

# *Identification des Têtes de Bassin Versant pour une Gestion Durable des Ressources en Eau de la Rivière Mékrou*

## *[Identification of Watershed Heads for Sustainable Management of Water Resources in the Mékrou River]*

ARAYE Dourotimy Rachel<sup>1\*</sup>, **AHOUANSOU D. M. M.**<sup>2</sup>, VISSIN Expédit. Wilfrid<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Département de Géographie et Aménagement du Territoire ; Université d'Abomey-Calavi, Bénin B.P. 526 Cotonou, Bénin

<sup>2</sup>Ecole d'Aménagement et de Gestion de l'Environnement, Faculté des Sciences Agronomiques (EAGE/FSA), Université d'Abomey-Calavi, Bénin.

<sup>3</sup>Laboratoire Pierre PAGNEY "Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement" Université d'Abomey-Calavi, 03 BP 1122, Cotonou, Bénin



**Résumé** - Les Têtes de Bassin Versant encore appelées têtes de source constituent les parties amonts les plus importantes d'un réseau hydrographique. Malheureusement, par manque d'information, elles ne sont pas prises en compte dans les schémas d'aménagement et de gestion des ressources en eau dans bon nombre de Pays. Vu le potentiel en services écosystémiques offert par ces Têtes de Bassin Versant, de nos jours elles font l'objet de surexploitation et de dégradation par les populations riveraines. Au Bénin, les Têtes de Bassin Versant désignent les micro bassins versants drainés par des cours d'eau d'ordre 1 et 2 et ayant une pente moyenne supérieure ou égale à 1%. Cette recherche vise à identifier les TBV de la Mékrou pour une gestion durable des ressources en eau. Pour atteindre cet objectif, plusieurs approches ont été combinées à savoir les techniques cartographiques, les méthodes d'inventaire, de délimitation des Têtes de Bassin Versant avec le modèle hydrologique SWAT et de détermination des ordres des cours. Les sorties du modèle SWAT ont été exploitées pour identifier les micro bassins ayant une pente moyenne supérieure ou égale à 1% tout en considérant leurs exutoires naturels identifiés par le modèle. Les données exploitées ne sont rien d'autre que le modèle numérique de terrain de résolution 90 m et les shapefiles administratives. Dans le sous-bassin de la Mékrou, 415 Têtes de Bassin Versant ont été dénombrés. Ils occupent 30 % de la superficie totale du sous-bassin. Leur superficie varie entre 22.5 à 2421ha. Cette recherche est la première qui s'est intéressée à l'identification des Têtes de Bassin Versant au Bénin et la démarche nécessite d'être reproduite sur les autres bassins hydrographiques du pays.

**Mots clés**-Têtes de Bassin Versant ; théorie de Stralher ; services écosystémiques ; Mékrou ; Bénin

**Abstract** – Watershed Heads, also known as source heads, are the upstream and most important parts of a river system. Unfortunately, due to lack of information, they are not taken into account in water resources management and management plans in many countries. Given the potential for ecosystem services offered by these Watershed Heads, today they are subject to over-exploitation and degradation by local populations. In Benin, Watershed Heads are the micro catchment basins drained by streams of order 1 and 2 and with an average slope greater than or equal to 1%. The present study aims to characterize the Watershed Heads of the Mekrou sub basin for sustainable water resource management. To achieve this goal, several approaches have been combined namely mapping techniques, inventory methods, delineation of Watershed Heads with SWAT hydrological model and determination of course orders. The outputs of the SWAT model have been exploited to identify micro-basins with an average slope greater than or equal to 1% while considering their natural

outlets identified by the model. The exploited data were composed of the 90 m resolution digital terrain model and the administrative shapefiles. In Mekrou sub-basin, 415 Watershed Heads were counted. They occupy 30% of the total area of the sub-basin. Their surface varies between 22.5 to 2421 ha. The most developed activities in these Watershed Heads are agriculture, particularly cotton and yam cultivation; breeding; hunting and logging. This research is the first to focus on the delineation of Watershed Heads in Benin and the approach needs to be replicated in other watersheds in the country.

**Keywords – Watershed Heads; Stralher theory; ecosystem services; Mekrou; Benin.**

## I. INTRODUCTION

L'eau est une ressource vitale, indispensable à la vie et, sa gestion durable constitue une préoccupation planétaire. Pour les quinze prochaines années, l'humanité tout entière a identifié des Objectifs de Développement Durables pour transformer le monde. L'un des objectifs des Objectifs de Développement Durables est consacré à l'Eau Propre et l'assainissement avec comme cible 6 « D'ici à 2020, protéger et restaurer les écosystèmes liés à l'eau, notamment les montagnes, les forêts, les zones humides, les rivières, les aquifères et les lacs » et la cible 5 « D'ici à 2030, assurer la gestion intégrée des ressources en eau à tous les niveaux, y compris au moyen de la coopération transfrontière selon qu'il convient ». Dans cette optique ; Le Bénin à l'instar des pays de la sous-région ouest africaine a adopté en 1998 (déclaration de KOUHOUNOU), l'approche GIRE qui s'applique à un bassin versant, pour gérer durablement ses ressources en eau [12]. La mise en œuvre de cette approche nécessite l'élaboration des documents de politiques [10] et de stratégies d'une part ; et des documents de gestion et de planification d'autre part. L'élaboration des documents de planification et de gestion des ressources en eau, occulte une partie importante des cours d'eau : les têtes de bassin versant qui, sont les parties amont d'un cours d'eau, les sources des cours d'eau et, sont comme les fondations du bassin [1]. Cette situation est également remarquée ailleurs dans le monde et il a été montré que la grande majorité des politiques de l'eau omettent cependant un élément essentiel du réseau hydrographique, les têtes de bassin versant [6]. Aussi, le constat montre-t-il que les stations de mesures sont en majorité situées dans les cours moyen et inférieur des rivières. C'est pourquoi la plupart des têtes de bassin ne sont pas bien connues. Au Bénin, aucune étude n'a encore abordé les Têtes de Bassin Versant de façon spécifique et aucune littérature n'est disponible à part l'Atlas hydrographique du Bénin (système d'information sur l'hydrographie) [2,11] qui reconnaît que la notion de "tête de bassin versant" est un concept qui, dans le cadre de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau, mérite d'être prise en compte en terme de

gestion et d'aménagement des bassins versants et des cours d'eau [7]. Les têtes de bassin sont en majorité des zones de source où les écoulements dans les différents bassins prennent leur naissance.

Situées en extrême amont des bassins versants, les têtes de bassin sont dans la plupart des cas constituées d'un ensemble de milieux écologiques composés de drains dont le rang, selon la classification de Stralher, est inférieur ou égale à l'ordre 2 et dont la pente est supérieure à 1%. Elles sont caractérisées par un habitat d'une grande biodiversité qui conditionne en quantité et en qualité les ressources en eau en aval du bassin versant. L'importance et le rôle des têtes de bassin sont méconnus par les acteurs toutes catégories socioprofessionnelles confondues et les populations autochtones ou riveraines ne perçoivent pas l'intérêt de protéger et de préserver une zone dont il est préférable d'exploiter les potentialités pour la satisfaction d'intérêts immédiats mais légitimes. Une meilleure connaissance des « têtes de bassin » s'impose et suscite la présente recherche sur leur « Identification des Têtes de Bassin Versant pour une gestion durable des ressources en eau de la rivière Mékrou au Bénin ». Le cadre d'étude concerne le bassin de la Mékrou au Bénin.

Le bassin versant de la Mékrou au Bénin représente un sous bassin de la portion béninoise du bassin du fleuve Niger. D'une superficie totale d'environ 10.500 Km<sup>2</sup> dont 8.546 km<sup>2</sup> soit 81 % situé dans le territoire national béninois. Il a une orientation SSW et NNE et est compris entre les latitudes 10° et 12°30' Nord et les longitudes 1°32' et 3° Est. Il est partagé entre 5 communes dont 3 (Kérou, Kouandé et Pehunco) dans le département de l'Atacora et 2 (Banikoara, Karimama) dans le département de l'Alibori ( Fig 1) [13].

Le présent document présente les données et méthodes ainsi que les résultats obtenus.

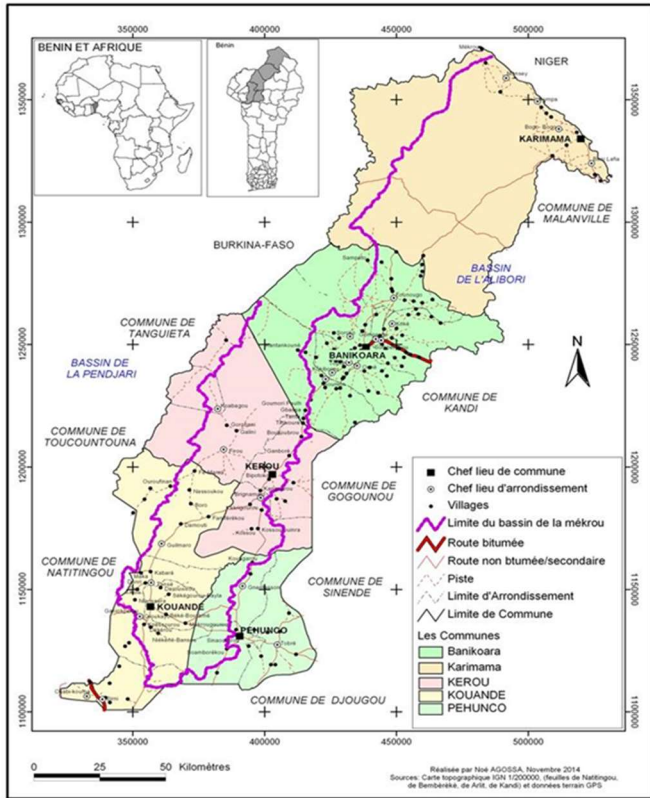


Fig 1 : Bassin versant de la Mékrou au Bénin Source : PNE-Bénin, 2014

II. DONNEES ET METHODE

A. Données

Les principales données exploitées dans la présente étude sont constituées de Modèle Numérique de Terrain SRTM téléchargé sur le site du Global Land Cover Facility et les shapefiles des limites administratives de la Bénin obtenues auprès de l’Institut National de Géographie.

B. Méthode

Les méthodes traitement utilisées pour l’inventaire et la délimitation des têtes de bassin de la Mékrou est celle de Pauline Choucard appliquée en 2011 au bassin versant du Couesnon en Bretagne mais adaptée au contexte de notre pays. Elle se résume dans le schéma suivant (Fig.2) présenté en cinq (5) étapes.

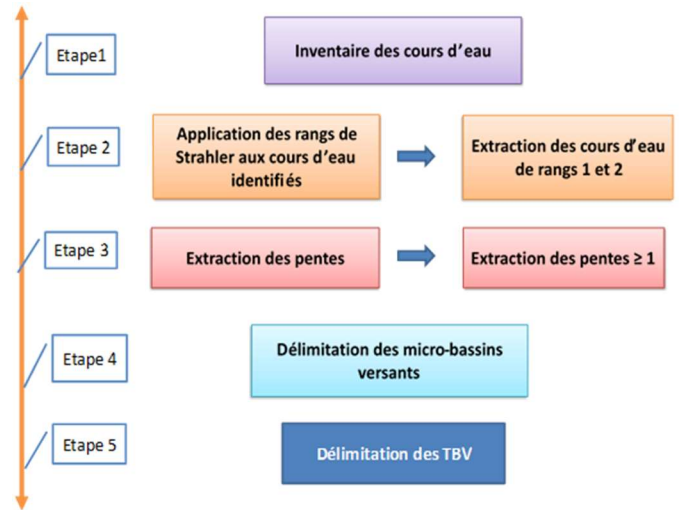


Fig.2. Synthèse des méthodes d’inventaire et de délimitation des têtes de bassin de la Mékrou

La description de chacune des étapes se présente comme suit :

- **1<sup>ère</sup> étape** : Inventaire des cours d’eau

A partir de l’image SRTM dans l’outil Arc Map l’extraction de la zone d’étude a été faite. Avec l’application « hydrology », la couche raster a été obtenue et la vectorisation a permis d’avoir la couche linéaire qui représente le réseau hydrographique du réseau de la rivière Mékrou. Le niveau de détails du réseau étant important pour cette recherche, le seuil de discrétisation du bassin choisi est de 100 supérieure à 1000 a été utilisée a permis de bien apprécier les cours d’eau sous forme de chevelures

- **2<sup>ème</sup> étape** : Application des rangs de Strahler aux cours d’eau identifiés

La classification de Strahler (1957) est la méthode la plus couramment utilisée pour définir les cours d’eau. Elle consiste à ordonner les cours d’eau selon leur importance, de la source jusqu’à l’exutoire. Un ruisseau issu d’une source est indiqué de rang 1. Un cours d’eau de rang n+1 est issu de la confluence de deux cours d’eau de rang n (Fig 3).

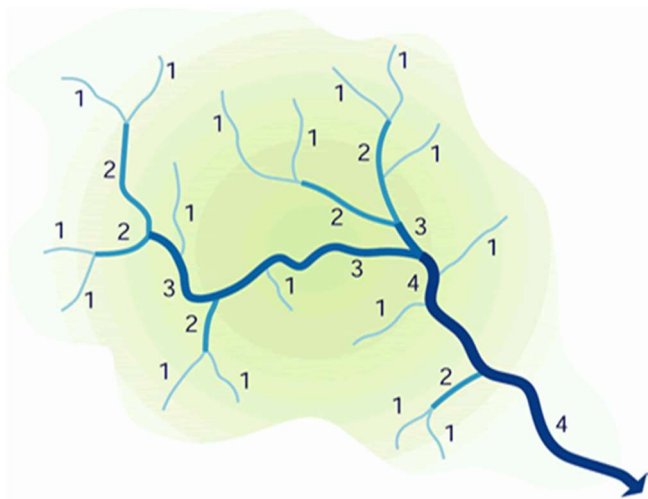


Fig.3. Méthode de classification des cours d'eau selon Strahler

A partir du réseau hydrographique obtenu à la première étape, la théorie d'ordination de Strahler a été appliquée. Ainsi, les branches du réseau hydrographique ont été étiquetées avec leurs ordres respectifs.

Les cours d'eau de rangs 1 et 2 ont été alors extraits pour faciliter la détermination des TBV-Mékrou suivant la définition adoptée dans le cadre de cette recherche.

- **3ème étape :** Extraction des pentes des cours d'eau

Elles ont été extraites automatiquement dans Arc GIS. Sur la base des résultats obtenus, les pentes ont été classées en deux classes (0-1 et 1-72) et converties en polygone. Ce qui a permis d'extraire les pentes  $\geq 1$  nécessaires pour la délimitation des Têtes de Bassin Versant.

- **4ème étape :** Délimitation des micro-bassins versants

Cette étape est nouvelle par rapport à la démarche [3] qui, a considéré les extrémités aval des cours d'eau de rangs 1 et 2 identifiés comme exutoire et en a extrait une couche d'exutoires utilisée comme donnée de base pour délimiter les bassins versants. Dans le cas de cette recherche, les micro-bassins versants du sous bassin de Mékrou ont été d'abord déterminés grâce à l'outil Soil Water Assesment Tool qui génère automatiquement les micro bassins en se basant sur les exutoires naturels. En effet le Soil Water Assesment Tool été développé par Jeff Arnold pour l'Agriculture research service en 1999 [9]. C'est un modèle conceptuel physique semi-empirique distribué permettant de manipuler et

d'analyser de nombreuses données hydrologiques et agronomiques. Il a été conçu pour de grands bassins versants allant de quelques centaines de km<sup>2</sup> à plusieurs milliers de km<sup>2</sup>. Soil Water Assesment Tool est un modèle à l'échelle d'un bassin hydrographique ou d'un bassin versant développé pour prévoir l'impact des pratiques de gestion des terres sur les rendements en eau, en sédiments et en produits chimiques agricoles dans de vastes bassins versants complexes avec des sols, des utilisations et des conditions de gestion variables sur de longues périodes. Le modèle est physiquement basé et efficace du point de vue calcul, utilise des entrées facilement disponibles et permet aux utilisateurs d'étudier les impacts à long terme. L'outil Soil Water Assesment Tool peut être utilisé pour simuler un seul bassin versant ou un système de plusieurs bassins hydrologiques reliés entre eux. Chaque bassin versant est d'abord divisé en sous-bassins, puis en unités de réponse hydrologique en fonction de l'utilisation des sols et de la distribution des sols.

- **5ème étape :** Délimitation des Têtes de Bassin Versant

Elle a permis de faire le zonage/sélectionner les Têtes de Bassin Versant sur la carte hydrographique de la Mékrou suivant Strahler et après avoir appliqué la pente sur les micro bassins initialement délimités. L'outil Arc Gis a été utilisé pour le traitement des données. Après la délimitation, un tableau synthèse a permis de dénombrer les Têtes de Bassin Versant délimitées suivant leur superficie

### III. RESULTATS ET DISCUSSION

#### A. Résultats

Les résultats de cette étude sont purement cartographiques.

L'approche utilisée pour la délimitation des Têtes de Bassin Versant de Mékrou a permis de réaliser successivement plusieurs cartes. L'extraction des cours d'eau a permis d'avoir la carte suivante (Fig.4). Une attention particulière a été faite au niveau de l'extraction des cours d'eau en vue d'avoir un réseau hydrographique bien densifié avec les ruisseaux en forme de chevelure qui, ont un rôle important à jouer dans l'application de Strahler.

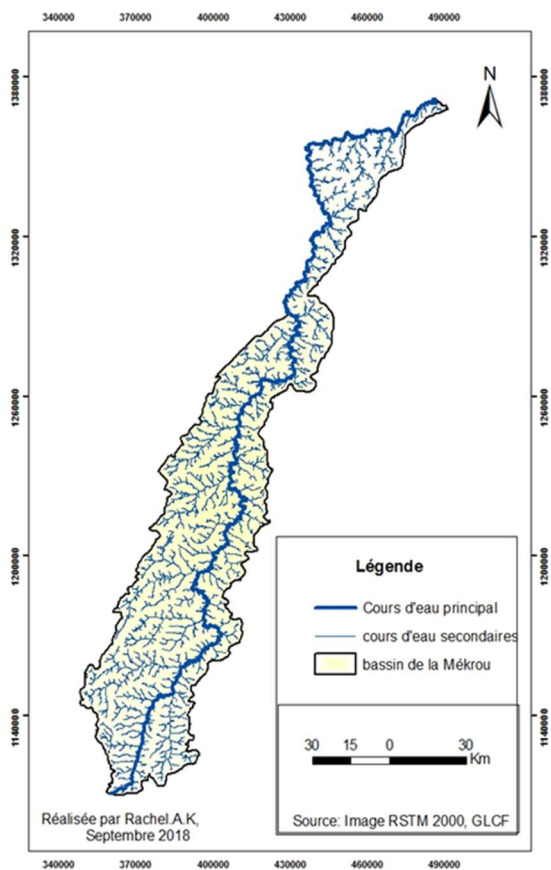


Fig.4. Carte hydrographique du sous bassin versant de la Mékrou

La classification de Stralher permet d'attribuer des ordres aux branches du réseau hydrographique. L'Application des rangs de Strahler a permis d'avoir une carte hydrographique avec cinq (5) rangs de Strahler. La délimitation des Têtes de Bassin Versant dans le cadre de cette étude nécessite les cours d'eau d'ordre 1 et 2. Ainsi, une extraction des cours d'eau des rangs 1 et 2 a été faite telle que la Fig.5 la présente.

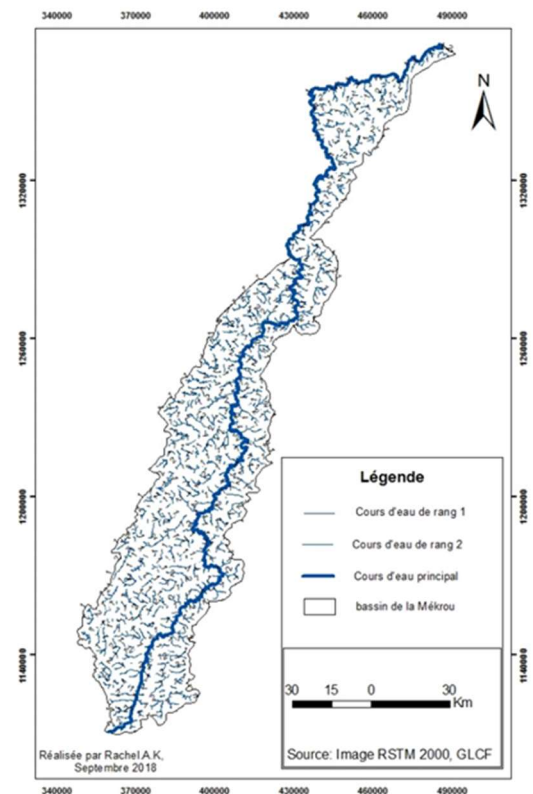


Fig.5. Réseau hydrographique Mékrou

L'extraction automatique des pentes a permis de réaliser la carte des pentes du sous-bassin de Mékrou (figure 6).

Sur la base de la carte des pentes, l'extraction des pentes supérieures à 1 a été faite comme le montre la carte ci-dessous (figure 7).

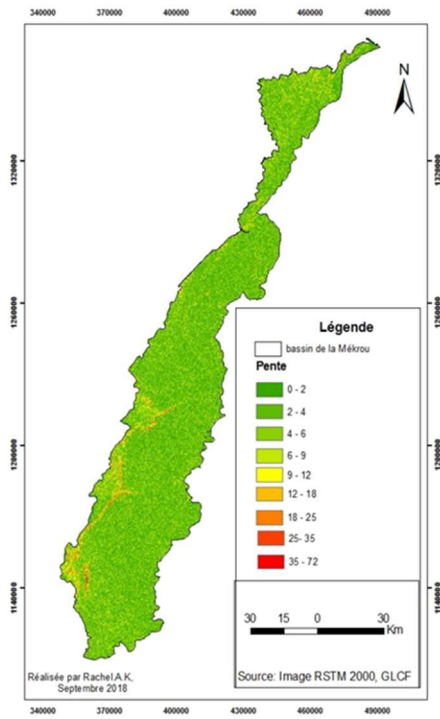


Fig.6. Carte des pentes du bassin de la Mékrou

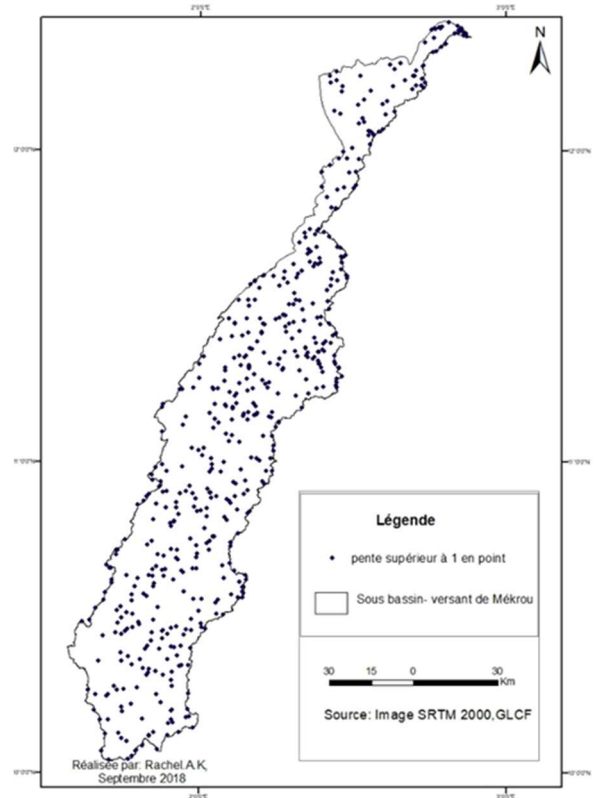


Fig.8. Pentes  $\geq 1$  converties en point

Comme le précise cette définition des Têtes de Bassin Versant, il faudra avoir le réseau hydrographique avec les rangs de Strahler (1 et 2) et les pentes  $\geq 1$  pour délimiter les TBV.

Sur la base des résultats obtenus, une sélection de Carte des pentes du bassin de la Mékrou  $\geq 1$  en point et les cours d'eau des rangs 1 et 2 a été faite et a permis d'avoir la carte suivante (Fig. 9).

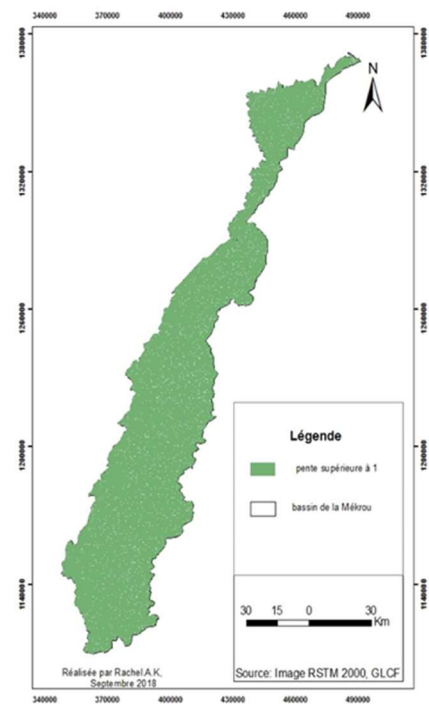


Fig.7. Pentes supérieures ou égales à  $\geq 1$

Après l'extraction des pentes supérieures à 1, une conversion desdites pentes a été faite en point pour faciliter son exploitation (Fig.8)

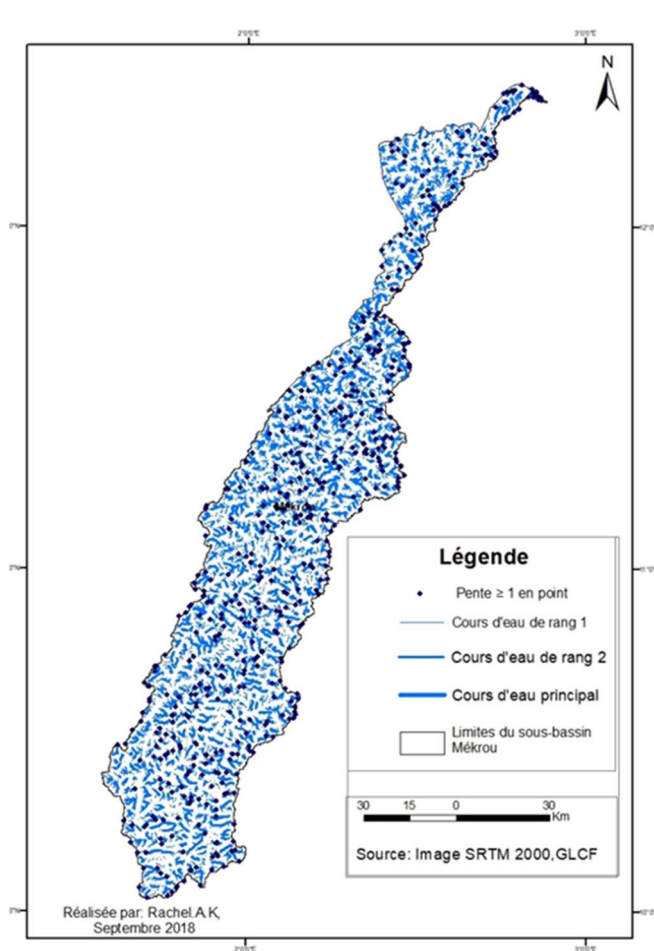


Fig.9. Superposition des Pentés supérieures ou égales à  $\geq 1$  avec les cours d'eau de rangs 1 et 2

En matière de délimitation des micro-bassins, ceux du sous-bassin de Mékrou ont été obtenus grâce au modèle Soil Water Assessment Tool qui, génère automatiquement les sous-bassins (Fig.10) en utilisant les exutoires naturels. Cette approche a été adoptée à défaut d'avoir à l'échelle du pays, les coordonnées géographiques des exutoires de tous les cours d'eau du sous-bassin déjà programmés pour faciliter la délimitation des micro-bassins. Au total 2301 micro-bassins ont été identifiés.

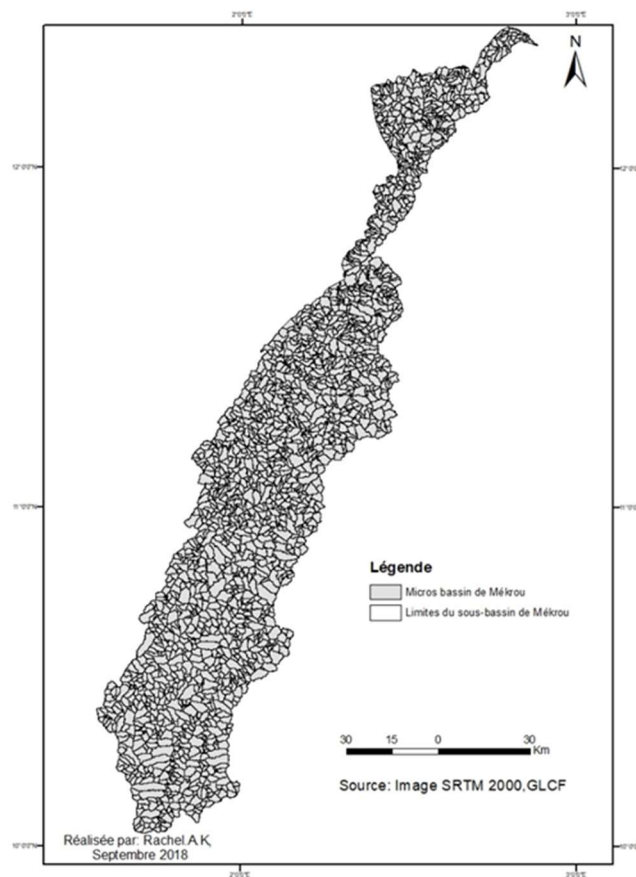


Fig. 10. Les micro-bassin versant de la Mékrou

Pour obtenir les Têtes de Bassin Versant, une superposition des sous-bassins ayant des cours d'eau de rangs 1 et 2 et des pentes supérieures ou égales à 1 a été faite. Ce qui a permis de dénombrer 415 Têtes de Bassin Versant au niveau du sous-bassin de la Mékrou (Fig.11). Ces Têtes de Bassin Versant occupent une superficie de 2472,064 Km<sup>2</sup> soit 30 % de la superficie du sous-bassin avec comme superficie Minimale 22,5 Hectares et superficie Maximale 2421 Hectares.

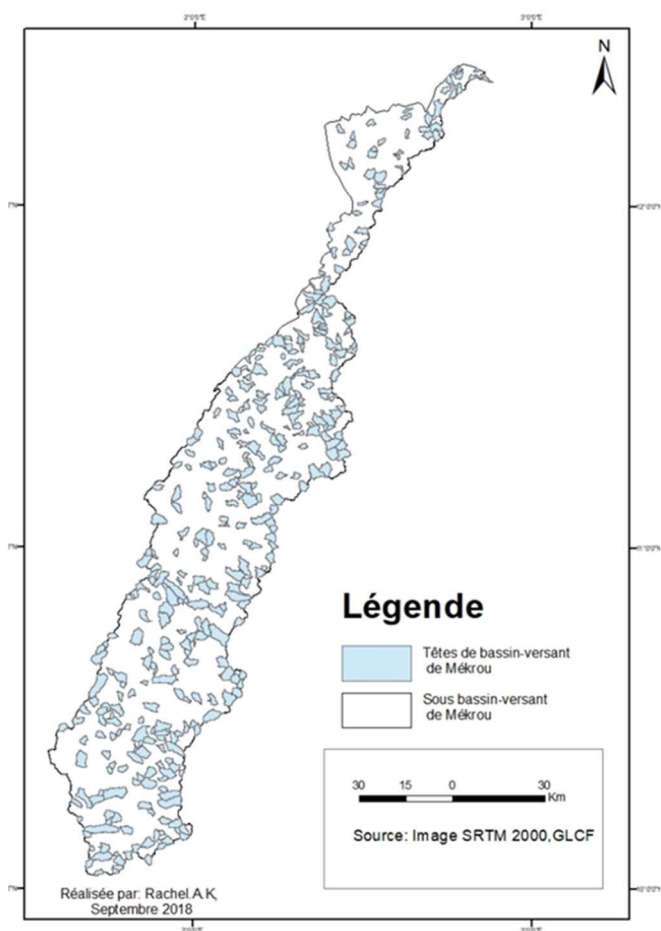


Fig.11. : Les têtes de bassin du sous-bassin de Mékrou

Les cours d'eau des Têtes de Bassin Versant (Fig.12) font 1963,59 Km de linéaire soit 22 % du linéaire du réseau hydrographique et, les cours d'eau 1 et 2 du réseau hydrographique représentent 76,7% du linéaire.

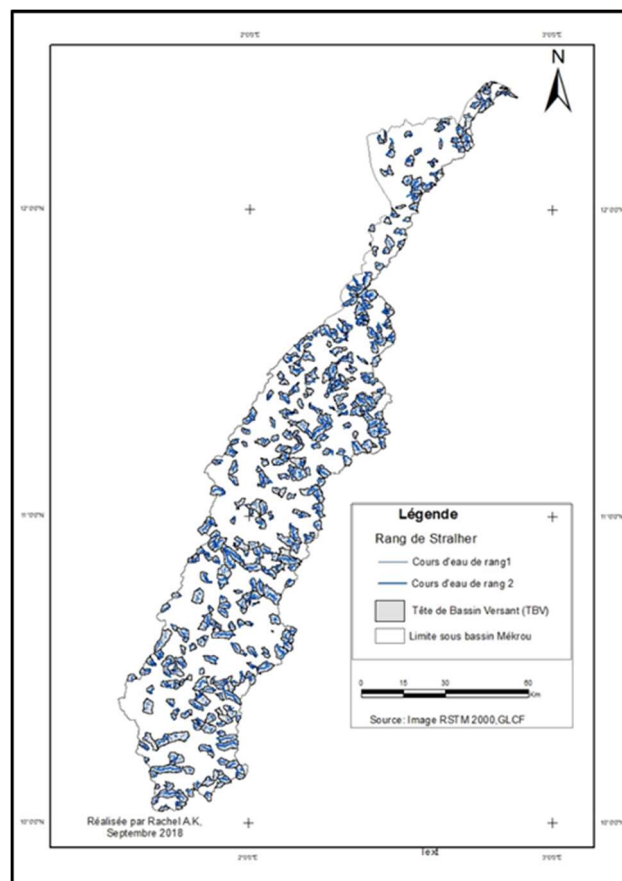


Fig.12. Les cours d'eau têtes de bassin du sous-bassin de Mékrou

### B. Discussion

Les Têtes de Bassin Versant ont une importance capitale car elles offrent de nombreux services écosystémiques à l'échelle d'un bassin versant. Selon [7], elles constituent des espaces à considérer pour une gestion durable et intégrée des ressources en eau. Elles constituent des écosystèmes importants mais très fragiles.

La délimitation des Têtes de Bassin Versant à l'échelle du sous-bassin versant de la Mékrou a été faite à partir de l'inventaire des « cours d'eau » et met en évidence que :

- Les TBV-Mékrou occupent 30 % de la superficie du sous bassin de la Mékrou ,
- Les cours d'eau des dites TBV représentent 22 % du linéaire du réseau hydrographique
- Les cours d'eau 1 et 2 du réseau hydrographique représentent 76,7% du linéaire

Plusieurs études ont ainsi montré que le réseau de drainage des têtes de bassin versant représentait plus des deux tiers du réseau total du bassin versant [8 ; 3]. D'autres auteurs

affirment que « les territoires des Têtes de Bassin Versant représentent 60 à 85 % des bassins versants » [4] ; pour d'autres, ils représentent 50% de la superficie dudit bassin et les cours d'eau 48 % du linéaire [3].

La proportion de 76,7% du linéaire qu'occupe les cours d'eau 1 et 2 du réseau hydrographique de la Mékrou confirme l'affirmation de [5] qui dit que le réseau hydrographique est essentiellement constitué par les rangs 1 et 2, qui représentent à eux seuls 75% du linéaire.

La définition d'une Tête de Bassin Versant dépend alors de l'approche et diverge selon les régions du monde. Aux États-Unis, il est retenu qu'une superficie d'une tête de bassin versant ne dépasse pas 2 km<sup>2</sup> et que le lit mineur est inférieur à 1m de large. Au Japon elles correspondent aux secteurs à l'amont de la zone de sédimentation dominante et dans la plupart de certains pays, elle est définie sur la base de la théorie d'ordination de Stralher comme au Bénin. Mais [5] considère la région de Têtes de Bassin Versant par excellence comme les bassins versants des rangs 1 et 2.

De ces constats, il ressort que la superficie qu'occupent les Têtes de Bassin Versant dans un bassin versant dépendent de la définition qu'on donne à la Têtes de Bassin Versant et de l'approche d'identification. Les résultats obtenus dans un pays ne peuvent constituer une norme à respecter ailleurs car il est difficile de généraliser les résultats et de les transposer à un bassin versant quelconque.

Il serait donc judicieux de réaliser des études approfondies pour mieux caractériser ces Têtes de Bassin Versant à travers entre autres leur morphologie, une analyse diachronique, la qualité physico-chimique de l'eau à leur niveau et la biodiversité

#### IV. CONCLUSION

Les Têtes de Bassin Versant constituent des écosystèmes très importants à protéger à l'échelle d'un bassin versant compte tenu des services écosystémiques qu'elles fournissent et il urge qu'elles soient délimitées et connues au niveau de chaque bassin hydrographique du Bénin.

Cette recherche sur l'identification des Têtes de Bassin Versant au niveau d'un sous-bassin (Mékrou), est la première au Bénin a exploré la démarche de délimitation des Têtes de Bassin Versant qui se résume en cinq étapes : i) l'inventaire des cours d'eau ; ii) l'application de la théorie de Stralher, iii) l'extraction des pentes ; iv) délimitation des micro bassins et v) la délimitation des Têtes de Bassin Versant proprement dite.

Au vu des résultats obtenus, il serait souhaitable que des recherches se poursuivent pour mieux présenter la situation de ces Têtes de Bassin Versant en vue d'orienter des actions futures à entreprendre pour leur protection appréciable, mais surtout de dégager assez facilement les zones prioritaires d'intervention. Cette détermination des zones sensibles à l'érosion est une étape importante dans la mise en place d'une stratégie de lutte contre l'érosion des sols. Bien que la validité d'évaluation de la méthode utilisée soit sujette à discussion, elle apporte une aide importante aux décideurs et aux aménagistes pour simuler des scénarios d'évaluation antiérosive et planifier les interventions de lutte contre l'érosion.

#### REFERENCES

- [1] SAUNDERS J.D., MEEUWIG J.J., VINCENT A.C.J. -2002- Freshwater protected areas! Strategies for conservation. *Conservation biology*, 16 : 30-41.
- [2] Direction Générale de l'Eau), 2008. Atlas hydrographique du Bénin, un système d'information sur l'hydrographie. Financement DANIDA du Programme d'appui au développement du secteur eau, 22 p
- [3] Choucard P., 2011. Elaboration d'une méthodologie d'inventaire cartographique et de hiérarchisation des têtes de bassin versant dans le contexte armoricain. Mémoire de master, 57 p
- [4] Alban J. 2014. Identification cartographique et hiérarchisation des têtes de bassin versant sur les périmètres des SAGE Evre-Thau-Saint Denis et Layon-Aubance, 48p, rapport de master 1 H3 : hydrogéologie, hydro pédologie, hydrobiogéochimie
- [5] LHERITIER N., 2012. Thèse de Doctorat 481 pages
- [6] Nguyen V, 2012. Les altérations physiques en Tête de Bassin Versant sur les régions Bretagne-Pays de la Loire, rapport de stage, 161 p
- [7] Henner R., 2013. Tête de Bassin Versant, des espaces à considérer pour une gestion durable et intégrée de la ressource, Rapport de stage, Master 2 de géographie Sociétés, Territoires, Aménagement, Environnement et Risques /Spécialité Aménagement et Gestion Intégrée des Ressources Environnementales 128 p
- [8] Le BIHAN M., 2015. Bilan des connaissances techniques sur les Têtes de Bassin Versant : la caractérisation, la préservation et la restauration des cours d'eau et zones humides de tête de bassin versant. Présentation Power Point lors du séminaire national sur les TBV

- [9] RENAUD J., 2004. Mise en place du Modèle agri-environnement SWAT sur le bassin versant du Mercure, 75 p
- [10] RB [République du Bénin], 2009. Politique Nationale de l'eau, juillet 2018, 73 p
- [11] DGEau (Direction Générale de l'Eau), 2010. Atlas hydrographique du Bénin, un système d'information sur l'hydrographie. Financement DANIDA dans le cadre d'une subvention sur la Gestion des ressources en eau GTZ dans le cadre d'une subvention locale sur le fonds changement climatique, 51 p
- [12] RB [République du Bénin], 2010. Loi n°044-2010 du 24 novembre portant gestion de l'eau en République du Bénin, Assemblée Nationale
- [13] CE et GWP/AO, 2015. Analyse de l'utilisation actuelle des Ressources en Eau et définition de la situation de référence sur la portion béninoise du sous-bassin Mékrou, 196 pages
- [14] Berthold R, 2003. Méthodologie pour la gestion durable des têtes de bassin versant, résumé des communications. 6ème rencontres de théories, Quant Février 2003
- [15] CE (Commission Européenne) et GWP/AO (Global Water Partnership/Afrique de l'Ouest), 2016. Priorités de développement dans le bassin de la Mékrou, rapport d'étude, 163 p
- [16] Galivel A., 2015. Elaboration d'un projet de restauration d'un cours d'eau en tête de bassin versant dans un contexte agricole, mémoire de Master II Ecologie et Biosciences de l'environnement, 85 p
- [17] GRIVEL S.-MEDDE P. CAESSTEKE/ONEMA, 2015. TBV: milieu, usages et politiques publiques. Présentation Power Point lors du séminaire nationale sur les TBV.
- [18] ISW (International Secretariat for Water), 2017. Water Governance and Infrastructure Development for headwater Territories in Latin America. Implementing the GOSSA (Governance and Sustainable Sanitation Approach), 15p
- [19] Le Barbé L., Alé G., Millet B., Texier H., Borel Y. et Gualde R., 1993. Les ressources en eaux superficielles de la République du Bénin. Edition ORSTOM; 540 p
- [20] SAIDI M., 2013. Apport des logiciels de SIG dans la morphométrie des bassins versants. L'exemple d'ArcGIS. Guide méthodologique d'utilisation, 9 p
- [21] Vissin E. W., Houndenou C., Perard J., 2007. Sécheresse pluviométrique et tarissement dans le bassin de la Mékrou (Bénin, Afrique de l'Ouest). Actes du XXe Colloque de AIC, Carthage-Tunis, pp 568-573.
- [22] Vissin E. W., Amoussou E., Houssou C.S., 2007. Variabilité de la pluviométrie et des écoulements dans le bassin béninois du fleuve Niger. Climat et Développement, vol 3, LECREDE, Université d'Abomey-Calavi, pp. 22-32