

## DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DES TERRES ET RESSOURCE EN EAU DU BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE DU ZOU À L'EXUTOIRE DE DOMÈ AU BÉNIN

ATCHADE A.A.G.<sup>1,2</sup>, DOSSOU-YOVO E. R.<sup>3</sup>, KODJA D.J.<sup>1,2</sup> VISSIN E.W.<sup>1,2</sup>, BOUKARI M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Département de Géographie et Aménagement du Territoire, Université d'Abomey-Calavi, République du Bénin

<sup>2</sup> Laboratoire Pierre Pagny : Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey Calavi, B.P 526, Cotonou République du Bénin, [gach12@yahoo.fr, exlaure@gmail.com, conforlad@yahoo.fr] Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de L'Eau (LHME), Faculté des sciences Agronomique, 01BP :526 Cotonou, Bénin

<sup>3</sup> Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université d'Abomey-Calavi

**Résumé** - L'étude vise à comprendre l'impact des fluctuations climatiques actuelles et de l'occupation du sol sur le bilan hydrologique dans le bassin versant du Zou. La démarche méthodologique est fondée sur la collecte et l'analyse des données climatologiques et hydrométriques de 1965 à 2010 ainsi que de l'occupation des terres complétées par les investigations de terrain. Le modèle SWAT (Soil and Water Assessment Tool) a permis d'évaluer l'effet du climat et de l'occupation des terres sur les ressources en eau. Il ressort de l'analyse des résultats qu'avec les scénarii climatiques et les formes d'occupations du sol, on assistera à l'horizon 2030, à une baisse des ressources en eau de surface de 34 %, souterraine de 31 % et que la recharge des aquifères et la disponibilité en d'eau du bassin seront confrontées à une diminution respective de 35 % et de 38 %.

**Mots-clés** : Bassin versant du Zou, dynamique de l'occupation des terres, ressource en eau.

**Abstract** - Dynamics of land use and water resources of the catchment watershed of river of the river of Zou outfall at Dome in Benin. The study aims at understanding the impact of current climate variability and land use on the water balance in the Zou watershed. The methodological approach has been based on collecting and analyzing climate and hydrometric data from 1965 to 2010, as well as land use complemented by the field investigations. The model SWAT (Soil and Water Assessment Tool) was used to assess the effect of climate and the land use of water resources. The results showed that surface water resources, groundwater, total aquifer recharge and water availability in the catchment will decrease by 34%, 31%, 35% and 38%, respectively on the horizon 2030 as consequences of climate change and natural vegetation degradation.

**Keywords**: Watershed Zou dynamics of land use, water resources.

### Introduction

L'étude du fonctionnement hydrologique des cours d'eau en rapport avec les modifications de l'occupation des sols fait l'objet d'une attention croissante, aussi bien au plan national qu'international. En effet, la couverture végétale et les activités anthropiques jouent un rôle important dans le comportement hydrologique d'un bassin versant (Cosandey *et al.*, 2003). Elle a une influence mécanique sur le ruissellement superficiel, en plus du fait qu'elle conditionne l'évapotranspiration et le bilan hydrologique du bassin. Pour Vorosmarty *et al.*, (2004), l'impact global de la modification des états de surface peut surpasser celui du changement récent de climat. Sur un espace géographique donné, tel un bassin versant, les caractéristiques du couvert végétal déterminent les ressources en eau réelle, c'est-à-dire l'eau stockée par le milieu, par rapport aux ressources en eau potentielles que sont les précipitations. Pour Cosandey *et al.*, (2003), toute modification des états et de la structure de la couverture végétale a des répercussions sur les ressources en eau du milieu. Face à ce constat, la compréhension des impacts des modifications du climat et des occupations du sol sur le cycle hydrologique est nécessaire pour la gestion optimale des ressources naturelles (Scanlon *et al.*, 2005) notamment les ressources en eau du bassin versant du Zou situé entre 7°15' et 8°33' de latitude nord et entre 1°35' et 2°14' de longitude est (figure 1).

Une démarche méthodologique a été adoptée aux fins d'obtenir les résultats escomptés.

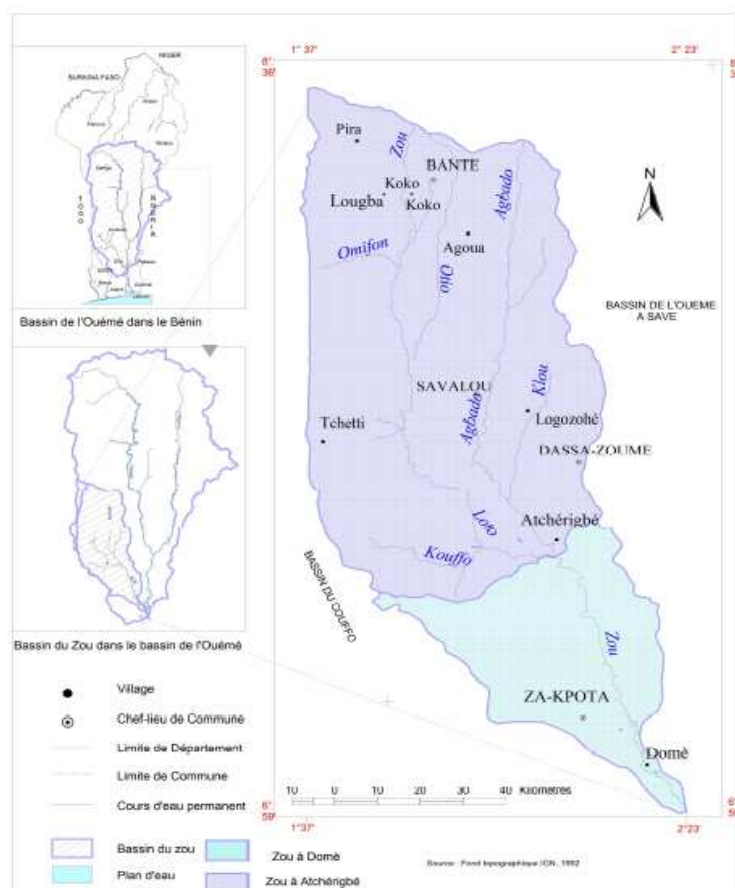


Figure 1. Situation géographique du bassin versant du Zou

## 1. Données et méthodes d'étude

### 1.1. Données

Elles concernent les hauteurs de pluies (journalière, mensuelle et annuelle), de l'Evapotranspiration, des températures (mensuelles) minimales et maximales, de la vitesse du vent et de l'humidité relative (1965-2010), des stations synoptiques de Bohicon et de Savè issues des fichiers de la Direction de la Météorologie Nationale (DMN). L'estimation des modifications futures du climat et du couvert végétal sur la production en eau du bassin a été effective grâce aux données sur les scénarii futurs du climat et de l'occupation des sols mises au point par les programmes de recherche IMPETUS et REVERTUWIN sur la période de 2015 à 2030 (Bormann *et al.*, 2011).

Les données hydrologiques couvrent la période 1965-2010 et proviennent des stations de Atchérigbé, et de Domé, extraites des bases de données du Service d'Hydrologie de la Direction Générale de l'Eau. Il s'agit des mesures de hauteurs d'eau et jaugeage qui ont permis de définir les courbes de tarage utilisées pour transformer les hauteurs d'eau en débits par le Service d'Hydrologie de la Direction Générale de l'Eau.

### 1.2. Approche d'évaluation des effets de la variabilité climatique et de la dynamique de l'occupation des terres sur les ressources en eau à l'horizon 2030

Pour évaluer les effets des modifications observées au niveau du climat et de l'occupation des terres sur les ressources en eau du bassin versant, le modèle SWAT a été utilisé.

➤ **Justification du choix du modèle SWAT**

Le modèle SWAT (Soil and Water Assessment Tool) est un outil d'évaluation des terres et des eaux développé par le Service de Recherches Agricoles du Département de l'Agriculture des Etats-Unis (Arnold *et al.*, 1998) et testé en Afrique tropicale et particulièrement au Bénin par Sintondji (2005) et Dossou-yovo (2011). C'est un modèle hydrologique physique, semi-distribué à interface SIG (Arc View et Arc GIS) qui dérive les sous-bassins et le réseau de drainage d'un bassin versant à partir des Modèles Numériques de Terrain (MNT). Il calcule les bilans hydriques journaliers à partir des données météorologiques, pédologiques et d'occupation des terres.

➤ **Scénarii des changements d'occupation des sols**

L'étude des effets des scénarii du changement d'occupation des terres sur les ressources en eau a été précédée par celle de la dynamique du couvert végétal dans le bassin en calculant la vitesse de variation des unités d'occupation de sol grâce à la formule :

$$\Delta S = \left[ \frac{S_{p2} - S_{p1}}{t_2 - t_1} \right]$$

Avec  $\Delta S$  : la vitesse de variation (extension ou régression en ha/an) ;  $S_{p1}$  : la superficie de l'unité d'occupation du sol considérée au cours de l'année 1 (ha) ;  $t_1$  l'année 1 et  $t_2$  l'année 2.

**1.3. Approche utilisée pour l'étude de la dynamique de l'occupation des terres**

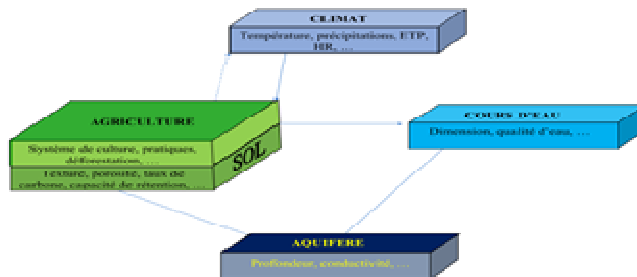
L'exploitation des cartes de base et d'images satellitales (1998 et 2010) couvrant le secteur d'étude et les données des scénarii futurs sur la dynamique d'occupation des sols des années (2017, 2022 et 2027) mises au point par Bormann *et al.* (2011) pour le compte du projet REVERTUWIN ont permis d'étudier la dynamique de l'occupation et d'utilisation des terres. Les images satellitales ont servi à construire une mosaïque du domaine d'étude à l'aide du logiciel ArcView 3.2, ce qui a rendu plus aisé l'étude de l'évolution des superficies des unités paysagères dans le milieu d'étude.

Par ailleurs, les enquêtes socio-anthropologiques ont permis d'identifier et d'analyser les perceptions des populations sur le passé et le vécu dans le milieu aux fins d'évaluer les effets des paramètres climatiques et de l'occupation des terres sur les ressources en eau du bassin versant de la rivière Zou au Bénin.

**2. Résultats**

**2.1. Fonctionnement du modèle SWAT**

Le fonctionnement du modèle SWAT est structuré en trois modules principaux, qui interagissent avec le climat par la circulation d'eau comme le montre la figure 2.



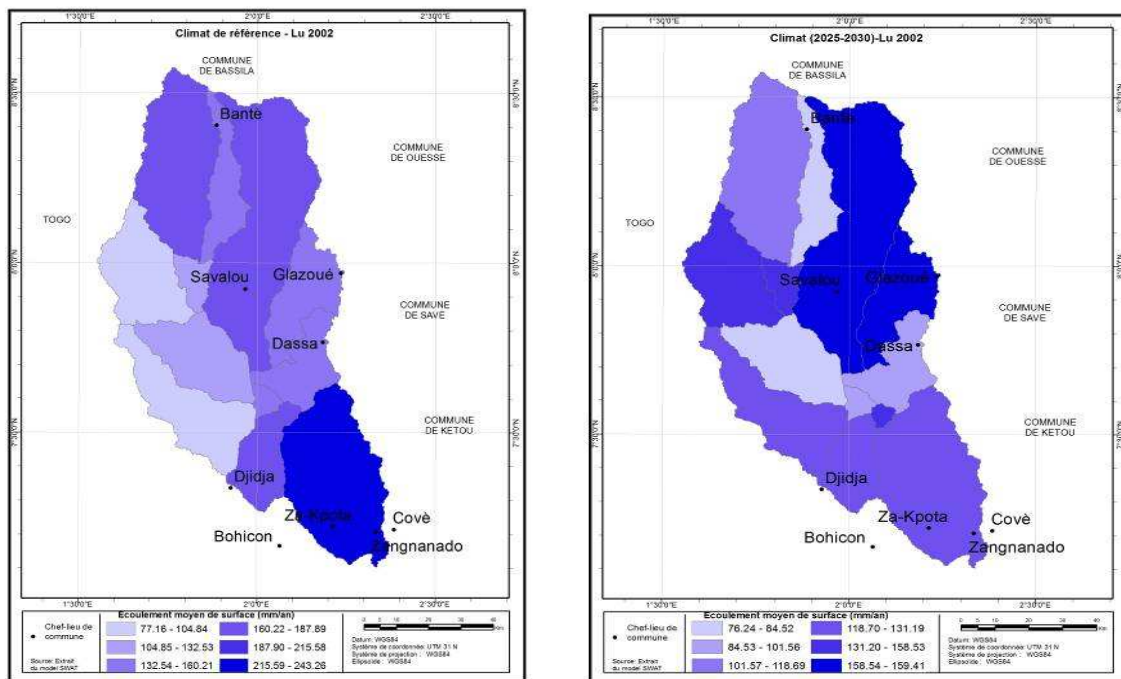
**Figure 2.** Fonctionnement schématisé de SWAT (d'après DUROS, modifié par Atchadé, 2014/ Source : Mise en place du modèle agro-environnemental SWAT (Renaud, 2004)

L'analyse de la figure 2 révèle que le SWAT est un ensemble de modules correspondant au

sol, l'aquifère sous-jacent et le cours d'eau. Il faut remarquer que les eaux météoriques qui arrivent au sol peuvent rejoindre l'aquifère à travers les processus d'infiltrations conditionnés par les propriétés du sol (texture, porosité, etc.). De par la topographie du sol, elles peuvent regagner directement les cours d'eau (par le phénomène de ruissellement). Enfin de l'aquifère, l'eau peut alimenter également le cours d'eau et ceci dépend de la position de la nappe par rapport au cours d'eau et de la conductivité hydraulique des différentes couches de sol qu'elle traverse. Des différents réservoirs, l'eau peut repartir dans l'atmosphère par évaporation.

## 2.2. Effets de la variabilité climatique et de la dynamique du couvert végétal sur les ressources en eau du bassin versant de la rivière zou à l'horizon 2030

La figure 3 montre la distribution spatio-temporelle de l'écoulement moyen de surface dans le bassin pour le scénario climatique (2025-2030) comparé au climat de référence.

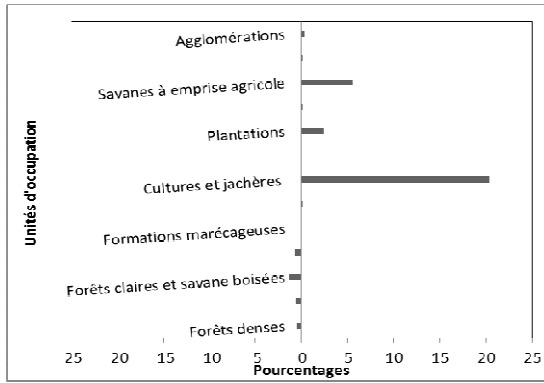


**Figure 3.** Distribution spatio-temporelle de l'écoulement moyen de surface dans le bassin du Zou à Domè sous les influences des climats 2000-2005 et 2025-2030

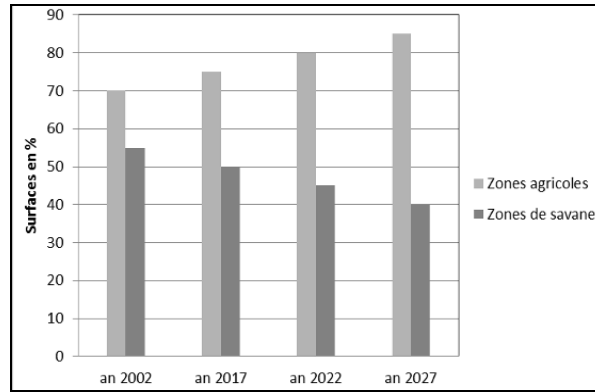
Il ressort de l'analyse de la figure 3, que le bassin du Zou sera confronté à une forte réduction de l'écoulement de surface qui sera accentuée par l'augmentation de la température. Les simulations prévoient, à l'horizon 2030, une diminution de l'écoulement de surface et une réduction de l'écoulement souterrain. Les répercussions de cette baisse se feront ressentir sous l'influence des fluctuations climatiques au niveau de tous les sous-bassins du Zou à Domè et l'écoulement le plus faible sera observé dans la commune de Bantè. Ainsi, l'accès aux ressources en eau de surface à l'horizon 2030 pourra devenir de plus en plus pénible pour les populations.

### 2.2.1. Effets des scénarii d'occupation des sols sur le bilan hydrologique

Les figures 4 et 5 présentent respectivement l'évolution des unités d'occupation des terres entre 1998-2010 et celles des superficies agricoles et celles des zones de savanes après la distribution des HRUs pour les occupations des sols de 2002, 2017 de 2022 et 2027 dans le bassin du Zou.



**Figure 4.** Evolution des unités d'occupation des terres entre 1998 et 2010

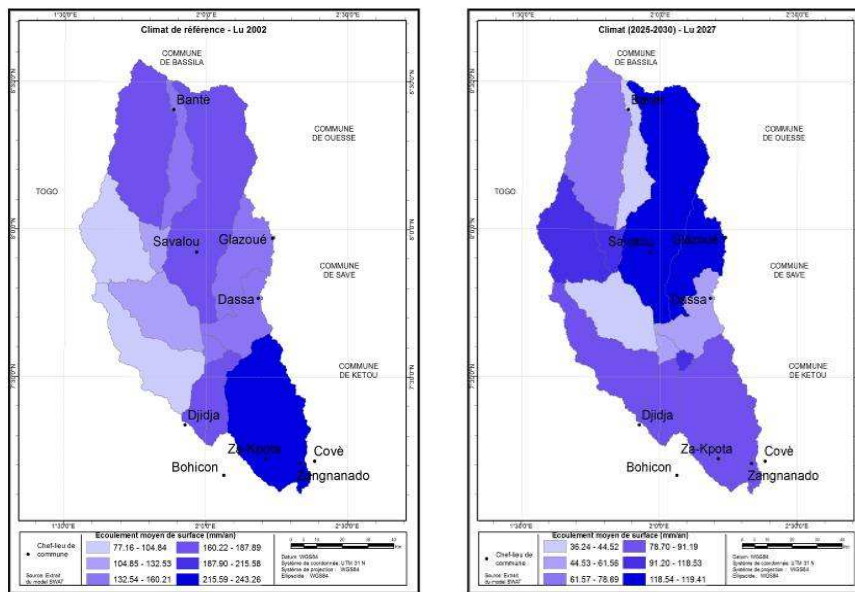


**Figure 5.** Superficies agricoles et celles des zones de savanes après la distribution des HRUs pour les occupations des sols de 2002, 2017 de 2022 et 2027 dans le bassin du Zou

L'analyse de la figure 4 montre que les formations végétales naturelles qu'elles soient des forêts denses, forêts claires, savanes boisées, arborées et arbustives ont connu une régression sensible de leur superficie de 1998 à 2010. Cette situation est due au boum cotonnier à partir des années 1980, des activités de production du charbon et de bois d'œuvre observée plus dans la partie amont (Bantè, Pira, Tchèti) du bassin et à la récession pluviométrique récurrente observée depuis les années 1970 (Boko *et al.*, 1997). Tel n'est pas le cas des mosaïques de cultures, de jachères et les agglomérations qui ont connu une extension.

Quant à l'analyse de la figure 5, il faut noter que les zones agricoles occuperont près de 83 % de la superficie du bassin du Zou à Domè à l'horizon 2027 alors que les zones de savane occuperont moins de 40 % de la superficie du bassin soit une diminution d'environ 14 % de leur superficie par rapport à 2002. Cette distribution temporelle des occupations futures des sols aura des influences perceptibles sur les composantes du bilan hydrologique.

La figure 6 montre la distribution spatio-temporelle de l'écoulement de surface sous les influences des scénarii combinés.



**Figure 6.** Distribution spatio-temporelle de l'écoulement moyen de surface dans le bassin du Zou à Domè sous les influences des scénarii combinés des changements dans l'occupation des sols et dans le climat

L'analyse de la figure 6 permet de retenir que du fait de la réduction de la précipitation et de l'augmentation de l'évapotranspiration, les scénarii climatiques combinés avec les différentes occupations du sol ont montré une baisse de l'écoulement de surface de l'ordre de 34 %, une baisse de l'écoulement souterrain de l'ordre de 31 %. La recharge totale des aquifères et la production d'eau du bassin vont également connaître une diminution respective de 35 % et de 38 %.

Du reste, sous l'effet des fluctuations climatiques et de la dynamique du couvert végétal, l'écoulement de surface sera faible dans les régions de Za-kpota, Covè, Zagnanado. Par contre, les communes de Dassa-Zoumè, Savalou et autres auront des écoulements de surface relativement élevés.

## Conclusion

Au terme de cette étude, il faut retenir qu'au regard des tendances climatiques et environnementales actuelles, la variabilité climatique et la dégradation du couvert végétal auront des répercussions sur les écoulements et la disponibilité des ressources en eau du milieu d'étude à l'horizon 2030. Une telle situation se manifesterait par une baisse sensible des ressources en eau aussi bien souterraines que de la production en eau du bassin, ce qui impacterait la vie des populations et les activités tributaires de l'eau.

## Références bibliographiques

- Arnold J.G., Srinivasan R., Muttiah R.S., Williams J.R., 1998 : Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: Model development. *J. American Water Resources Association*, **34** (1), 73-89.
- Boko M., Guiwa C., Pérard J., 1997 : Récessions pluviométriques et dynamique des paysages végétaux dans le bassin du Niger au Bénin (Afrique Occidentale). *Publication de l'association Internationale de Climatologie*, **10**, 297-303.
- Bormann H., Hartmut M., Blume T., Buytaert W., Chirico G.B., Exbrayat J.F., Gustafsson D., Herwig H., Kraft P., Krauß T., Nazemi A., Stamm C., Stoll S., Blöschl G., Flüher H., 2011 : Comparative discharge prediction from a small artificial catchment without model calibration: representation of initial hydrological catchment development, *Wissenschaftlicher Zeitschriftenartikel referiert Die Bodenkultur* **62**-1-4, S. 23-29, 0006-5471.
- Cosandey C., Bigot S., Dacharry M., Gille E., Lagarnier R., Salvador P-G., 2003 : *Les eaux courantes : Géographie et environnement*. Edition Berlin, Paris, 239 pages.
- Dossou-yovo E. R., 2011 : *Impacts des changements climatiques et de la dynamique du couvert végétal sur les ressources en eau dans le bassin de l'Okpara à l'exutoire de Kaboua à l'horizon 2025*. Mémoire de DEA/FSA /Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, 132p.
- Renaud, J., 2004 : *Mise en place du modèle agri-environnemental SWAT sur le bassin versant du Mercube (Haute-Savoie) : Vers une modélisation des transferts de Phosphore*, INRA, 75 p.
- Scanlon, B.R., Levitt D.G., 2005: Ecological controls on water-cycle response to climate variability in deserts. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **102**(17), 6033-6038.
- Sintondji L., 2005 : *Modelling the rainfall-runoff process in the Upper Ouémé catchment (Terou in Benin republic) in a context of global change: extrapolation from the local to the regional scale*. PhD Thesis in Hydrology and Environmental management of the Mathematics and the Natural Sciences Faculty of the University of Bonn.
- Vörösmarty C., Lettenmaier D., Leveque C., Meybeck M., Pahl-Wostl C., Alcamo J., Cosgrove W., Grassl H., Hoff H., Kabat P., Lansigan F., Lawford R., Naiman R., 2004 : Humans transforming the global water system. *Eos*, **85**, 509-520.