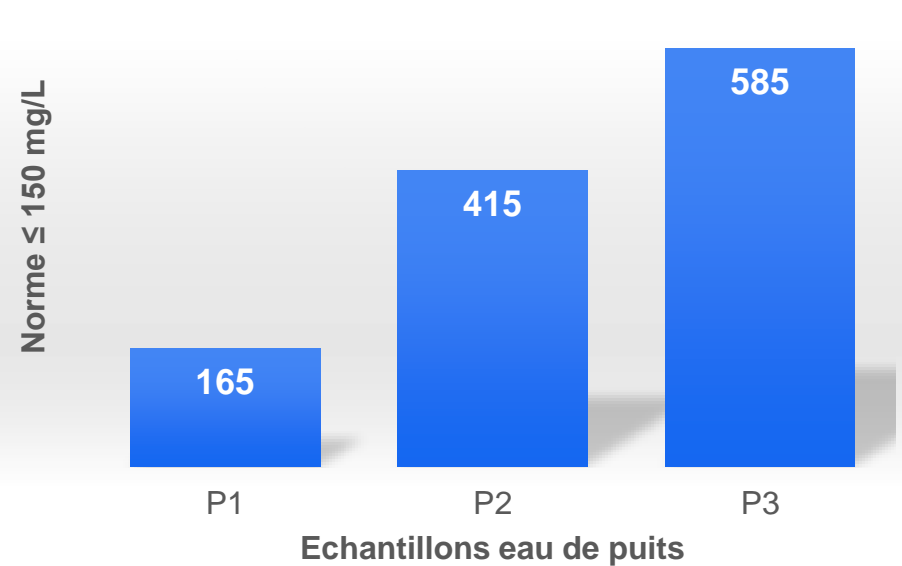
# *Demande chimique en oxygène (DCO): Eaux de surface*

Demande chimique en oxygène (DCO)



**Eau de surface**

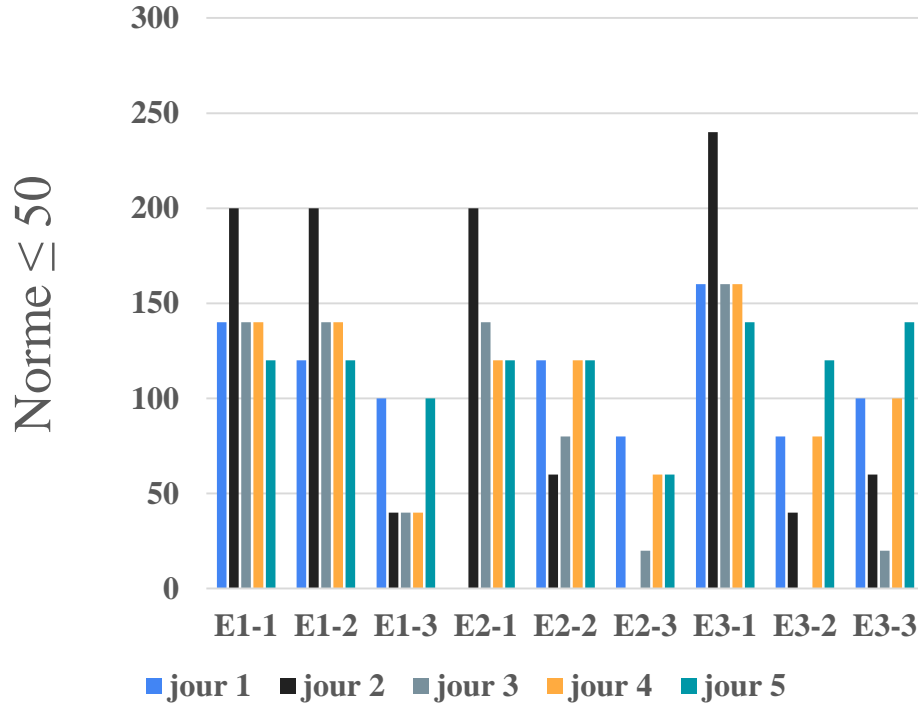
Demande chimique en oxygène (DCO)



**Eau de puits**

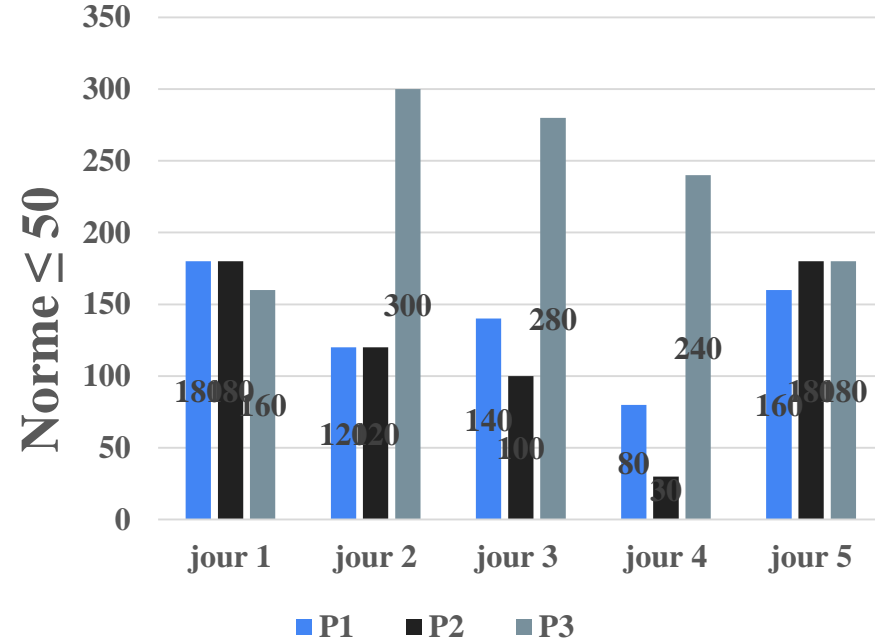
# Demande Biologique en Oxygène $DBO_5$

Demande biologique en oxygène (DBO5)



graphiques DBO5 (eau de surface)

Demande biologique en oxygène (DBO5)



Graphique DBO5 (eau de puits)

# Paramètres physico-chimiques des sols

Paramètres	Ech								
	S <sub>1-1</sub>	S <sub>1-2</sub>	S <sub>1-3</sub>	S <sub>2-1</sub>	S <sub>2-2</sub>	S <sub>2-3</sub>	S <sub>3-1</sub>	S <sub>3-2</sub>	S <sub>3-3</sub>
pH (eau)	4,40	5,16	5,90	4,45	5,26	4,13	4,36	4,35	3,81
CEC meq/100g	11,31	13,82	20,13	9,69	8,08	13,27	6,61	6,55	8,30
Ca échangeable	7,99	10,66	16,76	6,11	4,66	9,10	3,44	3,33	4,88
Mg	4,00	5,31	8,38	3,06	2,33	4,55	1,72	1,67	2,45
K	1,07	0,92	1,12	1,33	1,17	1,99	0,92	0,97	1,17
Na	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sable % >0,05	33	30	23	40	49	24	51	48	26
Limon % 0,05-0,002mm	67	70	77	60	51	74	47	52	74
Argile % <0,002mm	0	0	0	0	0	2	2	0	0 <sup>15</sup>

# Concentrations des résidus de pesticides dans les échantillons sols.

Echantillons Pesticides recherchés	S1-1 (mg/kg)	S1-2 (mg/kg)	S1-3 (mg/kg)	S2-2 (mg/kg)	S3-2 (mg/kg)
Lindane	-	-	-	-	-
Heptachlor		0,269	0,163	0,427	1,226
Aldrine	-	-	-	-	-
Endosulfan I	-	-	-	-	-
Dieldrine	-	-	-	-	-
Endrine	-	-	-	-	-
DDT-o,p'	1,328	-	-	-	-
Endosulfan II	-	-	-	-	-
DDT-p,p'	-	-	-	-	-

## ➤ CONCLUSION

Les études, les recherches et les analyses menées pour la réalisation de ce rapport ont permis de dégager les différents degrés de pollution des eaux de surface et de profondeur et du sol.

Il ressort que plus de 100% des échantillons d'eaux de puits et de surface ont des teneurs élevées en métaux (Pb, Cd, Cr, Fe, Mn).

Parmi les neufs pesticides recherchés, deux pesticides ont été retrouvés ils s'agit de Heptachlore et dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) à des teneurs élevées que la norme Malienne admise.

Ces pollutions sont essentiellement dues aux engrais et aux pesticides utilisés dans la zone office du Niger.

Pour combattre ces fléaux causés à l'environnement par les pesticides et les engrais, il est nécessaire :

- De mener beaucoup de campagnes de sensibilisation auprès des paysans sur les effets négatifs de ces produits.
- D'adopter un système d'aide à la décision efficace à grande échelle comme aux échelles locales, qui permettrait d'optimiser les rendements tout en préservant les ressources naturelles.

# REFERENCES

## REFERENCES

1. DOUMBIA. La fertilité des sols maraîchers dans la ville de Bamako. Bamako, SOTUBA : s.n., 1997. p. 61, Memoire de fin d'étude.
2. U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Waste disposal practices and their effects on groundwater. Report to Congress, USEPA. 1977.
3. COHEN S.Z, CREEGER S.M, CARSEL R.F, ENFIELD C.G. <<Potential for pesticide contamination of groundwater resulting from agricultural uses. In R.F KRUGER, J.N SEIBER: Traitment and disposal of pesticide wastes. ACS Symp. >>. 1984, 259, pp. 297-325
4. LEISTRA M, BOESTEN J.J.T.I. Pesticide contamination of groundwater in western Europ. s.l. : Agriculture, Ecosystems and Environment, 1989. pp. 369-389. Vol. 26.
5. Hossan, Guy Trébuil et Mahabub. Le riz: Enjeux écologiques et économiques. Paris : BELIN, 2004.
6. La pollution de l'eau par les produits phytosanitaires: état et origine. Agronomie. SCHIAVON M, PERRIN C, PORTAL Jm. Nancy : Elsevier/INRA, 1995, p. France.
7. Mohamed DICKO, coll. Analyse des risques de pollution liés à l'intensification et la diversification agricoles en zone office du iger. Bamako : Centre du riz pour l'Afrique, 2013.
8. MÉCIAU, CÉCILE. Etude des conditions d'intensification des produits Bovines de la zone de Niono . Niono : s.n., 2001.
9. RODIER, Jean. L'Analyse de l'eau. Paris : DUNOD, 2009.
10. CENTRE REGIONAL DE RECHERCHE AGRONOMIQUE DE SOTUBA . Manuel de Méthodes d'analyses des sols, plantes et eaux. Bamako : s.n., 2015.
11. KAMPRAHT. Fertilisation des sols tropicaux pour la culture du soja. Brésil : s.n., 1970



**Merci de votre aimable attention!!!**



Journées Scientifiques du MSAS 2021  
Du 1 au 6 aout 2021

## **EROSION HYDRIQUE ET STRATEGIES DE LUTTE ANTIEROSIVE UTILISEES PAR LES PRODUCTEURS DANS LE CERCLE DE BLA (MALI)**

**Equipe de recherche:** Habibatou SANGARE pédologue  
Issiaka Keita: Gestion intégrée de la fertilité des sols  
Ibrahima DAOU: Ecologie Appliquée  
Drissa DIALLO† pédologue

# RESUME

Dans le secteur d'agriculture de Bla comme dans le reste de la zone soudano-sahélienne du Mali, les caractéristiques pluviométriques, la dégradation des sols et le faible niveau de gestion des eaux et des sols chez les producteurs sont les contraintes majeures qui affectent la durabilité des systèmes de culture à base de mil. Cette étude a pour but d'identifier les stratégies de conservation des eaux et des sols ainsi que les contraintes liées à l'appropriation des dispositifs antiérosifs adaptés par les producteurs dans les conditions du secteur d'agriculture de Bla dans la durée. Les démarches méthodologiques furent basées sur des enquêtes auprès des populations sur la perception locale sur les sols, les différentes techniques antiérosives, l'utilisation et occupation actuelles des sols, les caractérisations pédologiques in situ et la modélisation de l'érosion hydrique. Les résultats des enquêtes montrent que les producteurs du secteur d'agriculture de Bla connaissent bien leur milieu et distinguent 3 types de sols en langue bamanan (Cencen, Djè et bèlè) qui ont été rattachés aux typologies morphopédologiques des régions soudaniennes d'Afrique de l'Ouest par la méthode conventionnelle. Ils connaissent également les techniques de lutte antiérosive mais les pratiquent peu à cause des contraintes techniques et économiques. Cependant 32% des personnes interrogées préfèrent les cordons pierreux, 25% les bandes enherbées, 23% les haies vives, 15% les diguettes en terre et 5% n'ont aucun choix préférentiel des dispositifs proposés. L'analyse de la morphologie du terrain a montré trois unités morphopédologiques (le plateau cuirassé, le glacis d'épandage et le bas-fond). La perte en terre est estimée à 3,1 t.ha-1.an-1 sur le plateau cuirassé, 20,2 t.ha-1.an-1 sur le glacis d'épandage et 12,1 t.ha-1.an-1 au niveau du bas-fond.

Mots clés : Erosion hydrique, conservation des sols, techniques antiérosives.

# Plan de l'exposé

1. Introduction
2. Objectifs
3. Matériel et méthodes
4. Résultats et discussion
5. Conclusion et Recommandations

# 1. INTRODUCTION (1/2)

Le ruissellement et l'érosion hydrique affectent les systèmes agricoles et l'usage des sols avec une ampleur variable en fonction du substratum, de l'usage des sols et des techniques culturales (Diallo, 2000). Ces processus sont défavorables au maintien du potentiel de production des sols et à une agriculture durable.

Au Mali, des stratégies et techniques de lutte antiérosives ont été vulgarisées depuis les 1980 par le Projet Agro-Ecologie (PAE/C.M.D.T-Bla, 1989).

## **INTRODUCTION (2/2)**

Ces dispositifs sont: les cordons pierreux, les fascines, les digues filtrantes, les haies vives, les bandes enherbées etc. Cependant ces techniques sont aujourd'hui négligées, malgré l'importance et la persistance de la dégradation et de l'érosion des sols comme partout en zone Mali-Sud. C'est dans ce contexte que la présente étude a été réalisée.

## **2. OBJECTIFS DE RECHERCHE (1/2)**

### **2.1. Objectif général**

L'objectif général de cette étude est d'identifier les stratégies de conservation des eaux et des sols ainsi que les contraintes liées à l'appropriation des dispositifs antiérosifs adoptés par les producteurs dans les conditions du secteur d'agriculture de Bla dans la durée.

# OBJECTIFS DE RECHERCHE (2/2)

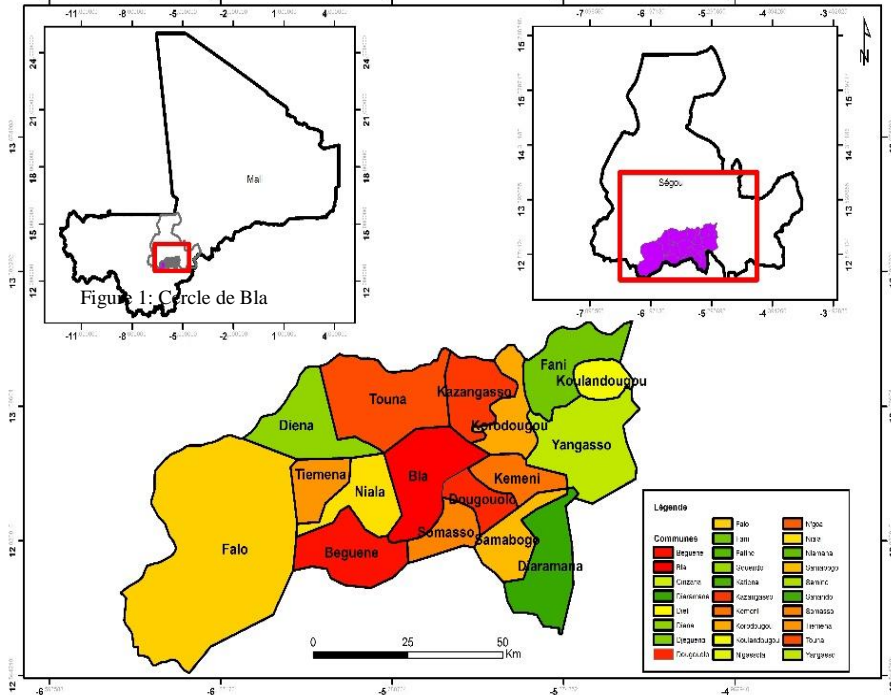
## 2.2. Objectifs spécifiques

- ❖ Identifier les techniques de lutte antiérosives et les contraintes de mise en œuvre de ces dispositifs.
- ❖ Identifier les techniques de lutte antiérosives et les contraintes de mise en œuvre de ces dispositifs.
- ❖ Evaluer l'érosion potentielle des unités morphopédologiques

### 3.1. Matériel

## 3. Matériel et méthodes (1/5)

# Milieu d'étude: le secteur d'agriculture de Bla



Superficie 6200 km<sup>2</sup>  
 471 746 habitants  
 17 Communes

Carte 1: Localisation du secteur d'agriculture de Bla

# Matériel et méthodes (2/5)

## 3.2. Méthodes d'étude

### 3.2.1. Enquêtes sur la perception locale des sols et les techniques de lutte antiérosives

- Entretiens individuels à travers des guides d'entretien
- Taille de l'échantillon: 60 exploitations agricoles réparties entre 6 villages et 4 communes du cercle de Bla.
- Critères de base pour le choix des villages: L'érosion, la baisse de la fertilité et la forte pression agricole.

## Matériel et méthodes (3/5)

- Choix des exploitations agricoles: façon aléatoire avec l'appui des agents techniques de base
- Association de 4 exploitants agricoles pour la description morphologiques locales des sols au cours d'un transect sur trois axes routiers (Bla-Touna, Bla-Yankasso et Bla-Koutiala).
- 4 techniques de lutte antiérosive: la diguette en terre, le cordon pierreux, la bande enherbée et la haie vive.

## Matériel et méthodes (4/5)

### 3.2.3. Evaluation de l'érosion potentielle des unités morphopédologiques

RUSLE (Reviews Universal Soil Loss Equation), c'est-à-dire l'Equation Universelle de Perte en Terre Révisée mise au point par Wischmeier et Smith (1978).

$$E = 2,24 \times R \times K \times L_s \times C \times P$$

E : pertes en sol annuelles moyennes possibles à long terme (t.ha.an-1)

## 4. Résultats (1/4)

### 4.1. Résultats

**4.1.1. Tableau 1:** Types de sols selon la perception locale et la méthode conventionnelle (classification CPS)

Désignation locale	Classification CPCS (1969)	% personnes enquêtées
<b>Bèlè dugukolo</b>	Sols peu évolués d'érosion sur cuirasse	13,2
<b>Cencen dugukolo</b>	Sol ferrugineux tropical lessivé à taches et concrétion	97,4
<b>Dià dugukolo</b>	Sol hydromorphe minéral à clay oxydé	84,2

## Résultats (2/4)

**4.1.2. Tableau 2: préférences locales des dispositifs antiérosifs (secteur de Bla)**

Dispositif antiérosif	Choix exprimé par les personnes enquêtées (n=60)	
	Nombre de personnes enquêtées	Pourcentage (%)
Cordon pierreux	19	32%
Diguette en terre	9	15%
Bande enherbée	15	25%
Haie vive	14	23%
Pas de choix	3	5%

## Résultats (3/4)

4.1.3. Tableau 3: Contraintes de mise en œuvre des dispositifs antiérosifs (secteur de Bla)

Dispositif antiérosif	Nombre de paysans signalant des contraintes spécifiques	Pourcentage (%)	Contraintes
Cordon pierreux	54	90%	Manque de pierre, difficulté de transport, main d'œuvre importante etc.
Diguette en terre	6	10%	Durée de vie courte, engorgement de la parcelle etc.
Bande enherbée	12	20%	Insuffisance de place, méconnaissance de bonne espèce.
Haie vive	35	58%	Dégradation des sols par la haie vive (Jatropha), méconnaissance de bonne espèce à planter.

## 5. Résultats (4/4)

### 5.1. Evaluation de l'érosion potentielle des sols

**Tableau 4:** Perte en terre des différentes unités

Unité morphopédologique et occupation du sol	Erosion t.ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup>
Plateau cuirassé sous savane dégradée	3,1
Glacis d'épandage sous culture	20,2
Bas-fonds sous culture	12,1

## 5. DISCUSSION (1/2)

### **Pertinence des perceptions locales sur les sols du secteur d'agriculture de Bla**

La classification paysanne des sols est fondée sur l'expérience, des critères topographiques et morphologiques. Ce constat est confirmé par de nombreux auteurs ayant conduit des recherches sur les savoirs locaux à travers le monde (Diallo et Diallo, 2016). Les personnes enquêtées dans le secteur de Bla ont identifié trois unités morphopédologiques. Ce résultat est confirmé par (Kouyaté et al. 2015; Keita, 2016) qui ont aussi trouvé trois unités morphopédologiques assez nettes.

## **DISCUSSION (2/2)**

Les valeurs d'érosion obtenues sur glacis d'épandage  $20,2 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$  est un résultat qui corrobore celui de Roose (1994) qui a trouvé les pertes en terre qui varient de  $0,5$  à  $40 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$  sur les glacis à sols ferrugineux tropicaux des régions soudano-sahéliennes.

Ce résultat est aussi conforme à celui de (Sangaré, 2014) avec un taux de  $13 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$  sur sol cultivé sur glacis d'épandage dans le bassin versant de Sinani en zone soudanienne du Mali.

## CONCLUSION (1/1)

La présente étude a permis d'identifier les principales couvertures pédologiques, de déterminer la sensibilité de ces sols à l'érosion hydrique ainsi que les contraintes de mise en œuvre des dispositifs antiérosifs. La connaissance locale de ces sols peut constituer un objet d'apprentissage mutuel entre les gestionnaires des sols. La démarche retenue pour cette étude peut contribuer aux efforts de recherche de solution pour la résolution du problème d'érosion.

## **Récommndation (1/1)**

Des efforts doivent être faits pour:

- la prise en compte de la dimension socioéconomique dans la gestion de la fertilité des sols;
- la sensibilisation des producteurs par rapports aux menaces de l'érosion hydrique sur la production agricole.
- la formation des producteurs sur les techniques de construction des ouvrages antiérosifs et la vulgarisation de ces techniques;
- l'utilisation de la cartographie dans les études pour déterminer l'ampleur et les zones à risques d'érosion.

# REFERENCES

- [1] Bowers S. A. and R. J. Hank. (1965): Reflection of radiant energy from soils, United States Department of Agriculture Research Service U.S. Department of Agriculture for official use, article, 9p.
- [2] Eric F. Lambin, BL Turner, Helmut J. Geist, Samuel B. Agbola, Arild Angelsen, John W. Bruce, Oliver T. Coomes, Rodolfo Dirzo, Guenter Fischer, Carl Folke, PS George, Katherine Homewood, Jacques Imbernon, Rik Leemans, Xiubin Li, Emilio F. Moran, Michael Mortimore, PS Ramakrishnan, John F. Richards, Helle Skar, Will Steffen, Glenn D. Stone, Uno Svedin, Tom A. Veldkamp, Coleen Vogel, Jianchu Xu. (2001) : Les causes de l'utilisation des terres et du changement de couverture terrestre : aller au-delà des mythes (Global Environmental Change), article 10p.
- [3] J. Kevin Thompson et Leslie J. Heinberg. (1999): The Media's Influence on Body Image Disturbance and Eating Disorders: We've Reviled Them, Now Can We Rehabilitate Them? University of South Florida, article, 16p.
- [4] Jean-Paul Lacombe et David Sherren (2007) : La télédétection principes et applications. Ecole Normale Supérieure Agronomique de Toulouse, Département Agronomie et Environnement, cours de télédétection aérospatiale, 81p.
- [5] Mahamadou Camara. (2016) : Comportement hydrologique d'un bassin versant en milieu péri-urbain : Rivière de Kalabankoro à Bamako, Université des sciences sociales et de gestion de Bamako, Mali, mémoire de maîtrise, 64p.
- [6] Marie Scouvar & Eric F Lambin (2006) : Approche systématique des causes de la déforestation en Amazonie Brésilienne : syndromes, synergies et rétroactions, Département de géographie, université catholique de Louvain Place Louis Pasteur, article, 15p.

# REFERENCES

- [7] Pauline Dusseux (2014) : Exploitation de séries temporelles d'images satellites à haute résolution spatiale pour le suivi des prairies en milieu agricole. Géographie. Université
- [8] Robert A. Schowengerdt (1997) : Model and Methods for image Processing, Departement of Electrical and computer Engineering, University of Arizona Tucson, Arizona, 522 p.
- [9] Ross S. Lunetta<sup>1</sup>, Joseph F. Knight<sup>1</sup>, Jayantha Ediriwickrema, John G. Lyon, and L. Dorsey Worthy (2006): Land-Cover Change Detection Using Multi-Temporal MODIS NDVI Data, 44p.
- [10] Saeid, Homayouni (2005) : Caractérisation des scènes urbaine par analyse des images hyper-spectrales. Ecole Normale Supérieure des Télécommunications de Paris, 175p.
- [11] Sounon Bouko, B. Sinsin<sup>1</sup> & B. Goura Soulé. (2007) : Effet de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au, Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Benin, article, 8p.
- [12] Stacy L. Ozesmi et Marvin E. Bauer. (2002): Satellite remote sensing of wetlands. Department of Forest Resources, University of Minnesota, St Paul, Minnesota 55108,
- [13] Tak youssif Gngongbo (2003) : Mise en valeur agricole et evolution du milieu naturel dans la zone forestière du litimé (Togo) paysannerie africaines et développement, universitaires de Bordeaux, article, 13p.

**Merci de votre attention**

# MSAS 2021

DOUZIEME SYMPOSIUM MALIEN SUR  
LES SCIENCES APPLIQUEES

*THEME*

**DYNAMIQUE DE LA SIGNATURE SPECTRALE DES FORMATIONS  
PAYSAGIQUES DANS LE BASSIN VERSANT DE LOTIO ENTRE 1990 -2019**

**Auteurs:**

Souleymane M. TRAORE  
Dr Souleymane BENGALY  
Dr Youssouf Cissé  
Abdoulaye M. GUINDO  
Sékoumar DIARRA

# Résumé

## Dynamique des signatures spectrales des formations paysagiques dans le bassin versant de Lotio de 1990-2019

TRAORE Souleymane M1, BENGALY Souleymane2, CISSE Youssouf2, DIARRA Sékoumar3 , GUINDO Abdoulaye M1

1,2Faculté d'Histoire et de Géographie, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako, Mali

3Hexagone Expertise, Bamako, Mali

Email : [souleymanemoussatraore@gmail.com](mailto:souleymanemoussatraore@gmail.com)

**Résumé :** Le bassin versant de Lotio est un milieu naturel très riche et diversifié en formations naturelles et anthropiques. L'étude de ces formations à travers leurs signatures spectrales permet de décrire la diversité et la dynamique paysagiques du bassin versant de Lotio. La présente étude s'intitule « Dynamique de la signature spectrale des formations paysagiques dans le bassin versant de Lotio de 1990 à 2019 ». Les images Landsat sont des moyens d'observation des phénomènes se déroulant sur la terre à travers la manipulation des Systèmes d'Information Géographique et la Télédétection. C'est dans ce contexte que cette recherche étudie les réactions spectrales des formations naturelles et anthropique de deux sous-bassins versant de Lotio de 1990 à 2019. Les données spatiales (imagerie satellitaires Landsat multi dates et DEM) ont été utilisées à cet effet. La classification des images Landsat et l'élaboration des profils des réponses spectrales des objets ont été faites sous QGIS avec l'algorithme Semi-Automatic Classification (SCP). Les résultats de l'étude révèlent que les objets n'ont pas une évolution similaire. Les objets les plus dominants en termes de réflectance en fonction des longueurs d'onde dans le bassin de Lotio (1990 - 2019) sont la zone agricole et le sol nu (0,03 et 0,15) et le bâti (0,04 à 0,17). Les résultats de l'analyse d'occupation du sol de deux sous-bassins versant (amont et aval) ont ainsi permis de déterminer quatre (4) classes d'occupation du sol. Cette étude révèle en amont une extension spatiale du bâti de 2,78% à 6,42% et des zones agricoles et du sol nu de 11,73% à 12,59% sur une période de 29 ans. D'autre part en aval, l'étude révèle une augmentation spatiale du bâti de 8,16% à 12,80% de 1990 à 2019. Mots clés : Dynamique, signature spectrale, formation naturelle et anthropique, bassin versant de Lotio.

# Plan

- Introduction
- Méthodologie
- Présentation de la zone d' étude
- Résultats
- Discussion
- Conclusion

# Introduction

L'image satellitaire occupe une place très importante dans les processus de transformation spatiale notamment dans l'observation et le suivi des phénomènes naturels et humains [2]. Dans les caractéristiques intrinsèques des objets et des surfaces, le rayonnement incident interagi avec la cible selon l'une ou l'autre des propriétés citées précédemment, ou de manière générale selon une combinaison de ces propriétés.

## Introduction (suite)

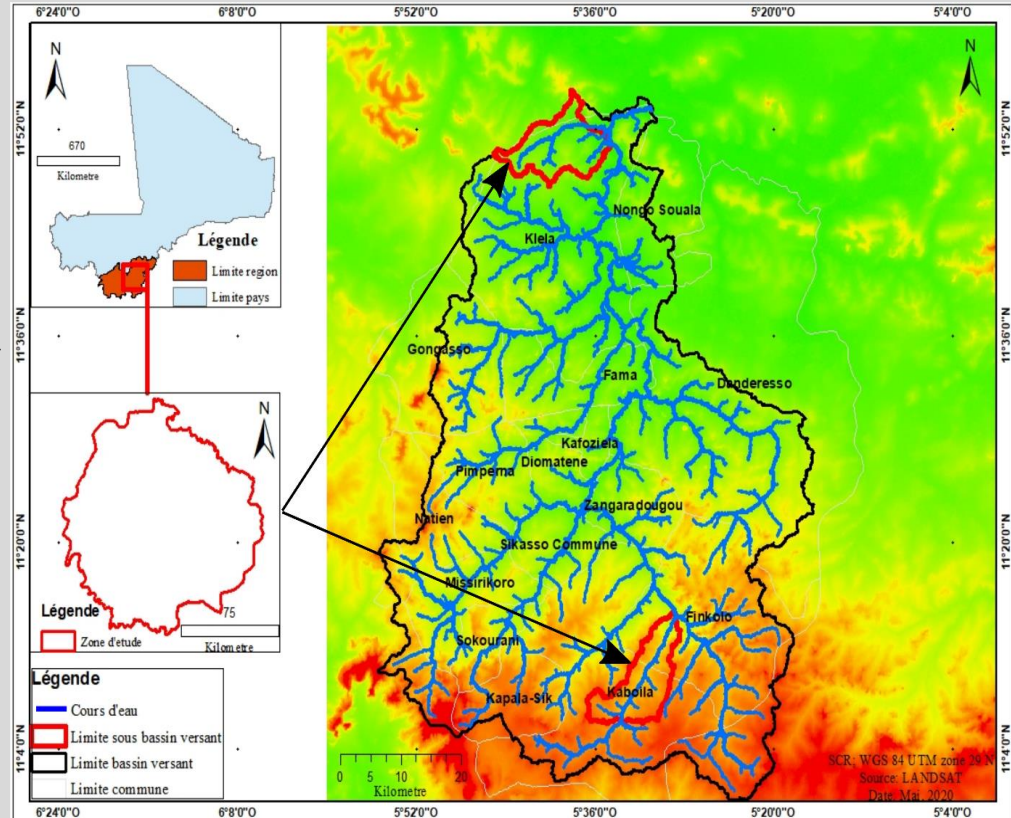
Le développement des techniques de la télédétection et du système d'information géographique (SIG) permet une approche de plus en plus précise sur la dynamique de l'occupation du sol [8]. La télédétection et le SIG sont de plus en plus utilisés pour l'étude des phénomènes se déroulant à la surface de la terre. Ils constituent des outils essentiels dans les systèmes interactifs d'aide à la prise de décision.

## Introduction (suite)

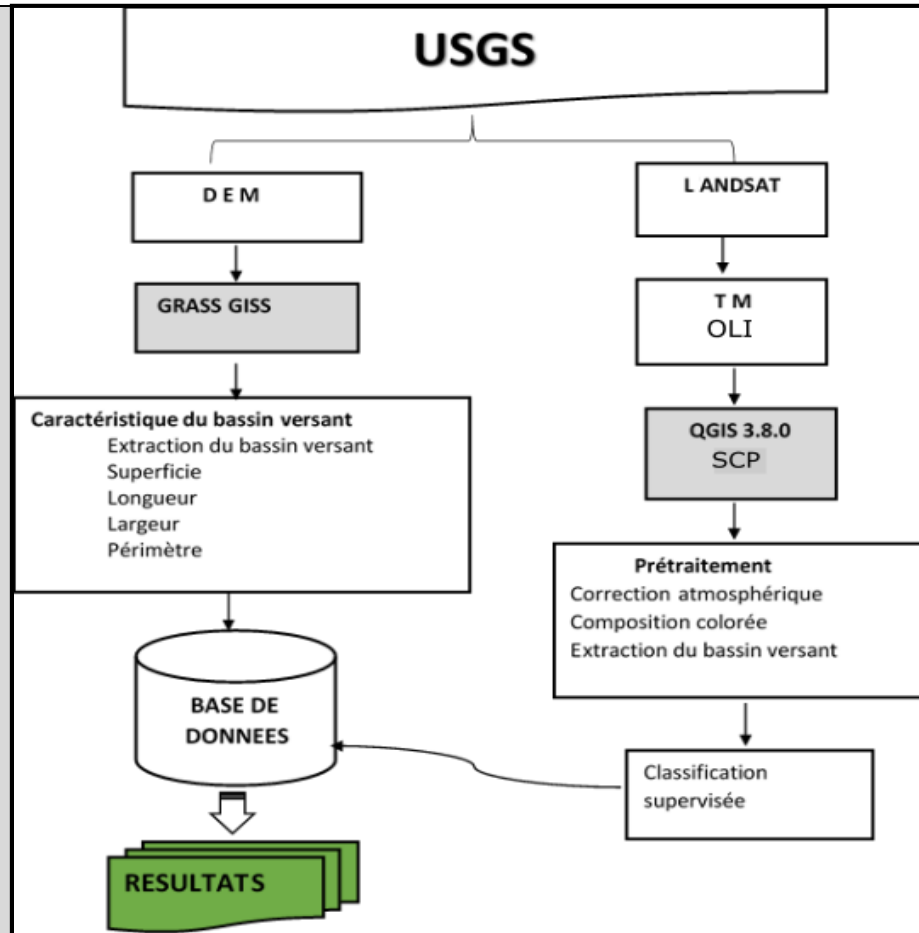
Le Bassin versant de Lotio arrose plusieurs communes dans le cercle de Sikasso. Il couvre une superficie de 4414,83 Km<sup>2</sup> avec une longueur de 121,9 Km. Il dispose d'une multitude de formations naturelles et anthropiques. Chaque formation (objet) a une caractéristique qui lui est propre. La télédétection est un outil très performant qui continue de progresser de nos jours avec de nouvelles perspectives de recherche. L'approche Télédétection / SIG a été utilisée dans le cadre de ce projet pour étudier la dynamique des objets à travers leurs signatures spectrales.

# Présentation de la zone d'étude

Le Lotio est un affluent du Bafing dans le cercle de Sikasso situé entre les longitudes  $5^{\circ}42'$  et  $5^{\circ}24'$  W et les latitudes  $11^{\circ}42'$  et  $11^{\circ}6'$  N. C'est la seule rivière qui arrose environ 17 communes dans le cercle avec une superficie de  $4414,83\text{Km}^2$  et une longueur de 121,9 Km.



# Méthodologie



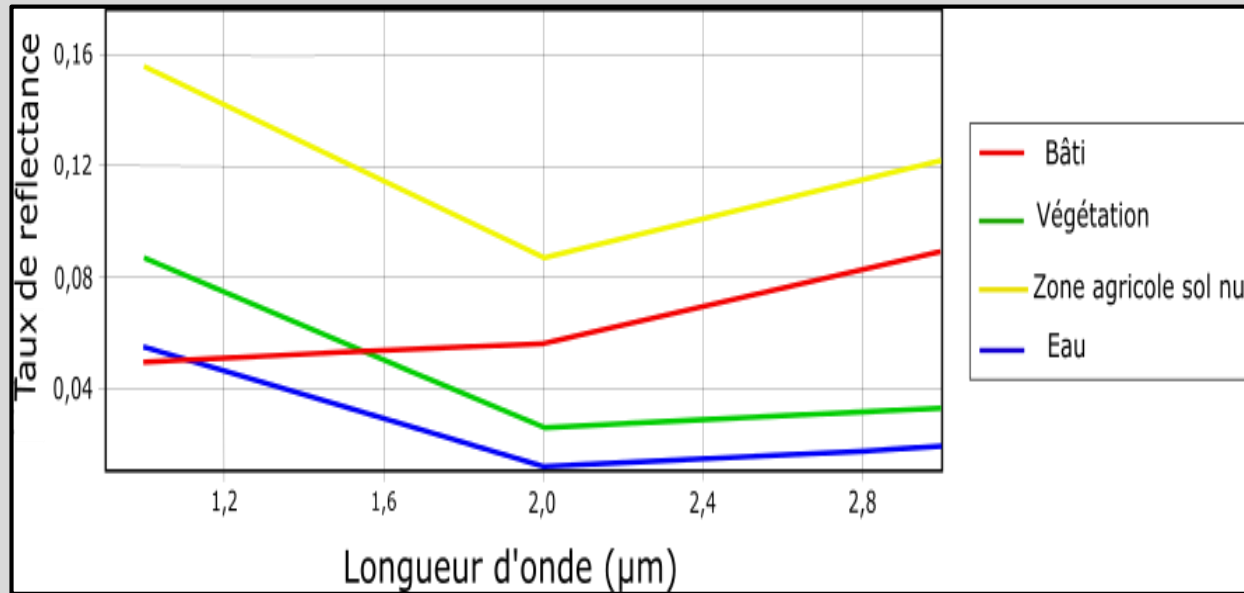
# Résultats

# Caractéristiques géométriques du bassin versant

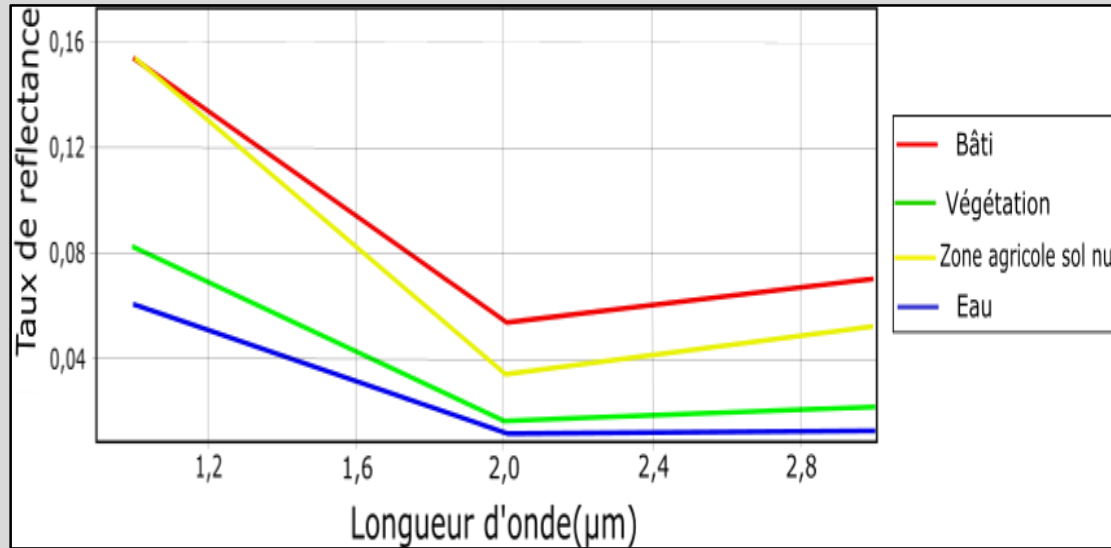
## Les caractéristiques géométriques des deux sous bassins versants de Lotio

Paramètre	Bassin aval	Bassin amont
Superficie km <sup>2</sup>	110,38	109,62
Périmètre km	88,23	87,22
Longueur km	16,54	17,57
Largeur km	6,67	6,23

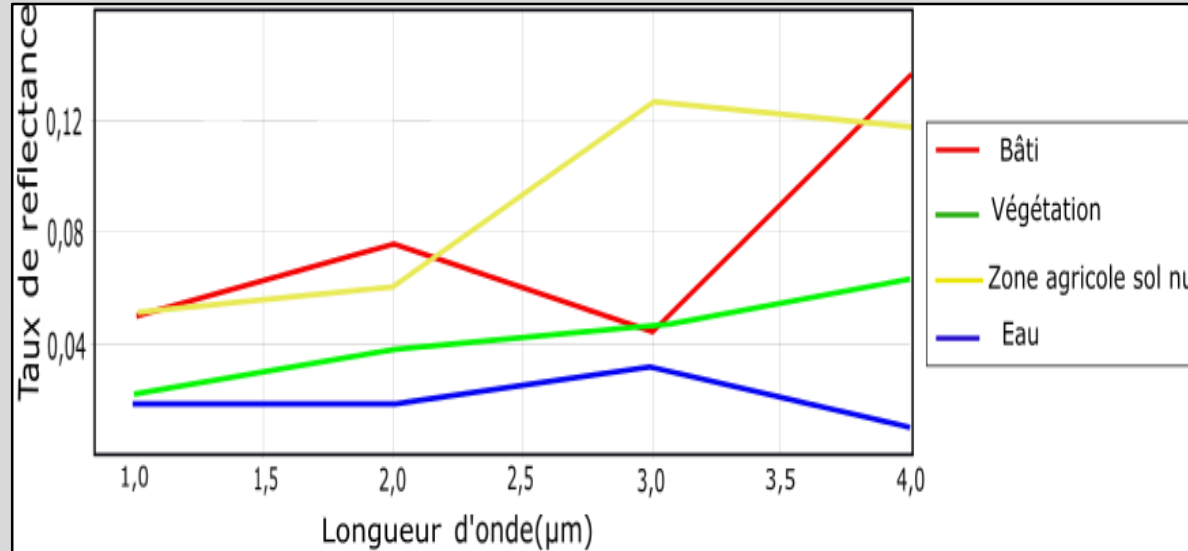
# Signature spectrale du sous bassin amont en 1990



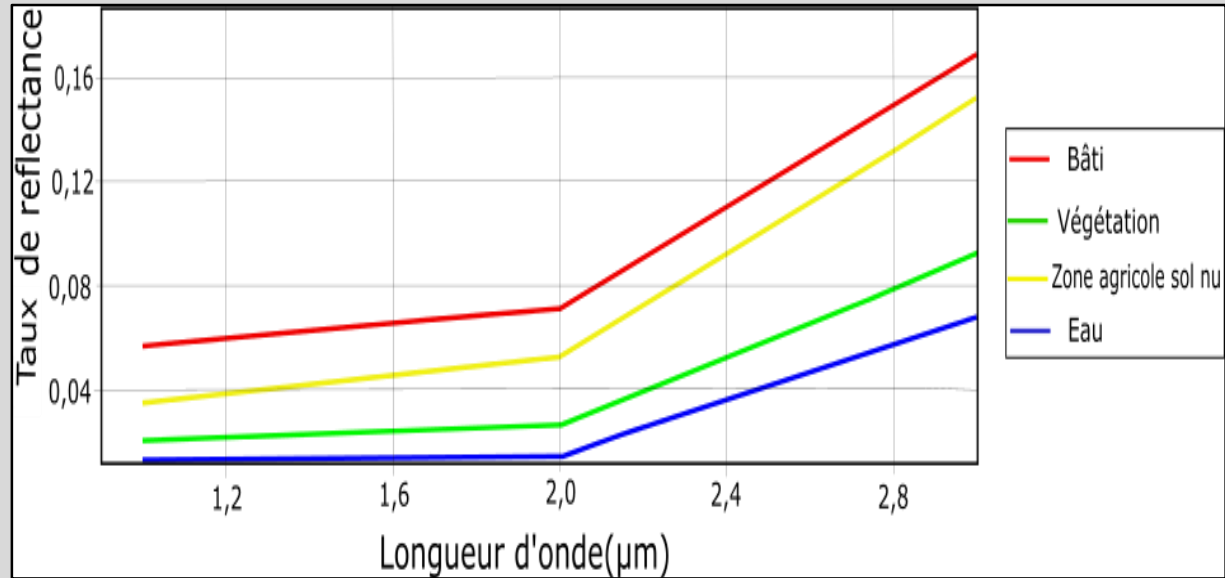
# Signature spectrale du sous bassin amont en 2019



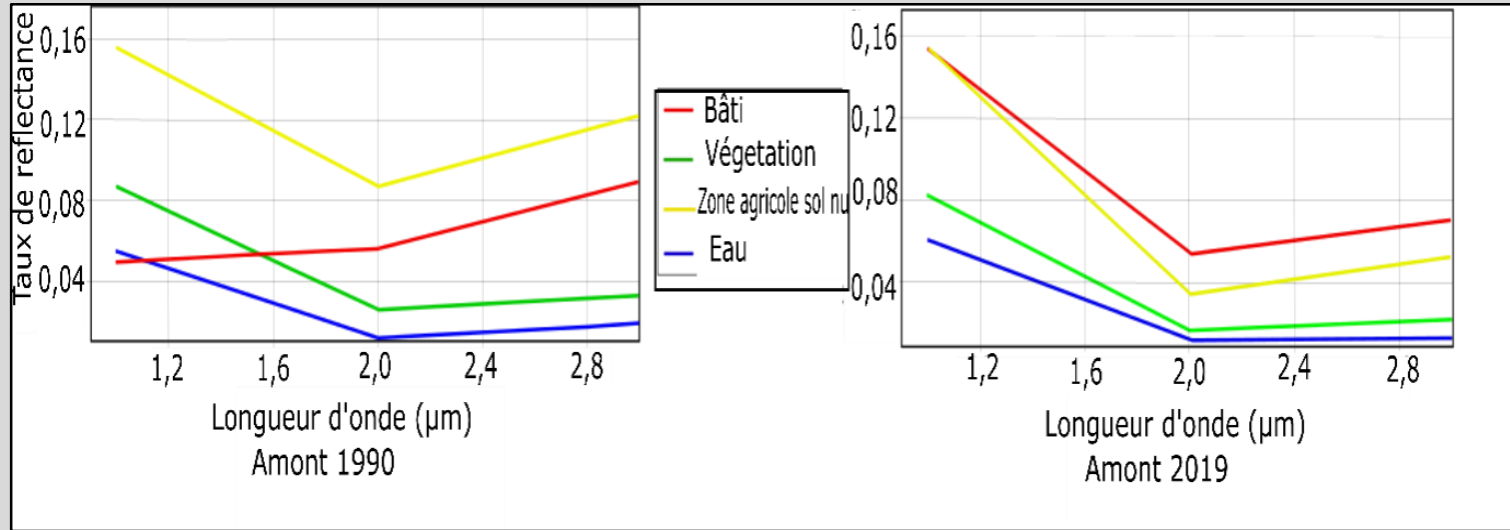
# Signature spectrale du sous bassin aval en 1990



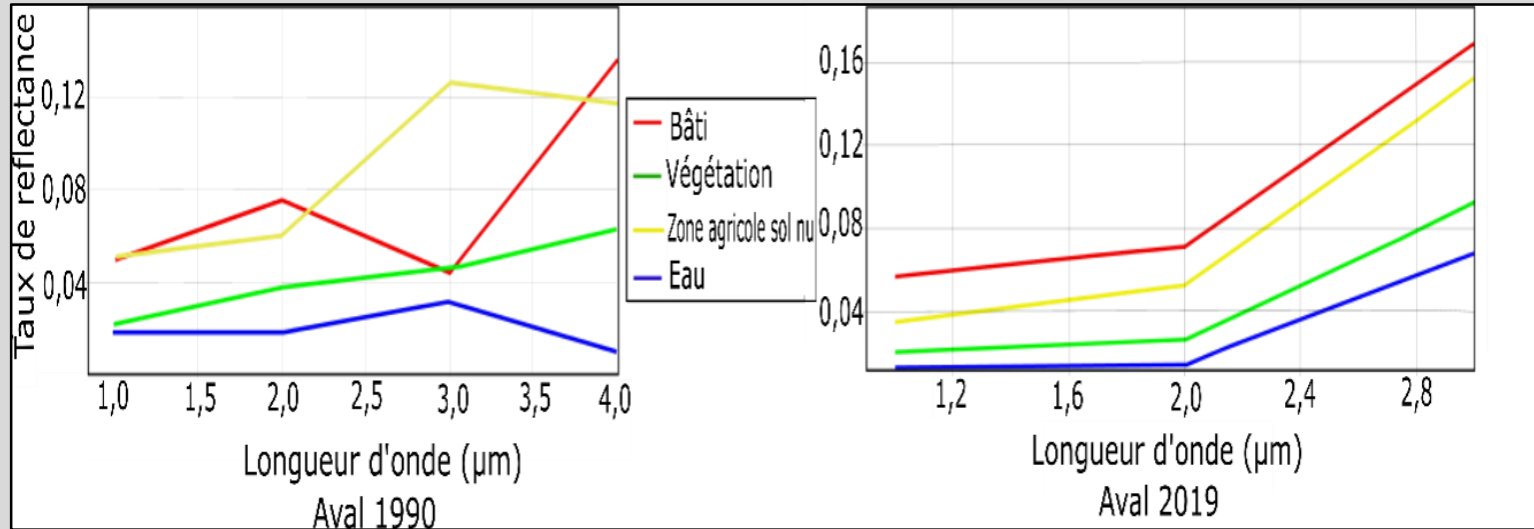
# Signature spectrale du sous bassin aval en 2019



# Evolution des signatures spectrales du sous-bassins amont de Lotio entre 1990 -2019

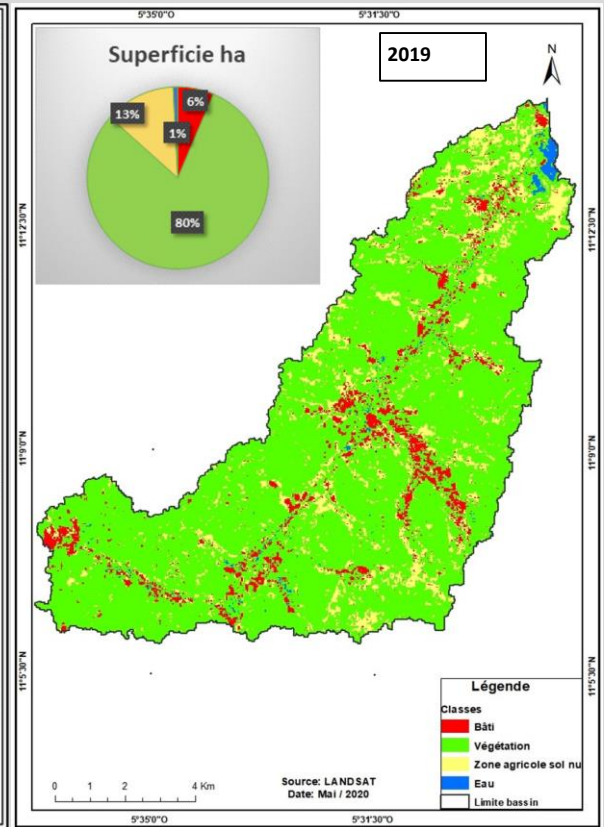
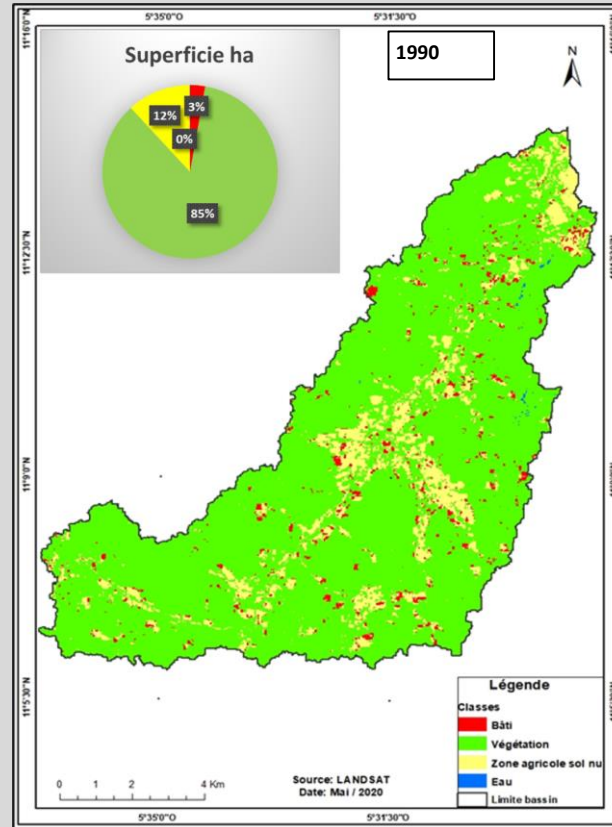


# Evolution des signatures spectrales du sous bassins aval de Lotio entre 1990 - 2019



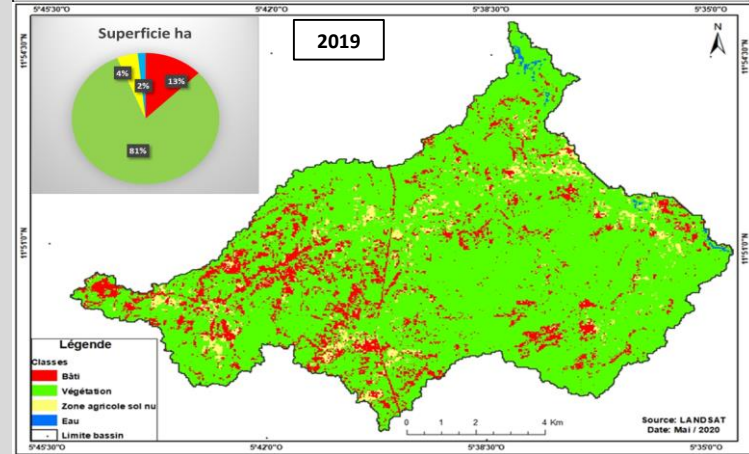
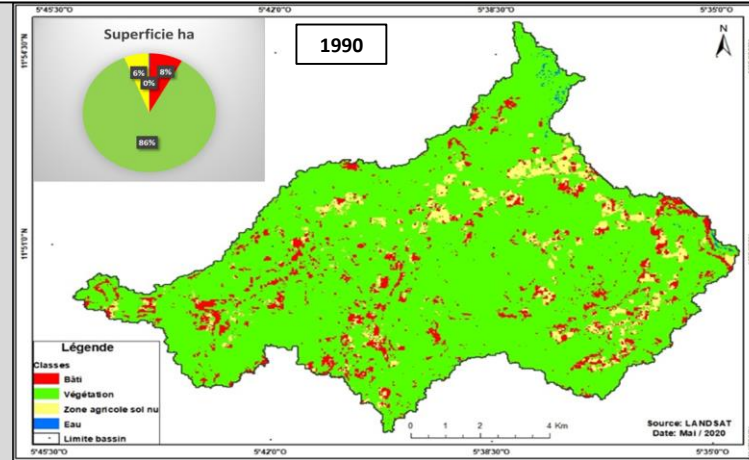
## Analyse d'occupation du sol du sous bassin amont entre 1990 - 2019

Cette analyse prouve que l'unité végétation diminue au profit des autres formations soit 85% en 1990 contre 80% en 2019. L'unité bâti progresse soit 3% en 1990 contre 6% en 2019 au dépend des zones agricoles et sol nu.



# Analyse d'occupation du sol du sous bassin aval entre 1990 - 2019

Cette analyse montre que la formation végétale régresse contrairement aux autres formations soit 86% en 1990 contre 81% en 2019. L'unité bâti progresse soit 8% en 1990 contre 13% en 2019 au dépend des zones agricoles et sols nus.



## Discussion

La réflectivité spectrale est le pourcentage de lumière réfléchi par la surface d'un objet en fonction de ses propriétés intrinsèques et de la longueur d'onde. Elle est unique pour les objets naturels ou artificiels. Les résultats de la dynamique de signatures spectrales des formations paysagiques dans le bassin versant de Lotio entre 1990 et 2019 sont en accord avec les résultats de [1]. Plus la teneur en eau est forte, plus la réflectance d'eau et végétation diminue, nos résultats montrent que le plan d'eau et la végétation ont des faibles taux de réflectance entre 1990 et 2019 (évoluant entre 0,0 à 0,9). Ces résultats ont été confirmés aussi par des auteurs comme [9].

# Conclusion

La dynamique des signatures spectrales des formations (naturelles et anthropiques) dans le bassin versant de Lotio entre 1990 et 2019 : a été évaluée grâce à la potentialité qu'offrent les outils de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG). Cette approche de la télédétection et des SIG ont permis d'appréhender l'évolution de la signature spectrale des unités paysagiques dans les deux sous-bassins versant de Lotio.



## Conclusion(suite)

L'analyse des résultats fait apparaître que les objets n'ont pas d'évolution spectrale similaire, mais les objets dont le taux de réflectance est élevé sont le bâti, la zone agricole et le sol nu contrairement à la végétation et au plan d'eau qui ont connus de faibles taux de réflectance. Le faible taux de réflectance de la végétation et du plan d'eau est dû à la présence de l'humidité car l'augmentation de la teneur en eau se traduit par une diminution générale de la réflectance à toutes les longueurs d'onde.

# Références

[1] Bowers S. A. and R. J. Hank. (1965): Reflection of radiant energy from soils, United States Department of Agriculture Research Service U.S. Department of Agriculture for official use, article, 9p

[2] Eric F. Lambin, BL Turner, Helmut J. Geist, Samuel B. Agbola, Arild Angelsen, John W. Bruce, Oliver T. Coomes, Rodolfo Dirzo, Gu. nther Fischer, Carl Folke, PS George, Katherine Homewood, Jacques Imbernon, Rik Leemans, Xiubin Li, Emilio F. Moran, Michael Mortimore, PS Ramakrishnan, John F. Richards, Helle Skar, Will Steffen, Glenn D. Stone, Uno Svedin, Tom A. Veldkamp, Coleen Vogel, Jianchu Xu. (2001) : Les causes de l'utilisation des terres et du changement de couverture terrestre : aller au-delà des mythes (Global Environmental Change), article 10p.

[3] J. Kevin Thompson et Leslie J. Heinberg. (1999): The Media's Influence on Body Image Disturbance and Eating Disorders: We've Reviled Them, Now Can We Rehabilitate Them? University of South Florida, article, 16p.

[4] Jean-Paul Lacombe et David Sherren (2007) : La télédétection principes et applications. Ecole Normale Supérieure Agronomique de Toulouse, Département Agronomie et Environnement, cours de télédétection aérospatiale, 81p.

[5] Mahamadou Camara. (2016) : Comportement hydrologique d'un bassin versant en milieu périurbain: Rivière de Kalabankoro à Bamako, Université des sciences sociales et de gestion de Bamako, Mali, mémoire de maîtrise, 64p.

## Références (suite)

- [6] Marie Scouvar & Eric F Lambin (2006) : Approche systématiques des causes de la déforestation en Amazonie Brésilienne : syndromes, synergies et rétroactions, Département de géographie, université catholique de Louvain Place Louis Pasteur, article, 15p.
- [7] Pauline Dusseux (2014) : Exploitation de séries temporelles d'images satellites à haute résolution spatiale pour le suivi des prairies en milieu agricole.  
Géographie. Université
- [8] Robert A. Schowengerdt (1997) : Model and Methods for image Processing, Departement of Electrical and computer Engineering, University of Arizona Tucson, Arizona, 522 p.
- [9] Ross S. Lunetta<sup>1</sup>, Joseph F. Knight<sup>1</sup>, Jayantha Ediriwickrema, John G. Lyon, and L. Dorsey Worthy (2006): Land-Cover Change Detection Using Multi-Temporal MODIS NDVI Data, 44p.
- [10] Saeid, Homayouni (2005) : Caractérisation des scènes urbaine par analyse des images hyperspectrales. Ecole Normale Supérieure des Télécommunications de Paris, 175p.

## Références (fin)

[11] Sounon Bouko, B. Sinsin<sup>1</sup> & B. Goura Soulé (2007) : Effet de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au, Laboratoire d'Ecologie Appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Benin, article, 8p.

[12] Stacy L. Ozesmi et Marvin E. Bauer. (2002): Satellite remote sensing of wetlands. Department of Forest Resources, University of Minnesota, St Paul, Minnesota 55108,

[13] Tak youssif Gnongbo (2003) : Mise en valeur agricole et evolution du milieu naturel dans la zone forestière du litimé (Togo) paysannerie africaines et développement, universitaires de Bordeaux, article, 13p.

**Merci de votre aimable attention**

# ECOLE NATIONALE D'INGENIEURS – ABDERHAMANE BABA TOURE



## AMELIORATION DE LA GRAVE LATERITIQUE LITHOSTABILISEE AVEC DE L'EMULSION DE BITUME POUR LA COUCHE DE FONDATION CAS DE LA RN6 : TOUR DE L'AFRIQUE – YIRIMADIO

**PRESENTE PAR : Mahamadou SOUMARE**

**09 JUIN 2021**

# RÉSUMÉ

## Recyclage de la grave lateritique lithostabilisée améliorée en émulsion de bitume pour la couche de fondation

Mahamadou SOUMARE<sup>1</sup>, Moussa THIAM<sup>2</sup>, Youssouf BERTHE<sup>1</sup>, Younoussa TANGARA<sup>3</sup>, Amadou KANOUTE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ecole Nationale D'Ingénieurs Abderhamane Baba Touré

<sup>2</sup>Ecole Normale d'Enseignement Technique et Professionnelle

<sup>3</sup>Cira Mali

**RESUME :** L'utilisation des graveleux latéritiques en construction routière présente un intérêt évident dans les pays tropicaux et plus particulièrement au Mali. Géologiquement parlant, le graveleux latéritique est un matériau très abondant, accessible et moins coûteux. En plus de ces caractéristiques, son utilisation dans la structure de chaussée et le corps des remblais dépend de plusieurs paramètres :

- Sa qualité,
- La nature de la chaussée,
- L'environnement

Dans le cadre de notre projet, compte tenu de la nature du trafic (T5 ou routes plus fréquentées), la classe de la plateforme (S4) et le calcul de dimensionnement des chaussées, cette latérite malgré sa bonne qualité vis à vis du Cahier de Clause Technique Particulière (CCTP) ne répond pas à elle seule les exigences demandées dans le calcul de dimensionnement pour la couche de fondation d'où, l'intérêt de son amélioration. Dans cette perspective d'améliorer la latérite, le choix s'est porté sur l'utilisation d'une émulsion de bitume ECL 60 dosée à 2.5 % selon l'étude de formulation.

Ce procédé étant en phase de recherche, aucune norme officielle n'a été approuvée à ce jour. Nonobstant, les Sud-africains étant très avancés dans cette technique ont réussi à mettre en place certain guide tel que le guide AIPCR (Association Internationale Permanente des Congrès de la Route) qui donne les conditions d'utilisation d'émulsion de bitume.

Les matériaux doivent être dans un fuseau déterminé par le guide pour qu'ils soient améliorables avec l'émulsion de bitume (Association Mondiale de la Route). La latérite à elle seule ne répondant pas à toutes les spécifications du guide d'où la nécessité d'apporter un peu de renforcement au squelette granulaire (concassé 0/20).

Ainsi, la structure de chaussée adoptée pour notre projet est la suivante :

- 05 cm de BBME2 de 3800 MPA,
- 09 cm de GB4 de 3500 MPA,
- 30 cm de RAE (latérite + concassé 0/20 + émulsion de bitume) de 2000MPA
- Plateforme (S4) PF4 de 200 MPA

À la fin de notre étude, nous tirons la conclusion que ce retraitement a amélioré d'une part la qualité du matériau de l'ancienne structure et d'autre part il permet de garder le caractère souple de la chaussée. Toutefois, il faut approfondir les études afin d'aboutir à des textes normatifs qui le concerne.

**Mots clés :** Graveleux latéritique, Concassé de granite, Emulsion de bitume, Recyclage Améliorée à l'Emulsion (RAE)

# ABSTRACT

**ABSTRACT:** The use of lateritic gravels in road construction is of obvious interest in tropical countries and more particularly in Mali. Geologically speaking, the lateritic gravelly is a very abundant, accessible and less expensive material. In addition to these characteristics, its use in the pavement structure and the body of embankments depends on several parameters:

- Its quality,
- The nature of the road,
- The environment

Within the framework of our project, taking into account the nature of the traffic (T5 or more frequented roads), the class of the platform (S4) and the calculation of the dimensioning of the pavements, this laterite despite its good quality with respect to the Specifications Particular Technical Clause (SPTC) alone does not meet the requirements requested in the sizing calculation for the foundation layer, hence the benefit of its improvement.

With a view to improving the laterite, the choice fell on the use of an ECL 60 bitumen emulsion dosed at 2.5% according to the formulation study.

As this process is in the research phase, no official standard has been approved to date.

Notwithstanding, the South Africans being very advanced in this technique have succeeded in putting in place certain guide such as the guide PIARC (Permanent International Association of Road Congress) which gives the conditions of use of bitumen emulsion.

The materials must be in a spindle determined by the guide so that they can be improved with the bitumen emulsion.

The laterite alone does not meet all the specifications of the guide hence the need to add some reinforcement to the granular skeleton (crushed 0/20).

Thus, the pavement structure adopted for our project is as follows:

- 05 cm of BBME2 of 3800 MPA,
- 09 cm of GB4 of 3500 MPA,
- 30 cm of RAE (laterite + 0/20 crushed stone + bitumen emulsion) of 2000MPA
- platform (S4) PF4 of 200 MPA.

At the end of our study, we conclude that this reprocessing has improved on the one hand the quality of the material of the old structure and on the other hand it keeps the pavement flexible. However, more studies must be done in order to come up with normative texts that concern him.

**Keywords:** Lastery gravel, Granite Crush, Bitumen emulsion, Enhanced Emulsion Recycling (RAE)

# CONTENU DE LA PRÉSENTATION

- CHOIX DU SUJET
- MÉTHODES D'ANALYSE
- RÉSULTATS OBTENUS
- PRINCIPE DE RECYCLAGE A L'EMULSION
- CONCLUSION
- RECOMMANDATIONS

## CHOIX DU SUJET 1/3

L'utilisation des graveleux latéritiques en construction routière présente un intérêt évident dans les pays tropicaux et plus particulièrement au Mali.

Géologiquement, le graveleux latéritique est un matériau très abondant, accessible et moins coûteux.

En plus de ces caractéristiques, son utilisation dans la structure de chaussée et le corps des remblais dépend de plusieurs paramètres : sa qualité, la nature de la chaussée et l'environnement.

Dans le cadre de notre projet, compte tenu de la nature du trafic (T5-routes très fréquentées), la classe de portance de la plateforme (S4) et le calcul de dimensionnement des chaussées, cette latérite malgré sa bonne qualité vis à vis du Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) ne répond pas à elle seule aux exigences demandées dans le calcul de dimensionnement pour la couche de fondation d'où, l'intérêt de son amélioration.

## CHOIX DU SUJET 2/3

En vue d'améliorer la latérite, le choix s'est porté sur l'utilisation d'une émulsion de bitume ECL 60 dosée à 2.5 % selon l'étude de formulation.

Ce procédé étant en phase de recherche, aucune norme officielle n'a été approuvée à ce jour.

Cependant, les Sud-africains étant très avancés dans cette technique ont réussi à mettre en place certains guides tel que le guide AIPCR (Association Internationale Permanente des Congrès de la Route) qui donne les conditions d'utilisation d'émulsion de bitume.

Selon ce guide, pour qu'un matériau soit améliorable avec de l'émulsion de bitume, il faut qu'il soit dans un fuseau granulométrique donné.

La latérite à elle seule ne répondant pas à toutes les spécifications du guide d'où la nécessité d'apporter un peu de renforcement au squelette granulaire (concassé 0/20).

## CHOIX DU SUJET 3/3

Ainsi, la structure de chaussée adoptée pour notre projet est la suivante :

- 05 cm de BBME2 de 3800 MPA,
- 09 cm de GB4 de 3500 MPA,
- 30 cm de RAE (latérite + concassé 0/20 + émulsion de bitume) de 2000MPA
- Plateforme (S4) PF4 de 200 MPA

Nous tirons de ce traitement l'amélioration des caractéristiques géotechniques de la latérite tout en gardant le caractère souple de la chaussée. Toutefois, il faut approfondir les études afin d'aboutir à des textes normatifs qui le concernent.

# MÉTHODES D'ANALYSE

- ❑ Etudes géotechniques sur les matériaux avant amélioration ;
- ❑ Etude de formulation ;
- ❑ Etudes géotechniques sur le matériau amélioré.

# RESULTATS 1/9

Pour la première étude, nous avons les résultats suivants :

## ❑ Étude du graveleux latéritique

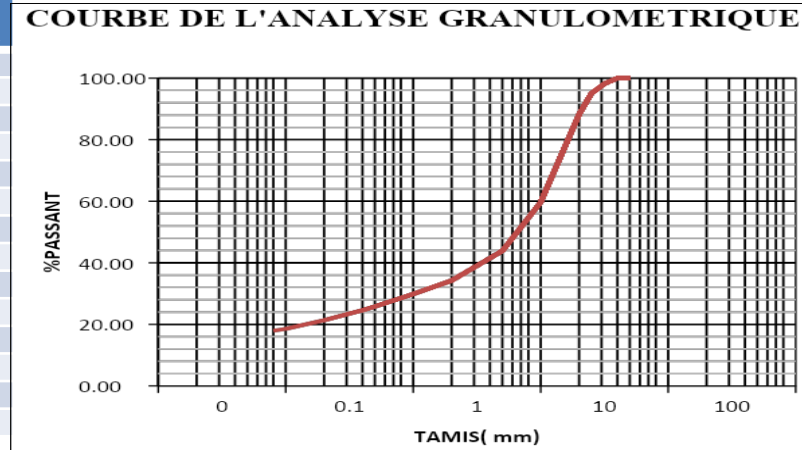
### Analyse granulométrique

TABLEAU 5 : RESULTAT DE L'ANALYSE GRANULOMETRIQUE

TAMIS	Refus Partiel	Refus Cumulés	% Refus	% Passant
50	0	0	0,0	100,00
40	0	0	0,0	100,00
31,5	64	64	1,9	98,15
25	108	172	5,0	95,02
20	235	407	11,8	88,21
10	985	1392	40,3	59,69
5	547	1939	56,2	43,85
2	333	2272	65,8	34,20
1	151	2423	70,2	29,83
0,5	139	2562	74,2	25,80
0,4	41	2603	75,4	24,62
0,2	154	2716	78,7	21,34
0,1	97	2813	81,5	18,53
0,08	22	2835	82,1	17,90

FIGURE 6

COURBE DE L'ANALYSE GRANULOMETRIQUE



Nous remarquons que ce matériau présente un pourcentage de fines  $\%0,080 = 17,90 \leq 25\%$  et  $\%2\text{mm} \leq 50$  comme exigés dans les prescriptions. Alors ce matériau, du point de vue granulométrique, peut être utilisé pour la fondation de la structure de chaussée.

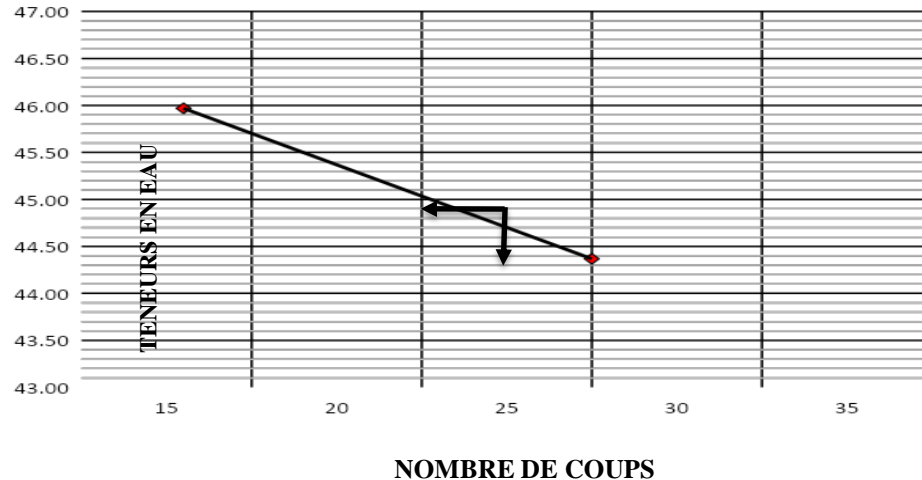
## ❑ Étude du graveleux latéritique

### ▪ Limites d'Atterberg

**TABLEAU 6 : LES LIMITES D'ATTERBERG DE LA LATÉRITE**

Limite de liquidité $W_L$ (%)	45,17
Limite de plasticité $W_p$ (%)	23,99
Indice de plasticité IP (%)	21,18

Figure 8 : GRAPHE DE LIMITE DE LIQUIDITE (L. L.)

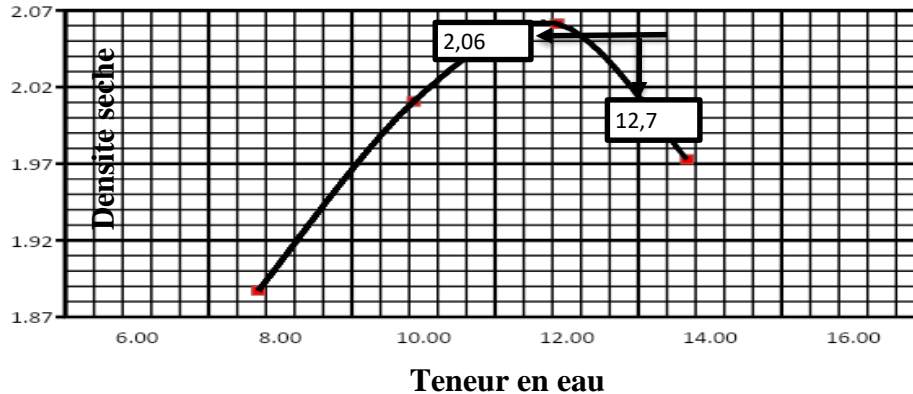


Nous remarquons que l'indice de plasticité  $IP = 21,18\% \leq 25\%$  exigé dans les prescriptions alors ce matériau du point de vue plastique peut être utilisé comme matériau de la couche de fondation.

## □ Étude du graveleux latéritique

### ▪ Essai Proctor modifié

**FIGURE 10 :** Courbe de Proctor modifiée



**TABLEAU 7 : RÉSULTATS DE L'ESSAI PROCTOR MODIFIÉ**

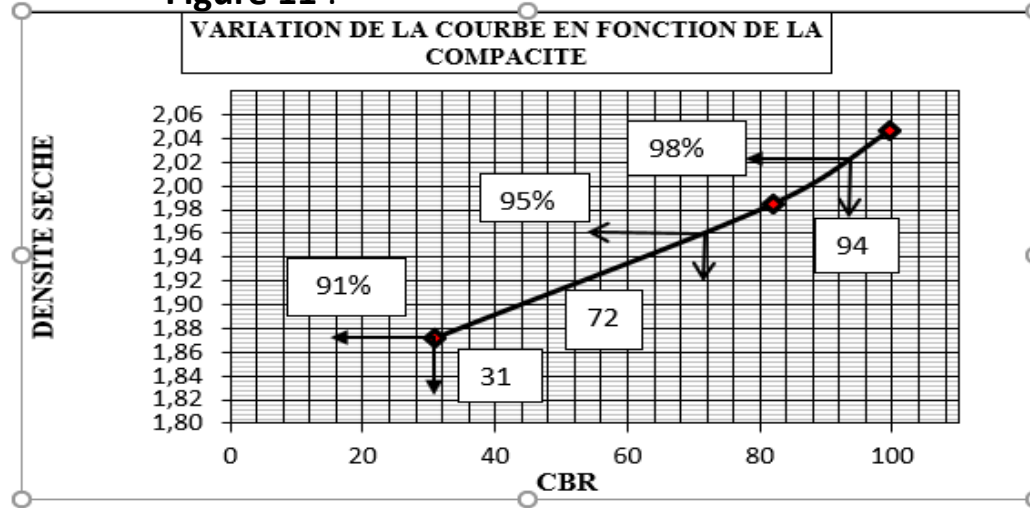
Essai Proctor modifié	
Densité (KN/m <sup>3</sup> )	2,06
Teneur en eau (%)	12,7

Nous remarquons que la densité sèche maximale obtenue pour ce matériau est  $\gamma_{dmax} = 2,06 \text{ KN/m}^3 \geq 2 \text{ KN/m}^3$  comme indiquée dans les caractéristiques exigées.

## □ Étude du graveleux latéritique

### ▪ Essai CBR

**Figure 11 :**



**TABEAU 8 : CBR EN FONCTION DE LA COMPACTITÉ DE LA LATÉRITE**

CBR à (%) OPM	
98%	94
95%	72
92%	31

Après compactage, l'indice CBR obtenu à l'OPM à 95% pour la couche de fondation est I CBR = 72, ce qui est nettement supérieur à 50 comme exigé dans les prescriptions de la couche de fondation.

## ❑ Étude du concassé de granite 0/20

- Essai Los Angeles

L'essai a donné un coefficient Los Angeles  $LA = 8$ .

**$LA \leq 30$**  : le matériau peut être utilisé pour la chaussée.

- Essai Micro Deval en présence de l'eau

L'essai a donné un coefficient Micro Deval  $MDE = 5$ .

**$MDE \leq 25$**  : le matériau peut être utilisé pour la chaussée.



# RESULTATS 6/9

Les résultats obtenus après l'étude de formulation sont consignés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 14 : Résultats du module de rigidité du matériau amélioré aux différents pourcentages à l'émulsion de bitume (Formulation de retraitement de latérite à l'émulsion Razel – Bec 2019)**

	Module de rigidité (NF EN 12697-26)						
	D1	D2	D3	D7	D10	D28	Adapted
3% (MPa)	1963	2058	2035	1668	2115	2346	1957
2.50% (MPa)	2003	1861	1902	2341	2042	2185	1795
2% (MPa)	1926	1953	1822	1904	2071	1927	2416

**L'analyse du tableau révèle un résultat satisfaisant avec un taux d'émulsion à 2,5%.**

## □ Étude du matériau amélioré

### ▪ Essai Proctor modifié FIGURE 15 : COURBE PROCTOR MODIFIÉ POUR LE MATÉRIAU RECYCLÉ

Courbe de Proctor modifiée

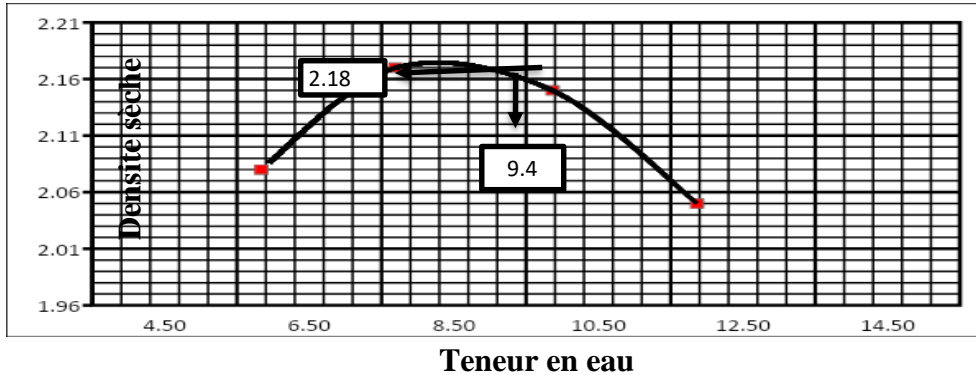


TABLEAU 15 : RÉSULTAT DE L'ESSAI PROCTOR DU MATÉRIAU AMÉLIORÉ

Essai Proctor modifié	
Densité (KN/m <sup>3</sup> )	2,18
Teneur en eau (%)	9,4

Nous constatons une évolution de la densité sèche due à l'amélioration à 15% du concassé 0/20 et à 2,5% d'émulsion de bitume. Le graphe ci-dessus représente les caractéristiques du matériau amélioré. Ce résultat est supérieur à la densité sèche de la latérite naturelle qui est de 2,06 t/m<sup>3</sup>, et donc plus

## □ Étude du matériau amélioré

### ▪ Essai CBR

Figure 16 :

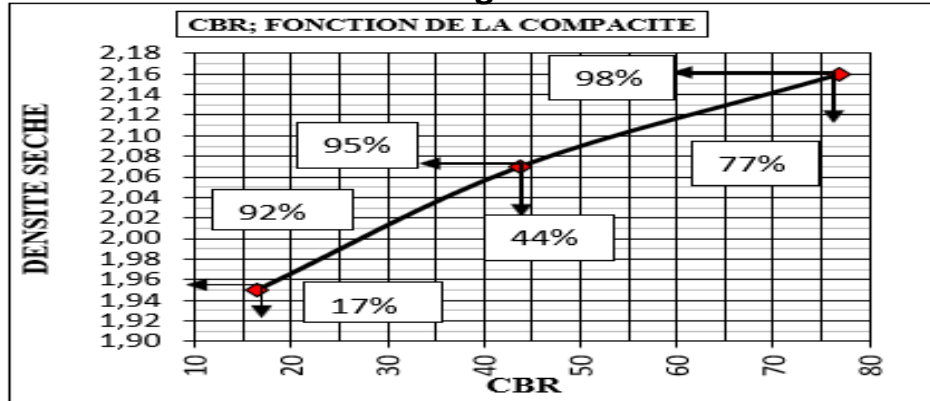


TABLEAU 16 : CBR EN FONCTION DE LA COMPACTITÉ DU MATÉRIAU AMÉLIORÉ

CBR à (%) OPM	
98%	77
95%	44
92%	17

Le graphique ci-dessus donne l'évolution de la porte CBR à 92%, 95% et à 98% de l'OPM de la latérite améliorée à 15% de concassé et 2,5% de l'émulsion de bitume. Nous constatons une diminution significative de l'indice CBR à l'OPM du matériau amélioré par rapport à la latérite naturelle. L'indice CBR n'est pas déterminant pour ce matériau à cause de l'émulsion de bitume. Nous concluons qu'il faudra passer par un autre essai qui permettra de déterminer directement le module de rigidité du matériau amélioré.

## ❑ Étude du matériau amélioré

- Essai de module ou essai ITS

**TABEAU 17 : RÉSULTATS DE L'ESSAI DU MODULE**

Durée de vie	Module de rigidité moyen (MPA)
28 jours	2679
360 jours	3315

Nous constatons que le module de rigidité E réalisé sur le matériau amélioré à 28 jours donne en moyenne un résultat de 2679 MPA  $\geq$  1500 MPA comme exigés dans le CPT pour une durée de vie de 28 jours. De même, ce matériau a donné un module de rigidité de 3315 MPA à 365 jours, ce qui est nettement supérieur à l'exigence demandée suite au calcul de dimensionnement qui est de 2000 MPA à 365 jours.

Alors ce matériau (RAE) répond aux normes et exigences demandées comme matériau de fondation et confirment le dimensionnement réalisé sur Alizé pour une couche traitée à l'émulsion de bitume sur 30 cm en couche de fondation.

# PRINCIPE DE RECYCLAGE A L'EMULSION DE BITUME ECL

60



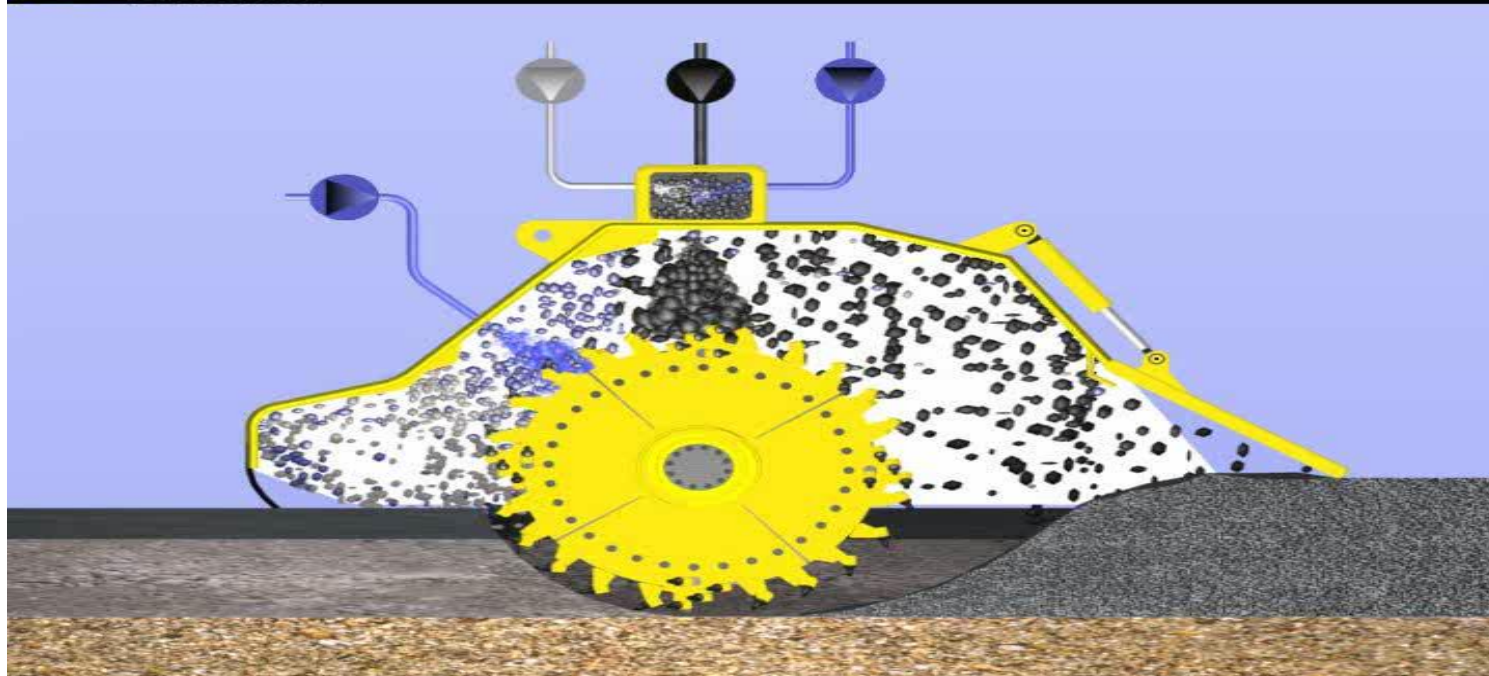
RECYCLEUSE

# PRINCIPE DE RECYCLAGE A L'EMULSION DE BITUME ECL

60

**BOMAG**  
FAYAT GROUP

Foamed Bitumen A1 v 1.1



# CONCLUSIONS

Nous avons au cours de notre présent travail procédé à l'amélioration d'un graveleux latéritique au concassé et à l'émulsion de bitume en vue de son utilisation en couche de fondation.

Pour ce faire, des essais au laboratoire ont été réalisés sur un graveleux latéritique de classe granulaire 0/40 ayant un CBR à l'état naturel de 82, donc pour un module de 408 MPA qui est inférieur à 1500 MPA donc ne peut pas être utilisé seul en couche de fondation. Ce graveleux a été amélioré à 25% de concassé et à 2,5% de l'émulsion de bitume, dans le but d'obtenir une meilleure portance pour ce mélange, soit un module 1500 MPA à 28 jours de vie et 2000 MPA à 360 jours.

Les résultats obtenus ont montré que l'amélioration à 25% du concassé et 2.5% de l'émulsion de bitume est celle qui offre la meilleure portance pour notre matériau qui doit correspondre à un module de 1500 MPA à 28 jours et un module de 2000 à 360 jours trouvés à partir des calculs de dimensionnement.

## RECOMMANDATIONS 1/2

A la fin de cette étude, nous faisons les recommandations suivantes :

- Approfondir davantage les études sur la méthode afin de trouver une explication sur la baisse du CBR du matériau amélioré à l'émulsion alors que les résultats donnés par les essais de module nous donnent des résultats satisfaisants ;
- Organiser des formations à l'endroit des laborantins et des terrassiers pour leur expliquer correctement cette nouvelle technique ;
- Utiliser la méthode sur d'autres chantiers, et même dans d'autres pays dans l'avenir ; cela permettra aussi de bien la maîtriser;
- Reprendre les études à chaque projet afin de déterminer le taux d'amélioration et non utiliser systématiquement les taux de cette étude ;
- Encourager les étudiants à faire des travaux de recherche autour de ce thème afin d'arriver un jour à mettre sur pieds une formule empirique ou un abaque qui permettent à base des caractéristiques intrinsèques de la latérite et du concassé de granite de déterminer le taux d'amélioration

# BIBLIOGRAPHIE

Guide Pratique de Dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux : Le centre expérimental de recherches et d'études du bâtiment et des travaux publics CEBTP 1984

Recyclage du béton bitumineux, état d'art : Mouhoub Mohamed FOUZI 2015

Utilisation de la Technique de la Litho stabilisation en Assise de chaussée cas des travaux de renforcement du tronçon Ouaga- Po- Frontières du Ghana : JIKOLUM NGANGMIAN Emmanuel

Etude de formulation du recyclage à l'émulsion, RAZEL- BEC 2019

Recyclage des chaussées, Guides pour le traitement en place au moyens de ciment, de retraitement en place à froid à l'émulsion ou à la mousse de butine, recyclage à chaux en centrale des enrobes bitumeux : Comité technique AIPCR C7/8- Chaussées Routières 2003

Amélioration des propriétés géotechniques du graveleux latéritiques par ajout de la grave alluvionnaire concassée 0/31,5 : Articles Master de LOUIS AHOUEY RAYMOND GENTIL ELENGA, Stévyna Bouyila, Mondesir NGOULOU, Eric KENGUE 2018

**JE VOUS REMERCIE  
POUR  
VOTRE ATTENTION**



# Utilisation des bétons écologiques à base des déchets plastiques pour réaliser un projet d'aménagement intérieur au Mali

Par: Moussa THIAM<sup>1</sup> & Mamadou Sanata Diarra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université d'Ottawa et Ecole Normale d'Enseignement Technique et Professionnel (ENETP) du Mali

<sup>2</sup>Ecole Nationale d'Ingénieurs Abderhamane Baba TOURE (ENI-ABT) du Mali

\* Courriel de l'auteur de correspondance: [moussathiam88@gmail.com](mailto:moussathiam88@gmail.com) / [mthia083@uottawa.ca](mailto:mthia083@uottawa.ca)

5 Août 2021

**RÉSUMÉ:** L'assainissement est l'un des défis majeurs dans les pays en développement en général et au Mali en particulier. Dans ce secteur essentiel, plusieurs problématiques existent, parmi lesquels nous avons la prolifération des déchets plastiques des divers genres, qui après un certain nombre d'utilisations se retrouvent dans la nature avec des conséquences néfastes sur l'homme et l'environnement. Dans cet article, nous avons exploré l'utilisation des déchets plastiques comme seul liant à la place du ciment pour développer des bétons écologiques à base des déchets plastiques. Ainsi, un état des lieux sera fait pour permettre de mieux comprendre le secteur de gestion des déchets solides au Mali et à Bamako, avant de faire une campagne expérimentale permettant d'utiliser différents teneurs en plastique pour les formulations des échantillons normalisés des bétons écologiques. Lesquels échantillons ont été soumis aux différents essais physiques, mécaniques et de perméabilité (densité, résistance, immersion, etc.) afin de tester les formulations contenant 50% et 60% pour préparer le béton écologique afin de garantir une bonne performance du nouveau produit. Les paramètres de ces formulations ont été utilisé pour préparer des pavés écologiques à base des déchets plastiques qui ont été testés selon les standards ASTM puis comparés aux pavés commerciaux à base de ciment vendus sur le marché malien. De façon générale les pavés écologiques ont à 28 jours une bonne résistance à la compression ( $> 10$  MPa) et a une bonne résistance à la traction (2 – 5 MPa), avec une déformation ductile différente de celle avec rupture brusque observée pour les pavés commerciaux à base de ciment vendus sur le marché malien. Une réalisation à grande échelle sous forme d'aménagement intérieur a été réalisée à l'ENI-ABT pour permettre de comprendre le comportement structural du béton écologique lorsqu'il est soumis aux conditions réelles d'exploitation au Mali. Les résultats ont permis de comprendre les propriétés de légèreté et d'absorption du nouveau produit écologique, avec une flexibilité dans son utilisation et ayant d'intéressantes autres propriétés permettant son utilisation pour divers projets pouvant contribuer à la réduction de l'impact des plastiques sur l'homme et l'environnement mais de surtout créer de l'emploi, spécialement pour les jeunes et femmes surtout ceux qui n'ont pas une grande qualification.

**Mots-clés:** Assainissement, déchets plastiques, recyclage, bétons écologiques et matériaux durables, économie et création d'emploi.

# TABLE DES MATIERES

**1- INTRODUCTION**

**2- PLASTIQUES DANS LA CHAINE DE GESTION DES DECHETS SOLIDES**

**3- OBJECTIFS DE LA RESEARCH**

**4- PHASE EXPERIMENTALE: OPTIMISATION DES PARAMETRES TECHNIQUES**

**5- RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS**

**6- Applications et implications futures**

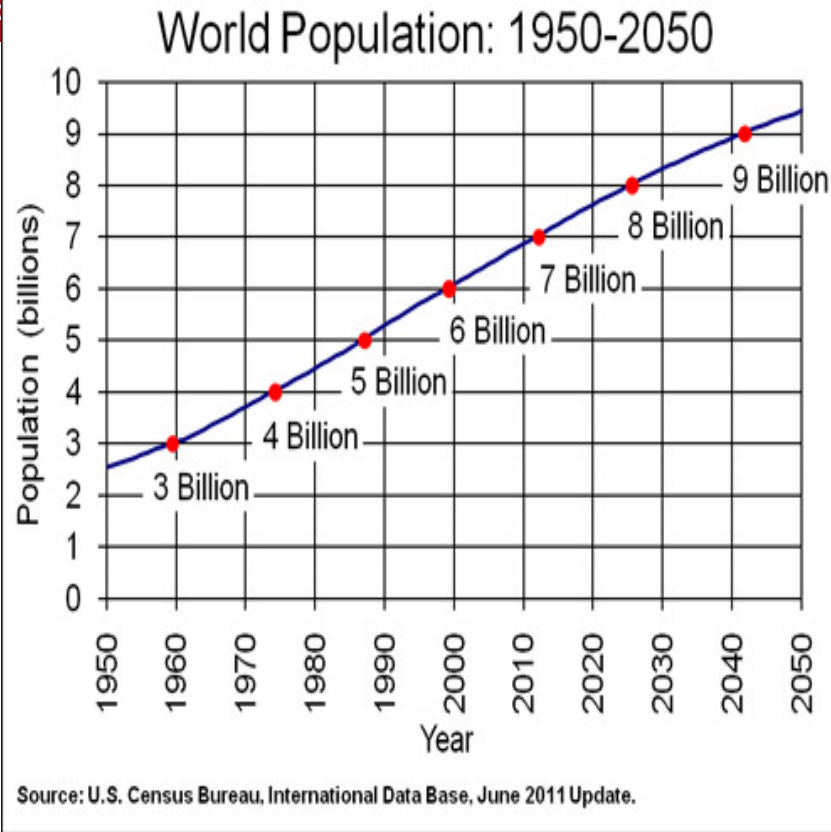
**7- Conclusions et recommandations**

**8- REFERENCES**

**REMERCIEMENT**

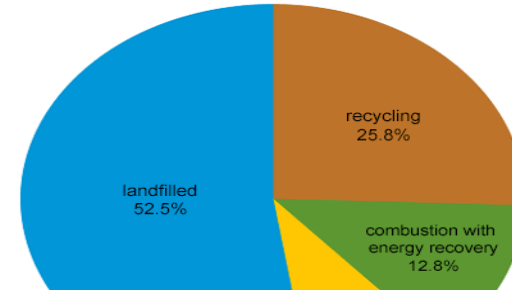
**REMERCIEMENT**

# 1- INTRODUCTION



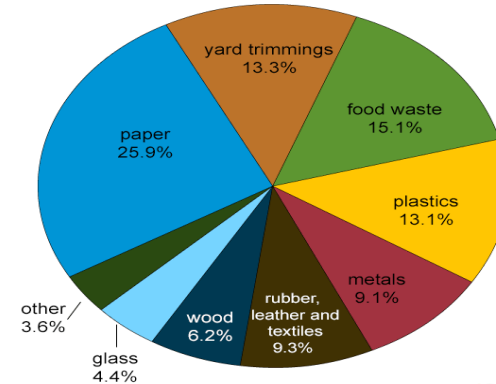
### Management of MSW in the United States, 2015

Total = 262 million tons



### Total MSW generation in the United States by type of waste, 2015

Total = 262 million tons



Source: U.S. Environmental Protection Agency, Advancing Sustainable Materials Management: 2015 Fact Sheet, July 2018

**Figure 1: Croissance de la population mondiale et situation MSW aux USA [1-2]**

## Combien de temps vivent nos déchets ?

Leur temps de décomposition dans le sol...

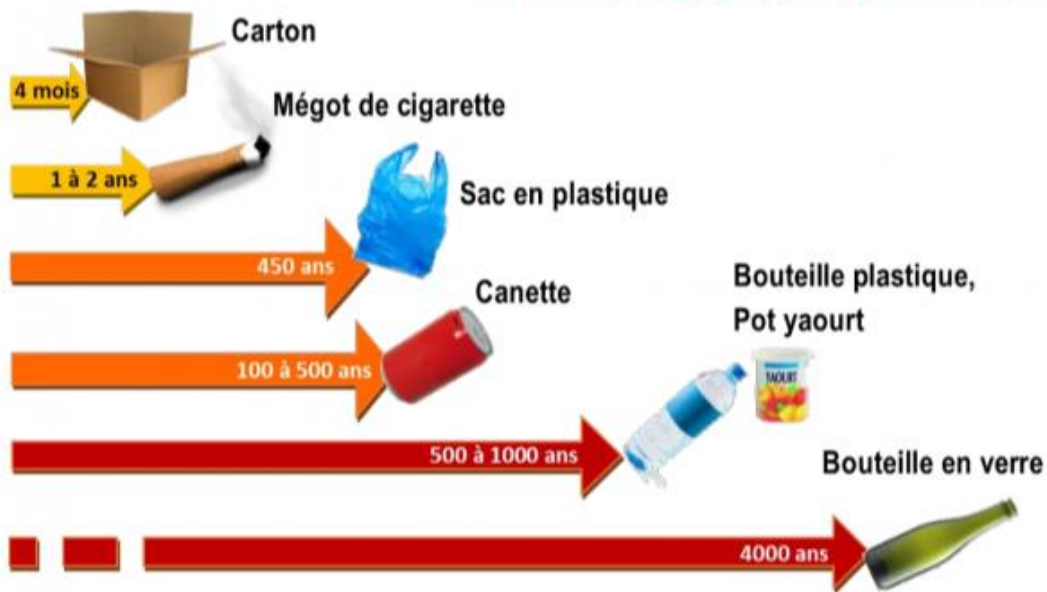


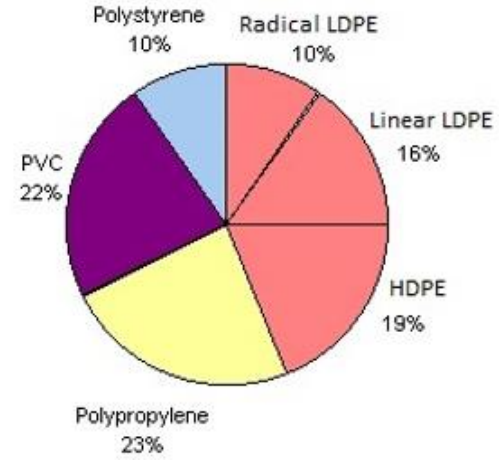
Figure 2: Durée de vie de certains déchets solides [3; 4]



Thermoset plastics



Elastomers



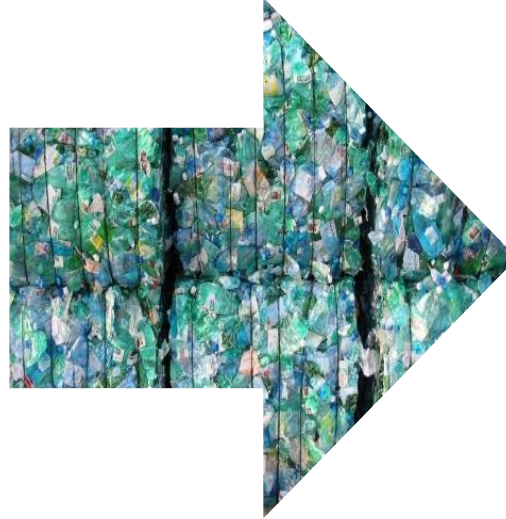
Thermoplastics

**Figure 3: Different types of plastics [5-10]**

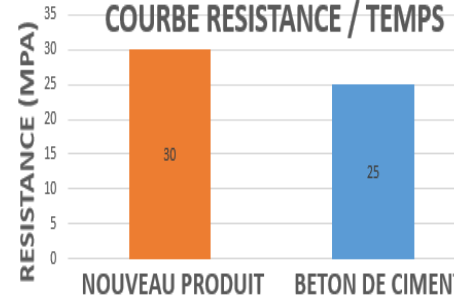
# PROBLEMATIQUE



# OPPORTUNITES



# NOUVEAU PRODUIT



## 2- PLASTIQUES DANS LA CHAÎNE DE GESTION DES DÉCHETS SOLIDES

➤ CANADA 



Figure 4: Gestion intégrée des déchets solides [11].

## PLASTIQUES DANS LA CHAÎNE DE GESTION DES DÉCHETS SOLIDES

➤ MALI



**Figure 5: État de la gestion des déchets dans les communes II and IV du district Bamako, Mali.**

### 3- OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

- Développer des méthodes / matériaux simples et a moindre cout en utilisant les plastiques (HDPE et LDPE) comme seul liant
- Trouver les meilleures formulation garantissant la bonne performance, puis étudier les paramètres aux différents temps de cuire et sous différentes conditions.
- Comparer les pavés des nouveaux produits (GS) a ceux vendus sur le marché malien a base de ciment Portland.

## 4- PHASE EXPERIMENTALE: OPTIMISATION DES PARAMETRES TECHNIQUES



**Figure 5: Systèmes mis en place pour la fabrication des nouveaux produits à base des déchets plastiques**



**Figure 6: Sélection des matières premières pour le développement du béton/mortier (MPB/PWC)**

➤ CREER LES SYSTEMES (ENI-ABT DU MALI ET UOTTAWA)



**Figure 7: OPTIMISATION DU PROCESSUS DE PREPARATION DU PRODUIT**

10%

P1

P2

P3

P4

100%

TEMPERATURE: 200 C – 300 C

TEMPS DE FONTE

CONCEVOIR ET FABRIQUER UNE PRESSE MANUELLE



Manuscript entitled: **“Mechanical properties of a mortar with melted plastic waste as the only binder: Influence of material composition and curing regime, and application in Bamako”** accepted for publication to Case Studies in Construction Materials.



1- DENSITE

2- UCS

4- TRACTION VS UCS

8- RESULTATS DES ANALYSES  
MIP, SEM, (TG/DTG)

3- TRACTION PAR FENDAGE

5- COMPORTEMENT  
CONTRAINTE - DEFORMATION

7- ABSORPTION

6- TYPES DE  
DEFORMATIONS



## 5- RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

## 5-1- ABSORPTION: ASTM C97/C97M-18

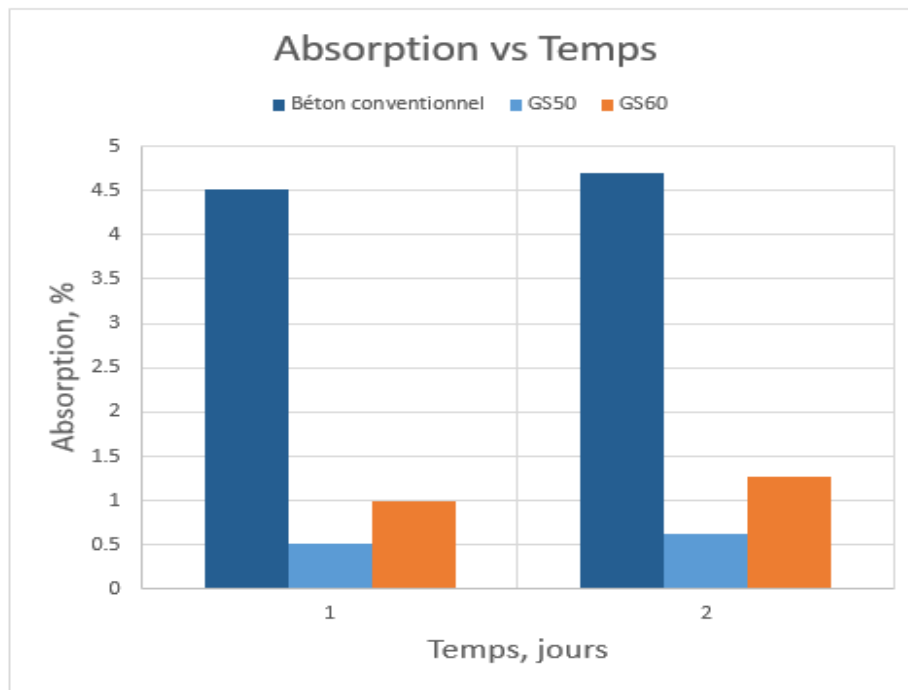
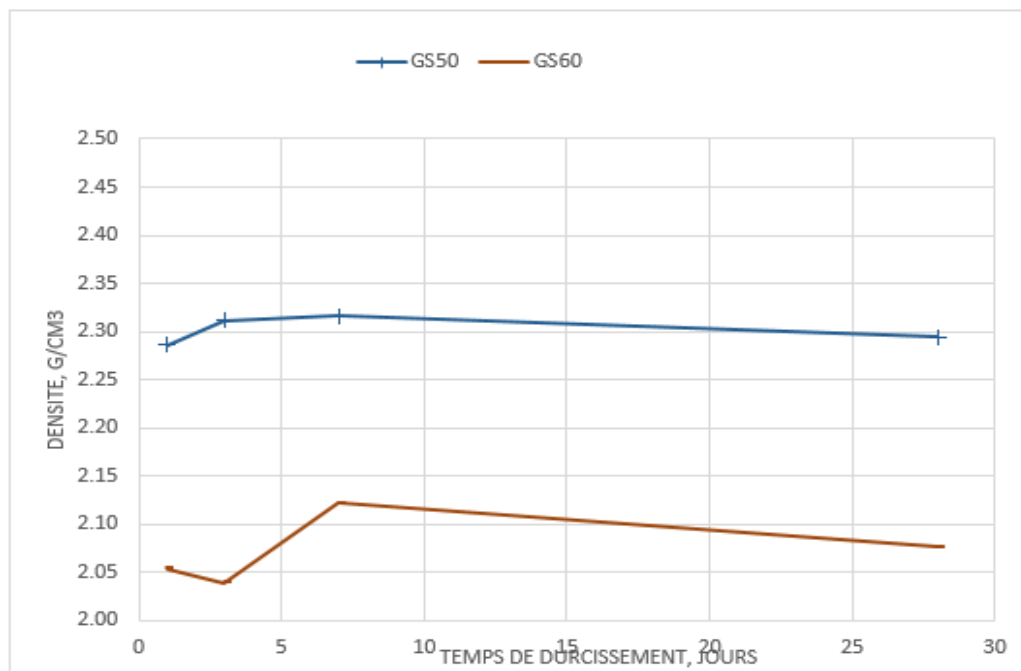


Figure 8: Absorption par immersion vs temps pour les échantillons de bétons écologiques (GS) et conventionnel

## 5-2- DENSITY: ASTM C 138 / C138M – 17a



**RILEM  
CLASSIFICATION**

Figure 9: Densité du béton écologique (GS) pour différentes teneurs en plastiques.

## 5-3- UCS: ASTM C39/C39M – 18

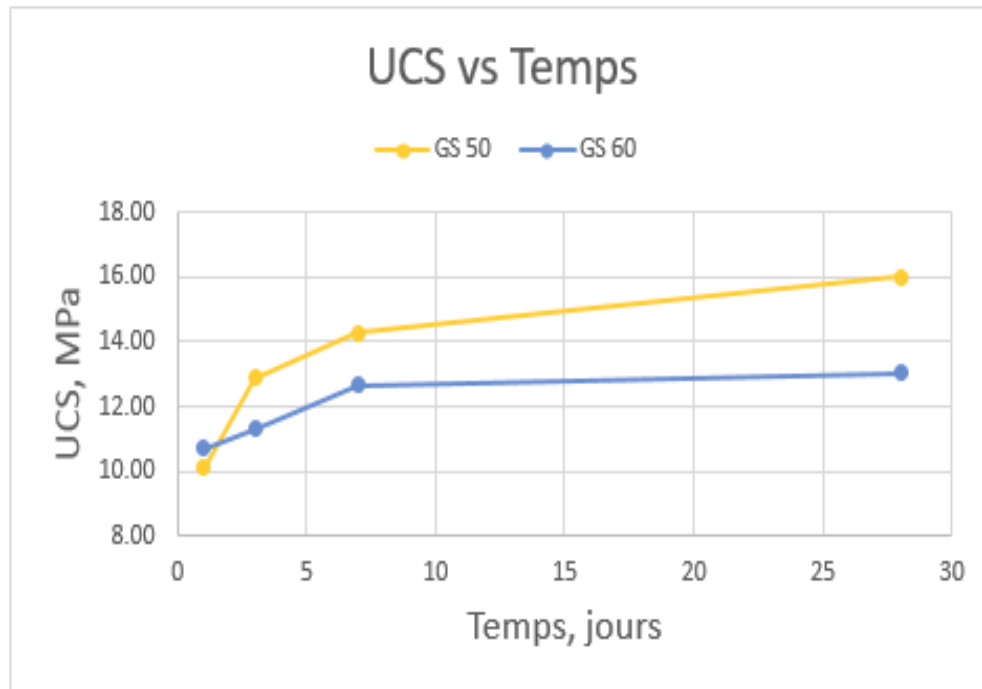


Figure 10: Résistance à la compression (UCS) en fonction du temps des échantillons des bétons écologiques (GS)

### 5-4- Résistance à la traction par fendage, (MPa): ASTM C496 / C496M – 17

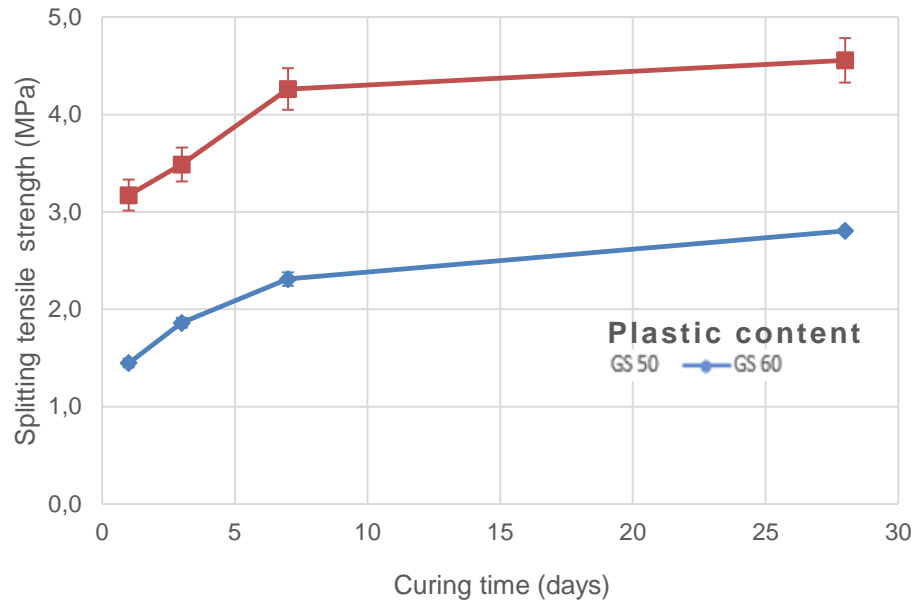


Figure 11: Résistance à la traction par fendage en fonction du temps des échantillons des bétons écologiques (GS)

## 5-5- COMPORTEMENT CONTRAINTES - DEFORMATIONS

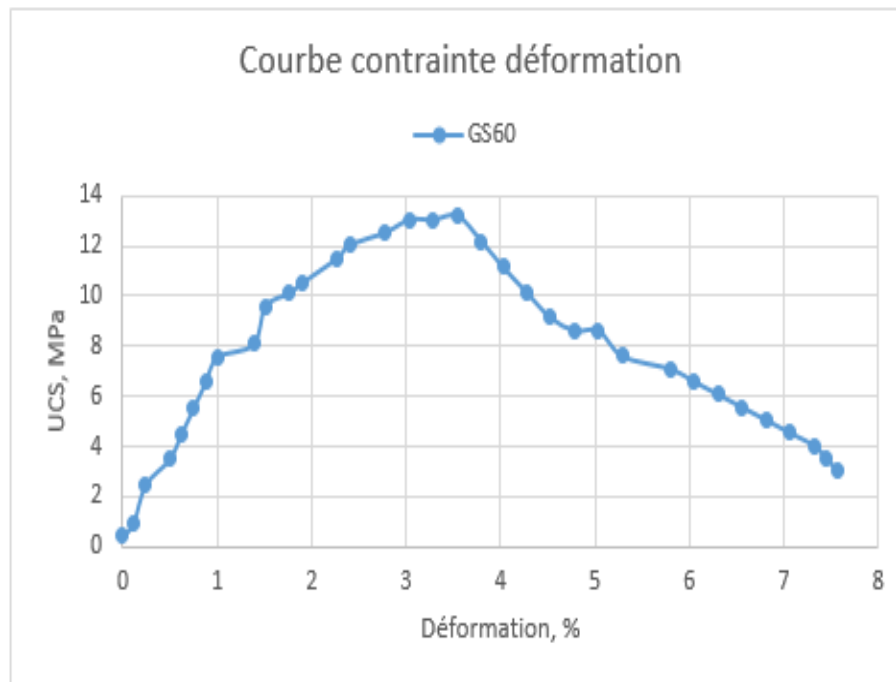


Figure 12: Exemple de courbe contrainte déformation pour un échantillon GS60 de béton écologique après 28 jours de durcissement.

## 5-6- DEFORMATIONS TYPES



A)

B)

C)

D)

Figure 13: DEFORMATIONS TYPES des produits a base des déchets plastiques comme liant

## 6. Applications et implications futures



Figure 14: Echantillons des pavés avec les nouveaux matériaux dans les moules a) avant et b) après compaction avec la presse manuelle.

## 6. Applications et implications futures



Figure 15: Réalisations d'une section de pavage de pavage dans la cour de l'Ecole de Nationale d'Ingénieurs (ENI-ABT) de Bamako.

## 6. Applications et implications futures

A

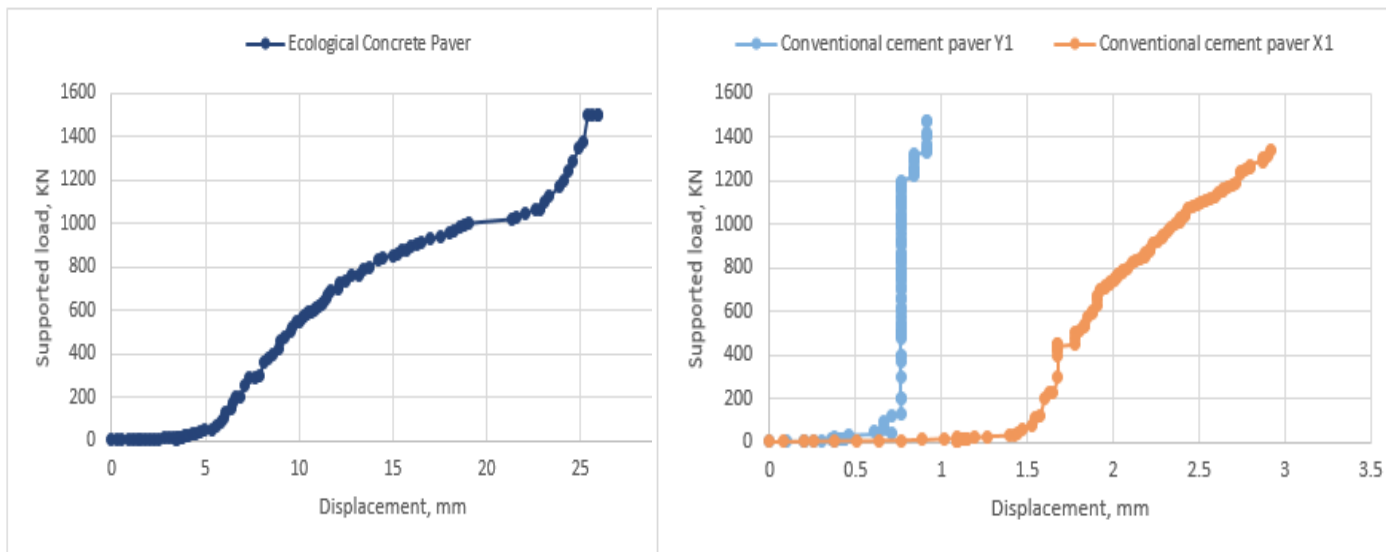


B



Figure 16: Pavés de bétons A) Ecologique et B) Conventiennel avant et après le test de resistance

## 6. Applications et implications futures



A)

B)

**Figure 17: Force de compression vs déplacement pour les pavés A) écologiques et B) à base de bétons conventionnel (GS).**

## 7- Conclusions et recommandations

- **Plusieurs heures après le coulage, les échantillons de GS n'ont pas atteint leur résistance et forme finales, ainsi la solidification continue et affecte ces paramètres.**
- **L'échantillon est plus ductile avec un degré de plasticité plus élevé que le mortier conventionnel. Après la rupture, il peut supporter les charges un certain temps avant la désintégration complète.**
- **Les propriétés des résistances (traction et compression) sont prometteuses pour le nouveau produit (60 - 80% en un jour) et peut permettre de faire des réalisations flexibles pour les routes secondaires, dalles de latrine ou d'autres éléments non structurelles.**
- **Le produit est léger avec une propriété intéressante de plasticité lui permettant d'avoir une déformation ductile capable de supporter les charges un certain temps après la rupture**
- **Le nouveau produit écologique est poreux avec un taux d'absorption plus faible que les produits à base des ciments traditionnels dû aux propriétés hydrophobes des liants plastiques**
- **La réalisation des pavés écologiques à partir des déchets plastiques peut être un bon moyen de réduire l'impact des déchets sur l'Homme et l'environnement tout en créant de la valeur pour les jeunes et femmes**
- **Malgré les multiples résultats intéressants du nouveau produit, il sera plus approprié d'approfondir les travaux de R&D afin d'arriver à l'analyse du cycle de vie ainsi que le cout de façon approfondie**

## 8- REFERENCES

1. International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM: *Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, systèmes de construction et ouvrages*). **Functional classification of lightweight concrete.**
2. [Nabajyoti Saikia<sup>a1</sup>](#), [Jorgede Brito<sup>b</sup>](#). Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: A review. *Construction and Building Materials* Volume 34, September 2012, Pages 385-401
3. [Amir Modarres](#), [Hamidreza Hamedj](#). Effect of waste plastic bottles on the stiffness and fatigue properties of modified asphalt mixes. *Materials & Design* Volume 61, Sept 2014, Pages 8-15
4. Conso Planetoscope Globe, <https://www.planetoscope.com/matieres-premieres/1374-production-mondiale-de-beton.html>
5. [Donnchadh Casey<sup>ac</sup>](#), [Ciaran McNally<sup>ad</sup>](#), [Amanda Gibney<sup>a</sup>](#), [Michael D. Gilchrist<sup>b</sup>](#). Development of a recycled polymer modified binder for use in stone mastic asphalt. *Resources, Conservation and Recycling* Volume 52, Issue 10, August 2008, Pages 1167-1174
6. Bayasi Z, Zeng J. Properties of polypropylene fiber reinforced concrete. *ACI Mater J* 1993;90:605–10.
7. **World Population Growth**, <https://ourworldindata.org/world-population-growth>
8. Bayasi Z, Zeng J. Properties of polypropylene fiber reinforced concrete. *ACI Mater J* 1993;90:605–10.
9. Soroushian P, Plasencia JS, Ravanbakhsh S. Assessment of reinforcing effects of recycled plastic and paper in concrete. *ACI Mater J* 2003;100:203–7.
10. Al-Manaseer AA, Dalal TR. Concrete containing plastic aggregates. *Concr Int* 1997;19:47–52.
11. Ismail ZZ, Al-Hashmi EA. Use of plastic waste in concrete mixture as aggregate replacement. *Waste Manage* 2008;28:2041–7.
12. T Wu, X Yang, H Wei, X Liu. Mechanical properties and microstructure of lightweight aggregate concrete with and without fibers. - *Construction and Building Materials*, 2019 - Elsevier
13. R Wasserman, A Bentur. Interfacial interactions in lightweight aggregate concretes and their influence on the concrete strength. *Cement and Concrete Composites*, 1996 – Elsevier
14. [Connie Ng<sup>a</sup>](#), [U. Johnson Alengaram<sup>a</sup>](#), [Leong Sing Wong<sup>b</sup>](#), [Kim Hung Mo<sup>a</sup>](#), [Mohd Zamin Jumaat<sup>a</sup>](#), [S. Ramesh<sup>c</sup>](#). A review on microstructural study and compressive strength of geopolymer mortar, paste and concrete. *Construction and Building Materials*, 2018 – Elsevier
15. VVY Tam, XF Gao, CM Tam. Microstructural analysis of recycled aggregate concrete produced from two-stage mixing approach. *Cement and concrete research*, 2005 – Elsevier

## ACKNOWLEDGEMENT



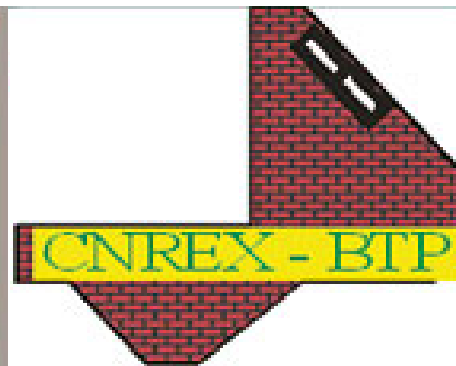
**Prof. M. FALL**



**Dr. M.S. DIARRA**



- ABT



**AIMS**

African Institute for  
Mathematical Sciences

**NEXT EINSTEIN INITIATIVE**

**THANK YOU / MERCI**

**QUESTIONS???**

# Dynamique des Vagues de chaleur dans la période 1982 – 2014 au Sahel

**N.S. KEITA**

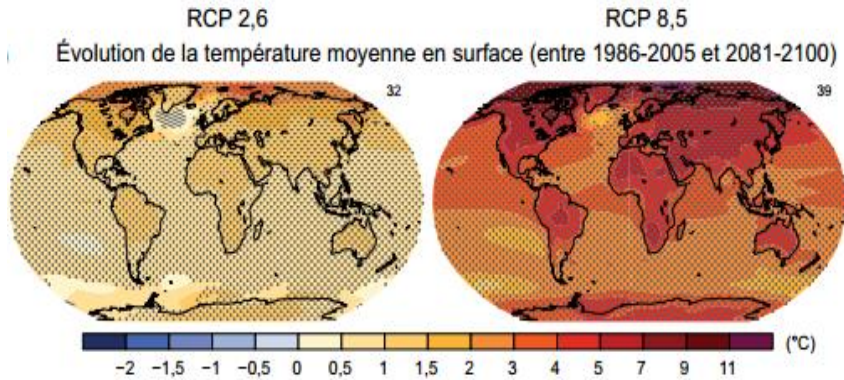
Centre de Calculs de Modélisation et de Simulation (CCMS)-Université des Sciences des  
Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB)



# PLAN

- Contexte
- Etat de l'art
- Méthode et données
- Résultats et interprétations
- Conclusion

# Contexte



**Figure:** Cartes des moyennes multi modèles pour les scénarios RCP2.6 et RCP8.5 sur les périodes 1986-2005 et 2081-2100 pour l'évolution de la température moyenne annuelle en surface.

L'augmentation de la température à la surface du globe à la fin du 21<sup>ème</sup> siècle sera probablement supérieure à **1.5°C** par rapport à l'époque allant de 1850 à 1900, et sera probablement supérieure à **2°C** (Rapport de GIEC, 2013)

Le rapport de (GIEC, 2007) confirme qu'au cours du XXI<sup>ème</sup> siècle, le réchauffement climatique en Afrique (Sahel) serait plus important par rapport au niveau mondial



**Augmentation des épisodes de canicules (vagues de chaleur), en particulier dans les régions arides et semi-arides d'Afrique de l'Ouest.**

# Contexte

- **Les vagues de chaleur apparaissent comme le réchauffement climatique mais avec une certaine condition.**
- **En thermodynamique, réchauffer un corps revient à lui apporter de l'énergie soit par voie de conduction, de convection ou de rayonnement.**
- **En climatologie le réchauffement dérive de l'apparition d'un forçage radiatif à la suite d'un déséquilibre du bilan radiatif terrestre.**

## Impacts

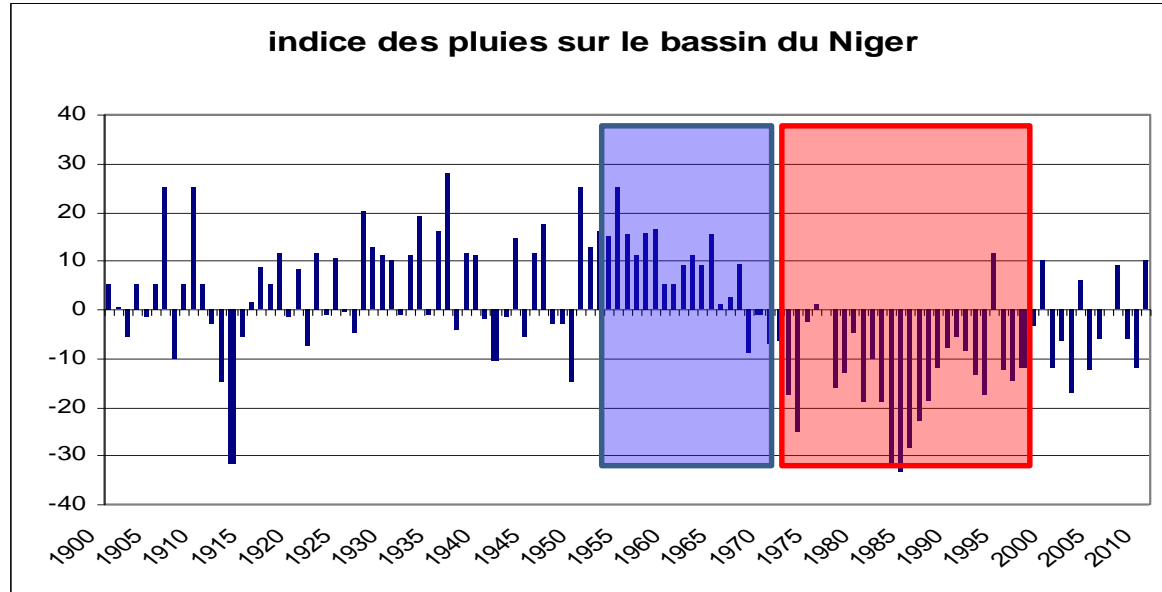
Sant  
é

**En France, les vagues de chaleur ont causé une mortalité de 1300 en 2001 et 13700 en 2003 (Grégoire Rey, 2003)**

# Contexte

## Précipitation s

Lebel et Ali, 2007, 2009



## Objectifs

- **Faire une analyse descriptive de l'évolution de l'extension des vagues de chaleur au Sahel durant la période 1982 à 2014 en faisant ressortir les années sévères;**
- **Faire une étude de corrélation entre l'extension annuelle des vagues de chaleur et d'autres variables continentales: les précipitations et la présence de végétation.**

## Etat de l'art

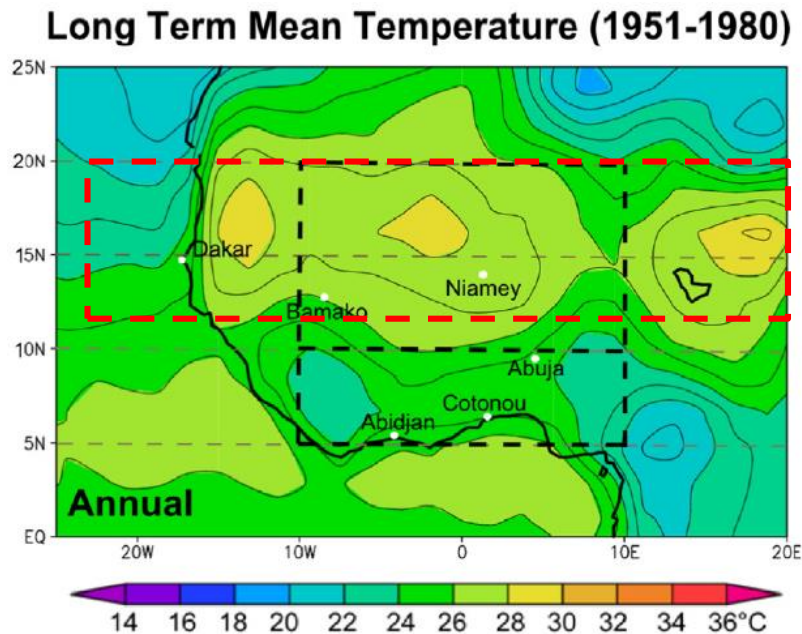
Besancenot, 2002 a travaillé sur l'estimation des vagues de chaleur. Il conclut qu'il n'existe pas de définition consensuelle de vagues de chaleur d'un pays à un autre.

- En France, une vague de chaleur est une période pendant laquelle la température maximale dépasse le seuil de 30°C
- Aux Etats-Unis, **Robinson, 2000** considère qu'une vague de chaleur est définie comme la persistance d'un indice de chaleur diurne  $\geq$  à 40.6°C associée à un indice de chaleur nocturne  $\geq$  à 26.7°C pendant 48h.
- En grande Bretagne, une vague de chaleur est une augmentation de 4°C de la moyenne de la température pour une durée donnée (**Besancenot, 2002**).
- Selon **Koppe et al, 2004; Anderson and Bell, 2011** l'estimation des vagues de chaleur à travers le taux de percentile (T90p) permet de prendre en compte les particularités du climat local et de la perception de la chaleur.

## Etat de l'art

- J. Ringard et al 2016 ont travaillé sur l'intensification des extrêmes thermiques en Afrique de l'Ouest. Ils trouvent que par rapport à la moyenne annuelle, les températures maximales apparaissent dans le Sahara, tandis que les plus basses sont observées le long de la côte de Guinée.

**Figure:** Températures moyennes de l'air en Afrique occidentale entre 1951 et 1980 (en °C) à l'aide des données ré-analysées NCEP/NCAR-1



# Méthode et données

## Données

- **MERRA [Modern-Era Retrospective Analysis for, Research and Application]** est une base de données ré-analysées de la NASA, pour la simulation de l'observation de la terre.
- Les données ré-analysées sont des données satellitaires météorologiques issues des modèles d'assimilation des météorologues, et qui ont été retravaillées de manière à assurer sur le long terme une stabilité et une cohérence nécessaire aux climatologues [Rienecker et al., 2008].

- Dans le but d'une vérification éventuelle d'impacts du régime de précipitation sur les vagues de chaleur au Sahel, nous avons extrait les données de précipitation au niveau d'un jeu de données dénommé **GPCP (Global Precipitation Climatology Project)**.
- C'est une base de données de précipitation mondiale qui a été établie par **WCRP (World Climate Research Programme)** pour quantifier la distribution de la précipitation à travers le monde pour plusieurs années.

# Méthode et données

## Méthodologi

e

L'indice de chaleur dénommé en anglais «**Heat Index**» du NWS ([National Weather Service](#)) est tiré des travaux de **Robert G. Steadman** en **1979**, il est donné par l'expression suivante:

$$HI = C_1 + C_2T + C_3R + C_4TR + C_5T^2 + C_6R^2 + C_7T^2R + C_8TR^2 + C_9T^2R^2$$

Où **HI**= Indice de chaleur (°F), **T**= température de l'air (°F), **R**= humidité relative (0 à 100)

**C<sub>1</sub>**= -42.379, **C<sub>2</sub>**= 2.04901523, **C<sub>3</sub>**= 10.14333127, **C<sub>4</sub>**= -0.22475541, **C<sub>5</sub>**= -6.83783,

**C<sub>6</sub>**= -5.481717x10<sup>-2</sup>, **C<sub>7</sub>**= 1.22874x10<sup>-3</sup>, **C<sub>8</sub>**= 8.5282x10<sup>-4</sup>, **C<sub>9</sub>**= -1.99x10<sup>-6</sup>.

L'humidité relative R a été calculée à partir des formules empiriques de **Nadeau et Puiggali** :

$$R = \frac{(101325 * Hs)}{Psat(0.622 + Hs)} \text{ et } Psat = \exp\left(23.3265 - \frac{3802.7}{\theta + 273.15} - \left(\frac{472.68}{\theta + 273.15}\right)^2\right) \text{ avec :}$$

**Hs**= humidité spécifique (Kg<sub>eau</sub>/Kg<sub>air sec</sub>); **θ**= température en °C et **Psat**= pression de la vapeur saturante (Pa).

# Méthode et données

## Méthodologie

**Rome et al. (2014)**, indiquent qu'une vague de chaleur en zone sahélienne est définie lorsque la température de l'air (**Tmin** et **Tmax**) atteint ou dépasse le 90<sup>ème</sup> percentile (**T90p**) pendant au moins trois (3) jours consécutifs.

$$T90p = \text{mean}(HI) + 1.28 \times \text{stddev}(HI).$$

**Table de l'indice de chaleur du NWS combinant température de l'air (°C) et l'humidité relative (%)**

**Indice de chaleur en degrés Celsius**

		température (°C)																
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Humidité relative (%)	40	27	28	29	30	31	32	34	35	37	39	41	43	46	48	51	54	57
	45	27	28	29	30	32	33	35	37	39	41	43	46	49	51	54	57	
	50	27	28	30	31	33	34	36	38	41	43	46	49	52	55	58		
	55	28	29	30	32	34	36	38	40	43	46	48	52	55	59			
	60	28	29	31	33	35	37	40	42	45	48	51	55	59				
	65	28	30	32	34	36	39	41	44	48	51	55	59					
	70	29	31	33	35	38	40	43	47	50	54	58						
	75	29	31	34	36	39	42	46	49	53	58							
	80	30	32	35	38	41	44	48	52	57								
	85	30	33	36	39	43	47	51	55									
	90	31	34	37	41	45	49	54										
	95	31	35	38	42	47	51	57										
100	32	36	40	44	49	54												

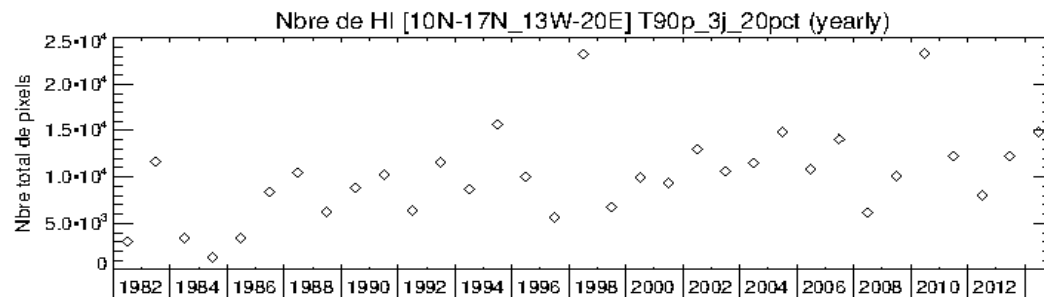
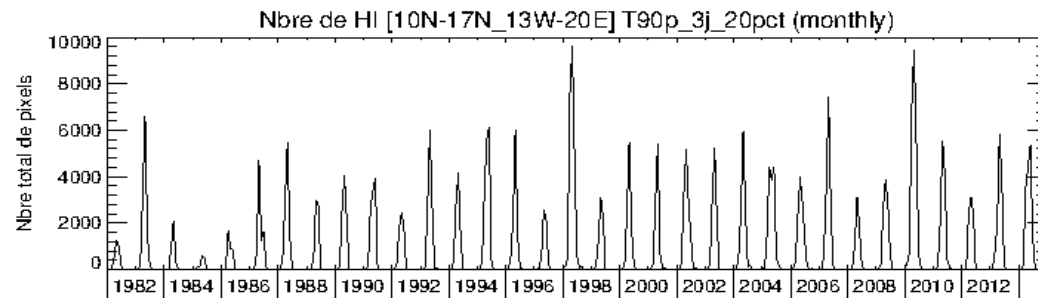
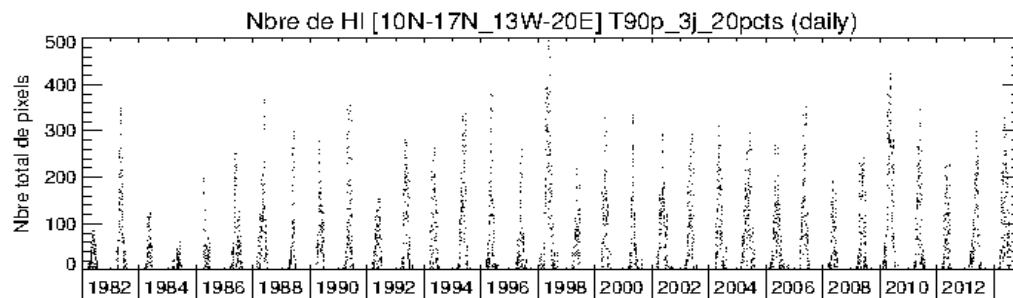
- Inconfort
- Extrême inconfort
- Danger
- Danger extrême

# Résultats et interprétations

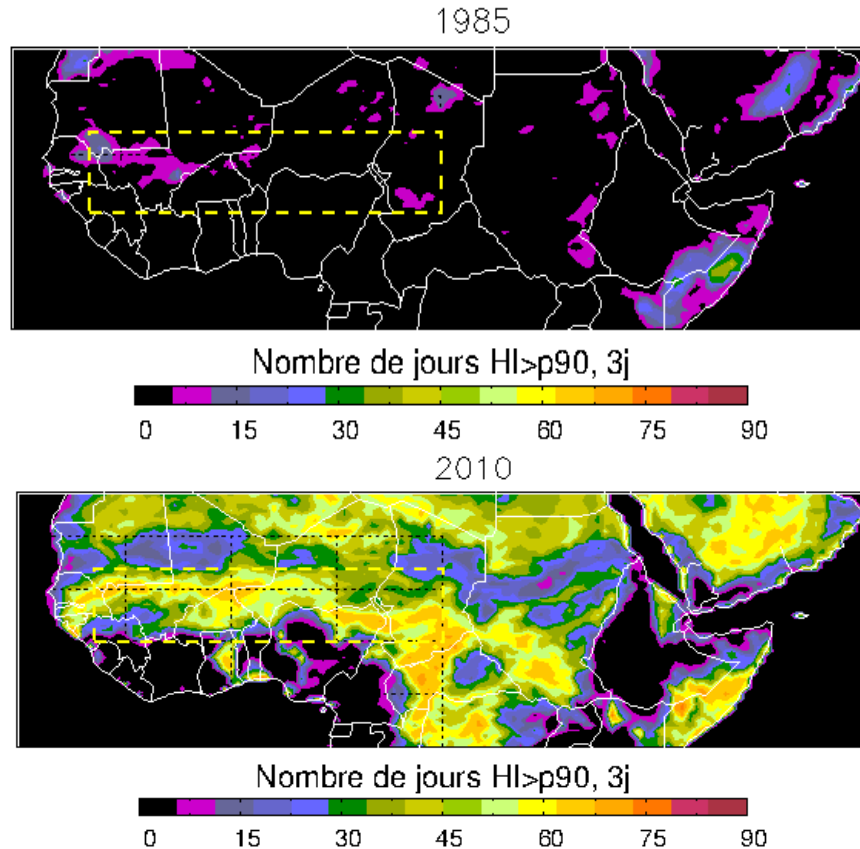


**Figure:** Zone d'étude délimitée par latitude 10N-17N et longitude 13W-20E

**Figure:** Evolution de l'extension journalière, mensuelle et annuelle des vagues de chaleur dans la zone d'étude sur la base de l'indice de chaleur supérieur à T90p avec une durée d'au moins de 3 jours et un taux représentatif de 20% du nombre total des pixels (HI\_P90\_3j\_20%).

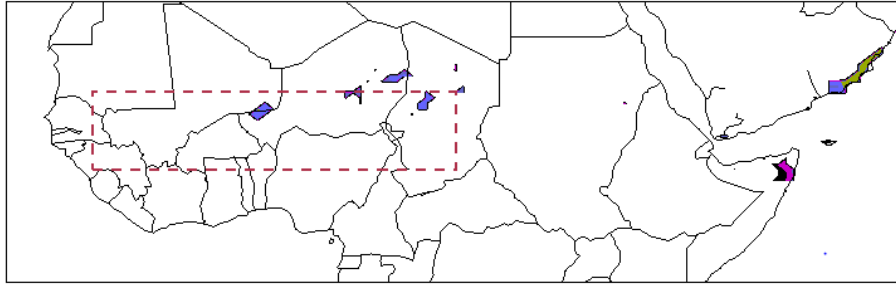


# Résultats et interprétations



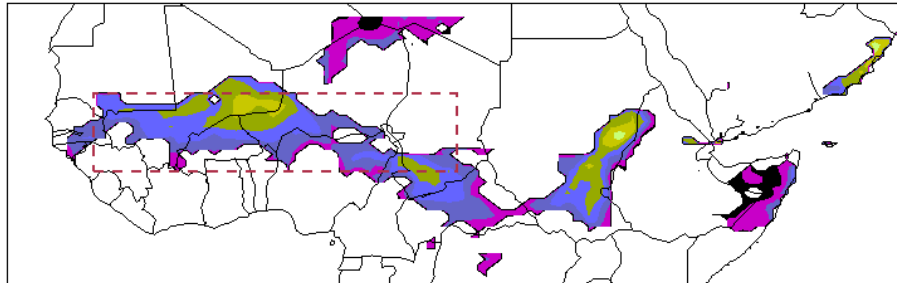
**Figure:** Extrait de l'évolution spatiale des vagues de chaleur en 2D dans le domaine [0-24N\_10W-60E] pour les années 1985 (année plus faible vague de chaleur) et 2010 (une année de forte vague de chaleur).

# Résultats et interprétations



Etat de HW en date de (1985/ 5/26)

30.00 32.50 35.00 37.50 40.00 42.50 45.00 47.50 50.00



Etat de HW en date de (1998/ 5/26)

30.00 32.50 35.00 37.50 40.00 42.50 45.00 47.50 50.00

**Figure:** Etat des vagues de chaleur en date du 26 Mai pour l'année 1985 et 1998

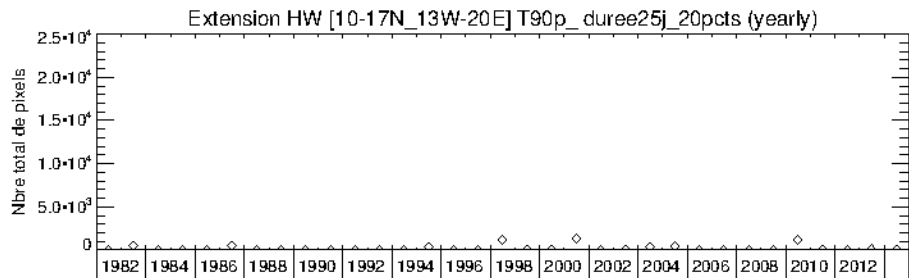
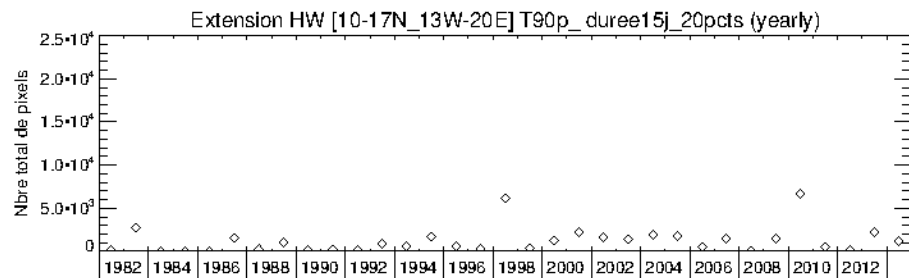
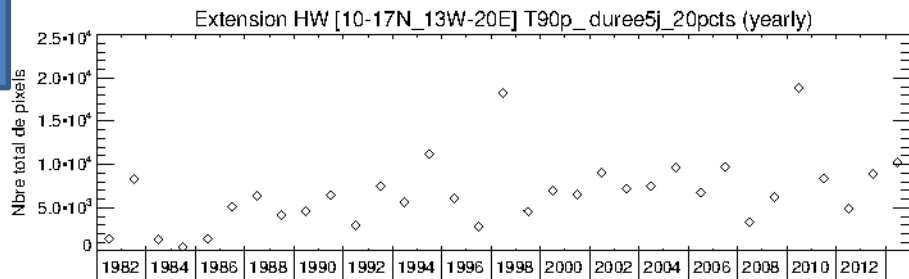
# Résultats et interprétations

## Étude de la sévérité des vagues de chaleur

- **L'étude de la sévérité d'un événement climatique repose sur deux aspects.**
- **Le premier aspect est relatif à l'intensité et à la fréquence de l'événement tandis que le second aspect se base sur les impacts de l'événement sur le plan économique et sociétal. Il est difficile aujourd'hui de mener une étude rétrospective sur le dernier aspect au Sahel à cause du manque de données de statistique en termes de mortalité et de pertes économiques dues aux vagues de chaleur.**
- **Donc notre étude de sévérité porte seulement sur le premier aspect. Il s'agit là de voir l'intensité de HI et la durée des épisodes de vagues de chaleur de 1982 à 2014 au Sahel.**
- **Pour cela deux cas furent étudiés :**
- **La sévérité due à l'intensité de HI**
- **La sévérité due à la durée des épisodes de vagues de chaleur.**

# Résultats et interprétations

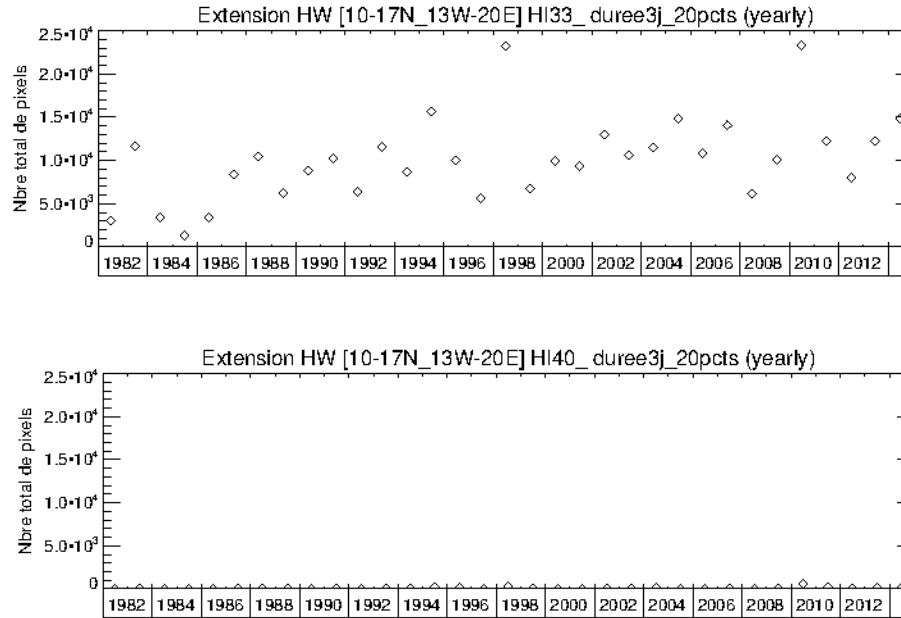
Sévérité due à la durée des épisodes de vagues de chaleur



**Figure:** Evolution annuelle de l'extension des vagues de chaleur en fonction de la durée: Sévérité due à la durée pour un seuil de HI supérieur ou égal à T90p et pour un critère de représentativité de 20% des pixels.

# Résultats et interprétations

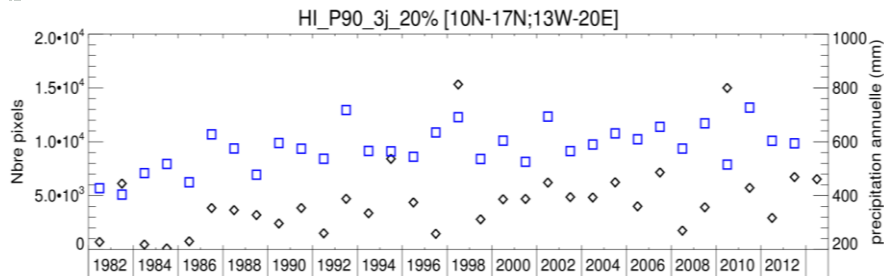
Sévérité due à l'intensité de HI



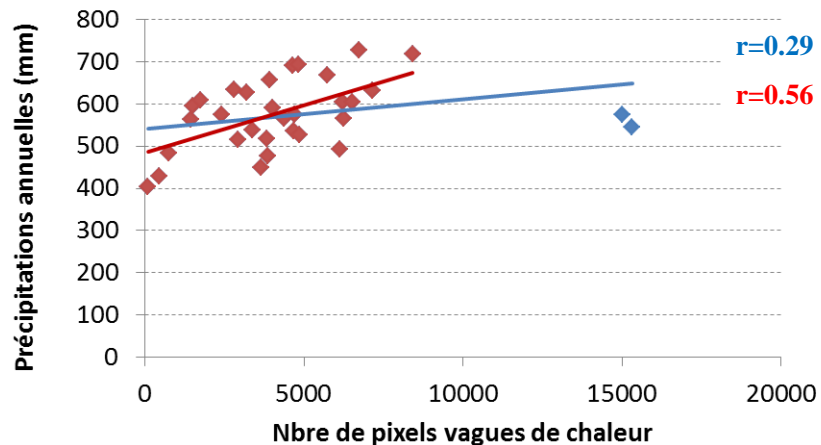
**Figure:** Evolution annuelle de l'extension des vagues de chaleur avec un seuil de HI supérieur à 33°C (en haut) et à 40°C (en bas), pour une durée d'au moins de 3 jours avec un critère représentatif des pixels de 20%.

# Résultats et interprétations

## Corrélation entre vagues de chaleur et précipitations



**Figure:** Graphe de la corrélation entre l'évolution de l'extension de vagues de chaleur de l'année (n) avec les précipitations de l'année (n-1) dans la zone [10N-17N\_13W-20E], avec HI au seuil 90p pour une durée d'au moins 3 jours et un critère de représentativité de 20% du nombre total de pixels



**Figure:** Corrélation entre la précipitation annuelle de l'année (n-1) et les vagues de chaleur de l'année (n) durant la période 1982 à 2014, domaine [10-17N\_13W-20E]

## Conclusion et perspectives

❑ Cette étude a permis de mettre en évidence une variabilité interannuelle de l'extension des vagues de chaleur au cours de la période 1982-2014 dans la zone sahélienne délimitée par la latitude 10N-17N et longitude 13W-20E.

❑ L'apparition des vagues de chaleur dans cette zone d'étude est saisonnière et sa quasi-totalité se déroule en Avril-Mai-Juin (AMJ).

Il ressort que les années 1998 et 2010 ont enregistrées les plus grandes extensions de vagues tandis que celles de 1982, 1984 et 1985 ont été les plus faibles.

❑ La sévérité due à la durée d'un épisode de vague de chaleur, a montré que les années 1998, 2001 et 2010 ont été les plus sévères avec des épisodes de durée de 5 à 25 jours enregistrés.

La seconde sévérité due à l'intensité de l'indice de chaleur a enregistré, a montré que l'année 2010 apparait comme la seule sévère en vagues de chaleur (avec HI supérieur à 40°C et pour une durée d'au moins de 3 jour).

❑ Le coefficient de corrélation entre les vagues de chaleur printanière et celle des précipitations estivales de l'année précédente sur la période 1982 à 2014 est  $r=0.30$

❑ Selon GIEC (2007), au cours du 21<sup>ème</sup> siècle le réchauffement climatique en Afrique et au Sahel en particulier sera plus important qu'au niveau mondial

❑ A cet effet, il faudra s'attendre à des vagues de chaleur plus sévères encore qui pourront avoir des conséquences douloureuses sur la santé si rien n'est fait pour augmenter la capacité d'adaptation de la population au réchauffement climatique.



**MERCI POUR VOTRE ATTENTION**