



## **EFFETS DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LA POLLUTION DES EAUX DE SURFACE EN REPUBLIQUE DU BENIN**

### **EFFECTS OF AGRICULTURAL PRACTICES ON THE POLLUTION OF SURFACE WATER IN BENIN REPUBLIC**

**LAWANI R. A. N.<sup>1\*</sup>, KELOME N. C.<sup>1,2</sup>, AGASSOUNON DJIKPO  
TCHIBOZO M.<sup>1,3</sup>, HOUNKPE J. B.<sup>2</sup>, ADJAGODO A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Université d'Abomey-Calavi, Institut National de l'Eau, Laboratoire  
d'Hydrologie Appliquée (LHA), Abomey-Calavi (Bénin.)

<sup>2</sup> Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques,  
Département de Géologie, Cotonou (Bénin)

<sup>3</sup> Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques,  
Département de Génétique et des Biotechnologies, Cotonou (Bénin)

*rebecca.lawany@yahoo.fr*

#### **RESUME**

La contamination des eaux de surface et des eaux souterraines dans un bassin versant est surtout due à de mauvaises pratiques agricoles. Celles-ci comprennent l'utilisation excessive d'engrais pour des rendements élevés, les pratiques d'irrigation et d'utilisation des pesticides. Ces pratiques peuvent entraîner des flux d'éléments nutritifs, chimiques, et pathogènes vers les ressources en eau et bouleverser les écosystèmes de façon dommageable. Le Bénin dispose de surfaces agricoles où une agriculture diversifiée est pratiquée. L'utilisation massive d'intrants et de produits phytosanitaires en agriculture, en particulier dans la culture du coton, est une source importante de pollution chimique. Les sédiments, les organismes aquatiques et en particulier les légumes des zones cotonnières du Nord Bénin sont contaminés par les pesticides chlorés. Dans les périmètres maraîchers, les métaux lourds sont retrouvés dans les sols et les eaux. On note également une pollution bactériologique due à la composition des composts utilisés dans ces périmètres.

Le présent article analyse les connaissances scientifiques disponibles concernant les différentes pratiques agricoles et leurs conséquences sur la qualité de l'eau, des sédiments et des ressources halieutiques et propose des pistes de solutions pour réduire les risques de contamination de ces écosystèmes aquatiques.

**Mots-clés :** agriculture, eau de surface, intrants, produits phytosanitaires, pollution

## **ABSTRACT**

The contamination of surface and groundwater in a watershed is mainly due to poor agricultural practices. These include excessive use of fertilizers for high yields, irrigation practices and the use of pesticides. These practices can lead to nutrient flows, chemicals, and pathogens to water resources and disrupt ecosystems. Benin Republic has diverse agricultural areas. Massive use of inputs and pesticides in agriculture, especially in cotton culture is an important source of chemical pollution. Sediments, aquatic organisms and especially vegetables of cotton areas of north Benin are contaminated with chlorinated pesticides. In gardening's perimeter, the heavy metals are found in soil and water. There is also a bacterial pollution due to the composition of compost used in these areas. To remedy this situation, the financial and material resources available need to be strengthened substantially to enable training of farmers and to allow the development of appropriate techniques to prevent and. This article analyzes the available scientific knowledge regarding the various existing agricultural practices in Benin Republic and suggests possible solutions to reduce the risk of contamination of this aquatic ecosystems.

**Key words:** Agriculture, surface water, inputs, crop protection product, pollution

## **INTRODUCTION**

De tous les types de pollution, la pollution agricole retient l'attention du fait de ses effets néfastes sur la qualité et les fonctions des cours d'eaux. Elle représente un cas typique de pollution multiple et généralisée du compartiment aquatique (Calvet *et al.*, 2005). L'utilisation de plus en plus croissante des intrants agricoles contribue dangereusement à la dégradation de la qualité des eaux. Les engrais chimiques contribuent à l'eutrophisation des plans d'eau, par des eaux de ruissellement qui y apportent d'importantes quantités d'éléments

nutritifs (Soclo *et al.*, 2003). Quant aux produits phytosanitaires, leur usage a permis d'améliorer les rendements, la diversité des cultures agricoles et de satisfaire la demande nutritionnelle liée à l'accroissement de la population. Cependant, cette utilisation a provoqué des effets néfastes directs et indirects sur l'environnement et sur l'homme (Katrijn *et al.*, 2007). La plupart des auteurs (Ioannis *et al.*, 2006 ; Keddal et N'dri, 2008 ; Tano *et al.*, 2011) sont unanimes à reconnaître ces impacts. Cette pollution s'observe également dans la plupart des pays africains au Sud du Sahara. Au Bénin, presque tous les plans et cours d'eau connaissent des problèmes de pollution liés aux pratiques agricoles. L'agriculture qui constitue la principale source de nourriture et de revenu, est très active autour des plans d'eau et dans les plaines inondables à la décrue. Les populations, dans le souci d'accroître leur production, augmentent les emblavures, utilisent les engrais chimiques de synthèse, et les produits phytosanitaires, accentuant ainsi la dégradation des composantes environnementales (Dossoumou, 2010). En vue de protéger et de gérer de façon raisonnée les ressources en eau de surface dans le pays, il convient d'avoir une idée sur l'état actuel des différentes masses d'eau et les effets des mauvaises pratiques agricoles. Plusieurs travaux appréhendant cette problématique recourent aux analyses qualitatives des paramètres de pollution et ont montré que les écosystèmes aquatiques du Bénin sont contaminés par des polluants issus de l'agriculture (Adam *et al.*, 2010 ; Gbaguidi *et al.*, 2011 ; Afouda *et al.*, 2013 ; Yehouenou *et al.*, 2014). L'objectif de cette étude est de faire à travers une synthèse bibliographique, une analyse de ces données dans le but de fournir un document référentiel pour que les mesures appropriées pour la protection et le bien-être sanitaire des populations soient prises. Elle présente en un premier lieu le contexte physique et humain de cette étude, la généralité sur l'agriculture au Bénin puis, les différents contaminants dus aux activités agricoles au Bénin. Ensuite, les différents impacts sur la ressource en eau, les espèces halieutiques et les sédiments sont présentés. Enfin, cette revue propose une analyse critique de toutes ces données et des approches de solutions.

## **METHODOLOGIE**

Notre étude est une synthèse des différents travaux qui ont expliqué les impacts des activités agricoles sur la ressource en eau. Les sources d'informations utilisées sont les articles scientifiques publiés, les notes techniques, les thèses et les ouvrages. Les recherches ont porté essentiellement sur les polluants agricoles, les différents types de pollution de la ressource en eau ; la

contamination des plans d'eau et de l'écosystème aquatique associé au Bénin et dans la sous-région.

## CONTEXTE PHYSIQUE

La République du Bénin est un pays situé en Afrique de l'Ouest sur la côte du Golfe de Guinée. Avec ses 114 763 km<sup>2</sup> de superficie, le Bénin se situe entre la longitude 0°45' et 4°Est, et la latitude 6°25' et 12°30'Nord. Il partage ses frontières terrestres avec le Togo à l'Ouest, le Nigéria à l'Est, le Niger et le Burkina Faso au Nord. Il s'étend sur 670 kilomètres de la côte Atlantique au Sud vers le fleuve Niger au Nord. Sa façade sur l'Océan Atlantique (frontière maritime) s'étend sur 122 km d'Est en Ouest. Le Bénin est caractérisé par un climat tropical subhumide (Zannou, 2011). Il bénéficie d'un réseau hydrographique assez diversifié comportant une façade maritime de 120 km dans le Golfe de Guinée, un réseau fluvial relativement dense, un chapelet presque ininterrompu de lacs sublittoraux et de lagunes côtières, de lagunes (330 km<sup>2</sup>) et une immense plaine d'inondation (Lawani *et al.*, 2014).

## CARACTERISTIQUES DE L'AGRICULTURE AU BENIN

Le Bénin est un des pays les moins avancés (PMA) du monde dont l'économie est fortement tributaire du secteur agricole. Ce dernier contribue pour environ 36% à la formation du Produit Intérieur Brut, à plus de 85% aux recettes d'exportation officielles et occupe les  $\frac{3}{4}$  de la population active (Soulé, 2012). La production est assez diversifiée. On distingue les productions vivrières dont les principales spéculations sont les céréales (maïs, sorgho, mil et riz), les racines et tubercules (igname, manioc et patate douce) et les légumineuses (niébé, arachide, soja et voandzou) ; les productions maraîchères, qui ne couvrent pas les besoins en légumes de grande consommation du pays, subissent des fluctuations inter saisonnières assez marquées. Les productions fruitières (agrumes, mangues, ananas, banane) connaissent un regain ces dernières années grâce à la transformation artisanale. Les cultures d'exportation sont largement dominées par le coton qui connaît un déclin drastique en passant de 427.000 tonnes durant la campagne 2004-2005 à moins de 200.000 tonnes en 2011-2012 (FAO, 2012). La culture du coton constitue la plus grande partie de la production primaire et des exportations du pays. Il fournit près de 70 milliards de Francs CFA à environ 2 millions de producteurs, procure 80% des recettes d'exportation et contribue à 3,8% au produit intérieur brut au Bénin

(Togbé *et al.*, 2014). Sur le plan industriel, il représente environ 60 % du tissu industriel béninois et génère plus de 3 500 emplois. Le coton représentait 38,7% des recettes d'exportations en 2013 malgré une forte régression due aux difficultés de gestion de la filière et à la baisse mondiale des cours. Dans le domaine des cultures de rente, le pays tente une politique de diversification des produits d'exportation à travers les filières noix de cajou et ananas (Soulé, 2012). L'anacardier et le palmier à huile pourraient redevenir de nouveaux créneaux porteurs pour les producteurs (FAO, 2012).

## **FERTILISANTS ET IMPACTS SUR LES RESSOURCES EN EAU**

Les fertilisants sont définis comme étant l'ensemble des amendements apportés aux terres pour assurer aux plantes des compléments d'éléments nutritifs nécessaires à leur croissance, de manière à améliorer et augmenter le rendement et la qualité des cultures (Keddal et N'dri, 2008). Les engrais organiques sont essentiellement d'origine animale ou végétale. Les engrais chimiques les plus utilisés sont le nitrate d'ammonium, le nitrate de calcium, le sulfate d'ammonium et l'urée. La pollution des eaux d'origine agricole liée aux fertilisants est généralement liée aux nitrates ou aux phosphates. Les engrais organiques ou minéraux, lorsqu'ils sont appliqués en trop grande quantité par rapport aux besoins des plantes et à la capacité de rétention des sols, sont des causes majeures de la pollution de l'eau potable, liée à la toxicité des nitrates ou de l'eutrophisation des eaux douces et marines à travers le lessivage des éléments solubles, soit vers la nappe phréatique, soit vers les cours d'eau par ruissellement (Keddal et N'dri, 2008). L'enrichissement de l'eau en raison des éléments nutritifs peut donner lieu à des proliférations d'algues toxiques, de plantes aquatiques qui contaminent l'eau potable et nuisent à la vie aquatique, provoquer l'appauvrissement des masses d'eau en faune et en flore, autant de conséquences pouvant exacerber le risque de résurgence des conflits intra-usagers (Smith et Schindler, 2009). L'utilisation des engrais organiques à savoir les composts peut conduire également à une pollution bactériologique si ces composts (déjections animales et humaines, résidus de récolte etc.) ne sont pas bien traités (Adjagodo *et al.*, 2016). De par leur origine métabolique (déjections animales), ces matières organiques en dehors des germes bactériologiques, donnent assez de nitrates lors de la minéralisation (MAF, 2001). L'apport de nitrate dans les eaux de surface n'est pas seulement lié à l'utilisation des engrais chimiques mais aussi à l'utilisation des déjections animales et humaines en agriculture.

L'utilisation massive d'intrants est une source importante de pollution chimique au Bénin. Environ 22.750 tonnes d'engrais minéraux destinés à la cotonculture sont importés par an au Bénin (CountryStat, 2011). Pendant la campagne agricole 2007-2008, environ 64,5 milliers de tonnes d'engrais minéraux ont été utilisés (Towanou, 2012). Plus de 50% de la quantité de ces intrants n'a pas été valorisée par les plantes et serait drainée finalement par ruissellement vers les cours et plans d'eaux du pays. En 2011, à travers la campagne agricole 2010-2011, 43.914.300 kilogrammes d'engrais ont été utilisés sur le plan national (Towanou, 2012). Ces mauvaises pratiques de fertilisation minérale et organique des cultures affectent la qualité physico-chimique des eaux de surface par des concentrations élevées en phosphates, en nitrates mais aussi en sulfates.

## **FLUX DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES VERS LA RESSOURCE EN EAU**

L'utilisation de produits phytosanitaires «insecticide, herbicide et fongicide» est destinée à maîtriser le développement d'organismes cibles tels que les parasites et les moisissures. Les agriculteurs utilisent ces produits pour améliorer ou maintenir les rendements en éliminant ou en réduisant aussi bien la compétition avec les mauvaises herbes que les attaques de ravageurs (Keddal et N'dri, 2008). Le milieu aquatique est le réceptacle final de tous ces biocides qui peuvent s'y trouver sous forme dissoute, déposés sur les sédiments ou encore accumulés dans les chaînes trophiques (Ernoul, 2009). La contamination des eaux dépend essentiellement des propriétés du pesticide, des caractéristiques du sol, des conditions climatiques mais aussi de la distance du site d'application à la source d'eau. Sa distribution spatiale et temporelle est fonction des schémas d'exploitation de la terre et des pesticides utilisés (Diop, 2013). Le nettoyage du matériel de pulvérisation dans certains points d'eau est également un facteur de risque pour cette ressource (Devez, 2004). Plusieurs facteurs interviennent dans le transfert des pesticides vers les cours d'eau, mais le contenu en eau du sol ainsi que l'intensité et la durée des précipitations suivant les épandages influencent grandement la quantité transportée par ruissellement (Gouy *et al.*, 2008). On estime que le taux de transfert de pesticides excède rarement 2 % de l'application à la parcelle et 0,5 % à l'échelle du bassin versant (Gouy *et al.*, 2008). Mais ces quantités marginales suffisent à entraîner une contamination des cours d'eau au-dessus des normes en vigueur pour les eaux brutes destinées à la production d'eau potable et peuvent être un facteur déclassant dans la grille du système d'évaluation de la qualité des eaux des agences de l'eau pour les eaux de surface (Gouy *et al.*, 2008). Il est donc important de chercher à les

limiter. La gestion et l'utilisation très peu rigoureuses de ces pesticides constitue également une menace pour le maintien de la biodiversité, de la productivité des écosystèmes naturels, de la qualité sanitaire des produits halieutiques et de la santé des producteurs et des consommateurs.

**Tableau 1 : Synthèse des impacts négatifs potentiels de l'utilisation des pesticides**

Composante	Nature de l'impact
<b>Sol</b>	Baisse de la Fertilité ; Acidification ; Pollutions (P ; K <sup>+</sup> ; Pb <sup>++</sup> ; Zn <sup>++</sup> ; Mn <sup>++</sup> , Métaux lourds)
<b>Eau</b>	Pollutions par les Nitrates, Pollution par l'Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Pollution par les métaux lourds (Pb, Zn, Mn,) et autres composés toxiques Eutrophisation
<b>Santé humaine</b>	Intoxication aigue Empoisonnement Décès Baisse du taux de cholinestérase Baisse de la fécondité Perturbation du cycle endocrinien

## PRODUITS PHYTOSANITAIRES UTILISES AU BENIN

Au Bénin, les types de pesticides les plus utilisés sont les insecticides et les herbicides. La contamination des eaux par ces pesticides est, soit ponctuelle lors de la manipulation des produits, du remplissage ou du rinçage des pulvérisateurs, soit diffuse après l'application des produits par ruissellement vers les eaux de surface (Soclo, 2003 ; Yehouéno, 2005). La contamination des cours d'eau vient également de l'utilisation directe pendant la période des basses eaux par les pêcheurs, de pesticides organochlorés, notamment de l'endosulfan, du dichloro diphenyl trichloroéthane (DDT), de l'endrine pour capturer des poissons (Soclo, 2003 ; Yehouéno, 2005). Ces insecticides organochlorés dits «de première génération» ont été massivement utilisés dans la lutte chimique contre les ravageurs du caféier, du cacaoyer et du cotonnier (Kolani *et al.*, 2003). Les pesticides organochlorés avaient été recommandés au Bénin dans les années 1960 (DDT, endosulfan lindane, dieldrine, heptachlore, etc.) et de 1999 à 2007, l'endosulfan a été recommandé pour le contrôle des ravageurs du cotonnier (Adam, (2005) Agbohessi *et al.*, (2012)). Mais

l'endosulfan a été retiré du programme de traitement phytosanitaire du cotonnier au niveau de la sous-région Ouest-africaine depuis 2007, en raison de ses nuisances sur l'environnement et les populations humaines (Mbaye, 2008). Il est remplacé par une nouvelle formule phytosanitaire appelée TIHAN 175 O-TEQ. Cependant, en dehors de ces périodes, l'utilisation illicite de certaines molécules de pesticides organochlorés a été signalée dans le bassin cotonnier béninois comme dans les zones cotonnières de la sous-région Ouest-africaine notamment au Togo où il reste autorisé (Mawussi, 2008). L'endosulfan est encore très utilisé à travers le Thionex 350 CE et le Cotofan 350 CE (Agbohessi *et al.*, 2011). Parmi les pesticides utilisés, les pyréthrinoïdes, les aminophosphates et les triazines occupent aussi une place de choix (Gbaguidi *et al.*, 2011). Le glyphosate [N-(phosphonométhyl) glycine] est le seul des aminophosphates utilisé en agriculture au Bénin. S'agissant de la famille des triazines, c'est l'atrazine qui est utilisé. L'usage rapporté pour l'atrazine au Bénin est son action herbicide pour des usages agricoles (désherbage des champs de culture) (CNAC, 2007). Les matières actives des pesticides les plus retrouvées dans le bassin cotonnier du Bénin sont le glyphosate, l'atrazine, le flubendiamide, le spirotétramate et les pyréthrinoïdes (Emamectine, Cyfluthrine, Cyperméthrine, Betacyfluthrine) (Adechian *et al.*, 2015). Le coton est la culture qui reçoit la plus grande quantité de pesticides. Pendant la campagne agricole 2007-2008, environ 1,2 millions de litres de pesticides ont été utilisés (PNE, 2010). Au cours de la seule campagne agricole 2008-2009, pour produire 210 000 tonnes de coton, plus de 1000 000 litres de pesticides chimiques ont été utilisés (CSPR, 2010). Pour la campagne agricole 2010 - 2011, l'Alibori, le département le plus producteur de coton, a consommé 1.046.779 litres de pesticides, tous produits confondus, sur 1.448.289 litres au plan national.

## **IMPACTS DU MARAICHAGE SUR LA RESSOURCE EN EAU**

Le Bénin fait partie des nombreux pays en développement au Sud du Sahara, où le maraîchage urbain et péri urbain est pratiqué en zones côtières. On y dénombre plusieurs sites maraîchers : le périmètre maraîcher de "Houéyiho", le site maraîcher de "Kouhounou" à Cotonou, les sites maraîchers de Sèmè-kpodji, Ouidah, Grand-Popo, Djougou et Parakou. Le maraîchage se pratique également dans les marécages, à proximité de quelques barrages et autour des puits, en l'occurrence le maraîchage péri-urbain et villageois. Les cultures maraîchères jouent un rôle important dans l'alimentation des habitants et la prévention des maladies carencielles telles que l'anémie, l'avitaminose. Elles

contribuent également à rentabiliser l'élevage de volailles par l'utilisation de la fiente produite par les fermes d'élevage (Yehouenou *et al.*, 2010). Elles sont en grande partie destinées au marché local. Dans le souci de satisfaire une demande sans cesse croissante en ces produits, les maraîchers utilisent de grandes quantités d'engrais minéraux et de pesticides chimiques. Cette pratique n'est pas sans répercussion sur la qualité de ces produits, sur la ressource en eau et sur les producteurs et les consommateurs qui sont exposés à un risque sanitaire permanent. Plusieurs études démontrent une contamination bactériologique, chimique par l'azote et le phosphore, et une contamination métallique des points d'eaux présents sur ces sites de maraîchage. Au Sud du Bénin, sur le périmètre maraîcher de "Houéyihou" situé dans la ville de Cotonou, des coliformes totaux, fécaux et des streptocoques fécaux ont été trouvés dans l'eau d'irrigation (Agbossou *et al.*, 2003). La présence de ces colonies de germes d'origine fécale dans les eaux illustre une source de contamination fécale. Des traces de fer, de plomb, de cadmium, de zinc et de cuivre ont été détectées dans l'eau d'irrigation (Agbossou *et al.*, 2003 ; Yehouenou *et al.*, 2010). Les teneurs élevées en nitrates (0,8 à 4,0), ammonium (0,01 à 0,5646) et phosphates (2,02 et 10,86 mg/l) relevées, témoignent des fortes charges de matières organiques des eaux de ce périmètre et indiquent le risque potentiel d'eutrophisation. Sur ce site, la présence de nitrate et d'ammonium s'explique par le lessivage des déchets azotés (urée, fiente de poulets et fèces de porc) utilisés par les maraîchers pour amender les planches et également par la présence d'excréta humains du fait de l'absence de latrines sur les différents sites maraîchers. Au Sud-Ouest du Bénin, dans le département du Mono, Agoué et Grand-Popo sont deux villes où le maraîchage sous irrigation avec les eaux souterraines connaît un essor depuis les années 1990. Des teneurs moyennes en nitrates (135 mg/l) dépassant la norme préconisée par l'Organisation Mondiale de la Santé dans l'eau d'irrigation ont été dosées (Atidéglà et Agbossou, 2010). Pour ce qui est des bactéries fécales, les nombres moyens en coliformes fécaux (78) et streptocoques fécaux (123) à Grand-Popo et (591) et (341) à Agoué, dépassent la norme Béninoise de 0 germe par millilitre d'eau. Les eaux utilisées pour l'irrigation sur cinq sites maraîchers de la ville de Parakou dans le Nord du Bénin, sont également polluées. Cette pollution est caractérisée par des teneurs élevées de matières en suspension, de nitrates, de nitrites (19,5 à 67,7 mg/l), de coliformes totaux (> 2000/ml), d'entérobactéries comme *Escherichia coli*, la présence de kystes de protozoaires (*Entamoeba coli*, *Giardia intestinalis*, *ankylostomes*) et des œufs d'helminthes (*Hymenolepis nana*) (Afouda *et al.*, 2013). Ces nuisances liées à la production maraîchère ont été également documentés dans plusieurs pays d'Afrique tropicale (Cissé *et al.*, 2003 ; Obopile *et al.*, 2008 ; Williamson *et al.*, 2008).

## IMPACTS DE LA CULTURE DU COTON SUR LA CONTAMINATION DES EAUX DE SURFACE AU BENIN

Le coton est le produit agricole le plus vulnérable face aux assauts des insectes et autres ravageurs. Principale culture de rente, sa rentabilité exige le recours à l'usage de produits chimiques tels que les engrais minéraux pour la fertilisation des sols et les pesticides pour la lutte contre les adventices et le traitement phytosanitaire des plantes. Des engrais et des pesticides qui ont des effets immédiats et à long terme néfastes sur les producteurs, sont utilisés et conduisent parfois à la mort des agriculteurs (Banque Mondiale, 2004). Plusieurs études réalisées pour la détermination du niveau actuel de contamination des eaux du bassin cotonnier béninois démontrent la pollution des eaux et sédiments par les différentes classes de pesticides. Dans la commune de Djidja, dans le bassin du Mono, les champs de coton et autres cultures sont parfois installés non loin des berges du fleuve Couffo et sont traités avec des pesticides (Aïkpo *et al.*, 2015). Ainsi les eaux de ce fleuve présentent une contamination par le glyphosate, le profénofos, l'acétamipride et par la cyperméthrine (Aïkpo *et al.*, 2015). Le bassin de l'Ouémé à l'exutoire de Bétérou au Nord du Bénin, enregistre des pollutions par le nitrate et le potassium. Cette pollution est due entre autres à l'apport de potassium, calcium, nitrate, sulfate, ammonium et phosphates par les engrais chimiques (Akognongbe *et al.*, 2014). Dans le département des collines, des concentrations de résidus de pyréthrinoïdes, d'aminophosphates et de triazines au-dessus des normes de qualité de l'eau de boisson admises par l'Union Européenne ont été trouvés dans l'eau de la rivière Agbado, un affluent du fleuve Zou, (Gbaguidi *et al.*, 2011). En saison pluvieuse, dans l'eau, les taux obtenus varient de 0,05 ppb (part per billion) à 0,475 ppb pour l'atrazine, de 0,10 à 1,316 ppb pour le glyphosate et de 0,75 à 4,450 ppb pour les pyréthrinoïdes. De même, les eaux de surface en zones de culture de coton du Nord Bénin sont contaminées par des résidus de pesticides à des teneurs de 1790 ng/L (nanogramme par litre) de pesticides organochlorés totaux (POCs) dans les rivières contre 530 ng/L dans les mares (Soclo *et al.*, 2003). Des taux de nitrates par endroits au-delà du seuil admissible pour l'eau de boisson ou d'abreuvement ont été observés avec une moyenne de 59,42 mg/L dans la Réserve de biosphère du parc W d'une part, et pour une moyenne de 22,15 mg/L dans celle de la Pendjari. Les taux de phosphates relativement élevés par endroits expliquent la prolifération de plantes flottantes observée sur certains plans d'eau de ces réserves du fait d'un début d'eutrophisation mares (Soclo *et al.*, 2003). L'endosulfan est présent dans la quasi-totalité des échantillons d'eau dans le complexe du W et dans celui de

la Pendjari. Ces plans d'eau sont alors de qualité médiocre. Agbohessi *et al.*, (2012) viennent confirmer ces résultats par les taux alarmants d'endosulfan, de dichloro diphényl trichloroéthane (DDT), de dieldrine et d'heptachlore trouvés dans les eaux du parc W. La valeur maximale en DDT trouvé dans le parc W (100 mg/L) est de loin supérieure aux normes de qualité d'eau potable au Bénin (30 mg/L) fixé par le décret n° 2001-094 du 20 février 2001. Les teneurs en endosulfan des eaux de ce parc (58 à 746 mg/L) sont très alarmants. Elles sont supérieures à celle de la directive du Conseil de l'Union européenne fixée à 0,1 mg/L (EU, 1998). Les concentrations en dieldrine (1 à 48 mg/L) trouvées comparées aux normes de l'OMS et de l'Union européenne (0,03 mg/l) (EU, 1998 ; WHO, 1998) sont très élevées. En outre, le fleuve Ouémé, le lac Nokoué ainsi que la lagune de Cotonou, contiennent une vingtaine de pesticides (Yèhouenou (2005)). Les pesticides les plus présents sont l'Endosulfan, l'Aldrine, le Dieldrine et l'Hexachlorocyclohexane sur la vingtaine identifiée (Yèhouenou (2005)). Ces pesticides (endosulfan, DDT et produits de dégradation) sont ceux suspectés d'être cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction et sont classés dangereux prioritaires. Les plus rémanents tels que l'endosulfan restent déposés sur les sédiments ou encore accumulés dans les chaînes trophiques (Ernoul, 2009). Les organismes aquatiques sont par conséquent en permanence exposés aux résidus de pesticides dont certains peuvent persister plusieurs années dans le milieu.

## **IMPACTS DE LA CULTURE DU COTON SUR LA CONTAMINATION DES RESSOURCES EN EAU EN AFRIQUE**

Certains travaux menés en Afrique de l'Ouest confirment cette pollution apportée par la culture cotonnière. Une analyse des eaux de surface dans la zone d'agriculture de coton de Boromo, région du Sud-Ouest du Burkina-Faso, montre que 33% des prélèvements d'eau de surface ont donné des teneurs dépassant la valeur limite admise en potassium (Koné *et al.*, 2009). Dans la boucle du Mouhoun, région d'intense activité cotonnière burkinabé, la contamination des eaux par les résidus d'endosulfan et d'aldrine a été évaluée sur quatre sites par Tapsoba et Bonzi-coulibaly, (2006). D'une façon générale, on constate pour les quatre sites une présence systématique d'endosulfan et d'aldrine dans les eaux de puits, de forage et dans les eaux de surface. En Tanzanie, des fortes concentrations supérieures à 2,00 mg/L de résidus de pesticides organochlorés dans les eaux de zones agricoles, ont été observées (Kishimba, 2005). Les sédiments également subissent cette pollution. Mavura et Wangila (2004) ont détecté dans les sédiments du Lac Nakuru au Kenya des

teneurs de résidus de pesticides au-dessus de la norme requise dans les sédiments (0,43 µg.kg-1 de DDT, 123 µg.kg-1 de DDD, 4,47 µg.kg-1 de DDE, 316 µg.kg-1 d'heptachlore et 8,26 µg.kg-1 d'aldrine. Au vu de ces études, la culture du coton constitue une menace pour l'écosystème, et la biodiversité aquatique.

## CONTAMINATION DE LA RESSOURCE HALIEUTIQUE

Dans les écosystèmes aquatiques, les poissons situés à des niveaux supérieurs de la chaîne trophique, constituent des cibles par excellence de divers polluants. Ainsi, dans un milieu contaminé, les poissons absorbent directement via l'eau, par diffusion au travers des branchies ou de la peau et/ou indirectement à partir de nourriture contaminée plus de polluants qu'ils ne peuvent en éliminer naturellement (Abarnou *et al.*, 2000). Il en résulte une rétention durable des substances toxiques dans les tissus de l'animal (viscères, chair, squelette), parfois amplifiée tout au long de la chaîne alimentaire (Ernoul, 2009), et pouvant représenter un certain niveau de risque pour le poisson lui-même, ou encore ses prédateurs ou consommateurs. L'impact de ces matières actives sur les ressources halieutiques a été mis en évidence par Glin *et al.*, (2006) qui ont signalé la présence de résidus de pesticides de synthèse chimique dans les espèces animales aquatiques des cours d'eau des zones de forte production cotonnière. Yehouenou (2005) souligne la contamination de quatre espèces et neuf variétés de poissons pêchés dans le fleuve Ouémé, le lac Nokoué ainsi que dans la lagune de Cotonou en aval par une vingtaine de résidus de pesticides. Des analyses sur des tilapias *Sarotherodon melanotheron* males capturés le long du fleuve Ouémé ont montré la présence de lindane, de dieldrine, d'heptachlore. Chez les poissons, les crabes et les amphibiens qui ont été recueillis dans la rivière Kiti dans le département du Zou en République du Bénin, les composés comme le DDT et l'endosulfan ont atteint des niveaux élevés de 403 ng / g de lipides (Yehouenou *et al.*, 2014). Une étude effectuée par Imorou Toko *et al.*, (2014) sur l'effet du TIHAN 175 O-TEQ sur les paramètres physiologiques de reproduction des géniteurs de *Clarias gariepinus* exposés à des doses chroniques a montré des baisses significatives du taux d'hémoglobine et du taux d'hématocrite chez les géniteurs exposés. Les concentrations du plasma en Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, P et Fe<sup>2+</sup> des géniteurs exposés au TIHAN pendant 45 jours ont été également significativement affectées exposant ainsi les géniteurs à un déséquilibre des métabolismes de l'organisme. Dans les autres pays d'Afrique de l'Ouest, les mêmes résultats ont été obtenus. Les résidus d'organochlorés ont été décelés dans les poissons des milieux lagunaires et marins de la Côte

d'Ivoire, du Zimbabwe, et du Nigéria. Les données récentes montrent une contamination des poissons du lac Nakuru au DDD, au DDE, en lindane et en heptachlore (Mavura et Wangila, 2004).

## **SYNTHESE DES FLUX DES POLLUANTS LIES AUX ACTIVITES AGRICOLES ET SOLUTIONS PRECONISEES**

Les données présentées permettent d'affirmer que l'agriculture au Bénin s'heurte à de fortes contraintes. Les travaux antérieurs ont révélé l'existence de pratiques d'utilisation courante d'engrais chimique et organique et de pesticides organochlorés par les producteurs au Bénin, notamment l'utilisation d'endosulfan, de DDT et de ses dérivés. Ces études montrent que les eaux sont polluées par les nitrates qui proviennent de l'utilisation excessive d'engrais minéraux. Par ailleurs, l'agriculture contribue à la détérioration de la qualité bactériologique de l'eau des périmètres maraîchers, soit par l'entreposage inadéquat des engrais organiques, soit lors de leur épandage. Cette pollution microbiologique est engendrée par les actions conjuguées des excréta humains et animaux dont notamment la volaille, les bœufs et les porcs. Plusieurs études ont permis de déceler la présence d'un nombre élevé de pesticides dans tous les compartiments des écosystèmes aquatiques, dans les différents bassins. Des dépassements fréquents du critère de protection de la vie aquatique (toxicité chronique) pour les pesticides organochlorés et organophosphorés ont été observés.

## **MESURES D'ATTENUATION**

Il existe plusieurs méthodes et techniques pour atténuer les pressions agricoles ou leurs effets sur l'environnement. L'élaboration de plans de fertilisation en tenant compte de plusieurs paramètres (sol, culture, engrais de ferme et minéraux, période et technique d'épandage, équipement, etc.), les techniques culturales et de protection des berges et des cours d'eau, la rationalisation de l'usage des pesticides par la lutte intégrée aux organismes nuisibles sont autant de moyens qui peuvent réduire la pollution d'origine agricole et protéger les milieux aquatiques. Une action préventive consiste à éviter les risques de pollution ponctuelle ou diffuse, en résolvant le problème à sa source. Pour ce faire, les pouvoirs publics devront combiner différents outils réglementaires, économiques, technologiques, à savoir : la mise en place des systèmes de suivi de la qualité des eaux dans les zones irriguées, la sensibilisation et la formation

des agriculteurs pour la maîtrise des techniques d'irrigation, de gestion des eaux de drainage et pour l'adoption des techniques culturales rationnelles en matière d'utilisation d'intrants, l'adoption de mesures réglementaires sur la vente, les conditions efficaces d'utilisation, les limites de dosage ainsi que les périodes d'application des fertilisants et des produits phytosanitaires, la promotion de solutions alternatives aux insecticides chimiques, la mise en application de taxes aux agriculteurs pollueurs de l'environnement et d'incitations économiques à ceux ayant des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement.

## **PERSPECTIVES**

La plupart des études réalisées au Bénin ont été menées par acquisition des données socio-anthropologiques et qualitatives. A l'échelle du bassin versant, l'utilisation des modèles hydrologiques et de transfert de nutriments, couplés à un SIG, pourraient permettre à terme d'analyser et de caractériser spatialement les systèmes agricoles et les contraintes en jeu, d'évaluer les pressions polluantes, de définir des zones homogènes de risque. Ces outils ont déjà été développés par des organismes de recherches. Leur implémentation au niveau des pays en développement, particulièrement au Bénin, seraient une grande avancée dans la recherche pour la gestion des eaux de surface. Par ailleurs, peu d'études ont été réalisées sur l'impact de ces contaminants sur les plantes aquatiques. Les métaux lourds et les résidus de pesticides doivent être dosés dans la jacinthe d'eau et les algues présentes sur les différents plans d'eau afin de mesurer leur niveau de contamination. Les études pour promouvoir les méthodes alternatives telles que la lutte physique par filets anti-insectes pour la protection des cultures maraichères, l'usage d'extraits aqueux et de biopesticides, sont également des enjeux ou pistes pour les chercheurs.

## **CONCLUSION**

À travers cette synthèse bibliographique, il ressort que la pollution des cours et plans d'eau due aux activités agricoles est une réalité au Bénin. Elle entraîne la dégradation des ressources en eau et des écosystèmes associés, avec des conséquences et des impacts multiformes sur la santé humaine et le développement socio-économique. Les mauvais usages d'engrais et de pesticides entraînent de graves conséquences sur la faune, la flore ainsi que les ressources en eau. De même, les agriculteurs, éleveurs, pêcheurs en payent un lourd tribut allant parfois jusqu'à la mort. En Afrique (Burkina-Faso, Togo,

Niger...etc) en général et plus particulièrement au Bénin, beaucoup reste à faire notamment, la sensibilisation des populations sur les dangers que revêt la pollution des eaux, des sols, des ressources halieutiques et des légumes à partir des activités agricoles. Par conséquent, des mesures doivent être prises pour sensibiliser les populations, mobiliser les équipements et les ressources financières et pour définir de nouvelles pratiques et technologies efficaces permettant le respect de l'environnement. L'enjeu est aujourd'hui d'innover et de soutenir l'innovation dans de nouvelles pratiques qui permettent à la fois de produire à des rendements suffisants pour assurer un revenu décent aux agriculteurs tout en respectant l'équilibre des milieux naturels.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- ABARNOU A, BURGEOT T, CHEVREUIL M, LÉBOULENGER F, LOIZEAU V, MADOULET-JAOUEN A, MINIER C, 2000. Les contaminants organiques : quels risques pour le monde vivant ? Ed. Ifremer. 35 p.
- ADAM S, EDORH A, TOTIN H, KOUMOLOU L, AKLIKOKOU K, 2010. Pesticides et métaux lourds dans l'eau de boisson, les sols et les sédiments de la ceinture cotonnière de Gogounou, Kandi et Banikoara (Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4, 1170–1179.
- ADECHIAN S. A, BACO M. N, AKPONIKPE I, TOKO I. I, EGAH J ET AFFOUKOU K, 2015 « Les pratiques paysannes de gestion des pesticides sur le maïs et le coton dans le bassin cotonnier du Bénin », *Vertigo* Volume 15,2.
- ADJAGODO A, AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO M, C. KELOME AHOUANGNIVO N., LAWANI R. 2016. Flux des polluants liés aux activités anthropiques et risques sur les ressources en eau de surface à travers le monde (synthèse bibliographique). *Larhyss Journal*, 28, 7-23.
- AFOUDA L, AGOSSOU J, AEEDEMYADEDEMY D, N'DA TIDO C, FAYOMI B, 2013. Evaluation de la qualité de l'eau utilisée pour la production maraîchère, et de l'effet de cette eau sur la santé de la population dans la ville de Parakou au Bénin. *European Journal of Scientific Research*. Vol. 115, 3, 501-508.
- AGBOHESSI T, TOKO I, YABI A, DASSOUNDO-ASSOGBA, C, KESTEMONT, P, 2011. Caractérisation des pesticides chimiques utilisés en production cotonnière et impact sur les indicateurs économiques dans la Commune de Banikoara au nord du Bénin, 5, 1828–1841.
- AGBOHESSI T, TOKO I, KESTEMONT P, 2012. État des lieux de la contamination des écosystèmes aquatiques par les pesticides organochlorés dans le Bassin cotonnier béninois. *Cahiers Agricultures*, 21 (vol 1), 46–56.

- AGBOSSOU E, SANNY S, ZOKPODO B, ABAG J, 2003. Evaluation qualitative de quelques légumes sur le périmètre maraîcher de Houéyiho, à Cotonou au sud-Bénin - Slire. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, (42) 1-12.
- AÏKPO H, CHABI B, AYI V, KOUMOLOU L, HOUSSOU C, ET EDORH P, 2015. Evaluation de la contamination des eaux du fleuve Couffo dans la zone cotonnière de Djidja (Bénin) par les pesticides. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* vol 9, 3, 1725-1732.
- AKOGNONGBE A, MAMA D, VISSIN E, BOKO, M, 2014. Dynamique saisonnière de la qualité physico-chimique des eaux de surface dans le bassin de l'Ouémé à l'exutoire de Bétérou. *Ivoir. Sci. Technol.*, 24, 278 – 298.
- ATIDEGLA S, AGBOSSOU E, 2010. Pollutions chimique et bactériologique des eaux souterraines des exploitations maraîchères irriguées de la commune de Grand-Popo : cas des nitrates et bactéries fécales. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol 4, 2, 327-337.
- Banque mondiale, 2004. Reformes du secteur du coton : une analyse de la pauvreté et de l'impact social. Rapport 29951, p. 80.
- CALVET R, BARRIUSO E, BEDOS C, BENOIT P, CHARNAY M.P, COQUET Y, 2005. Les pesticides dans le sol : Conséquences agronomiques et environnementales. Editions France Agricole, 637 p.
- CNAC (Comité National d'Agrément et de Control des produits phytopharmaceutiques), 2007. Liste des produits phytopharmaceutiques sous autorisation provisoire de vente (APV) et agrément homologation (AH). Bénin, Porto-Novo, p.9.
- CountryStat, 2011. Système statistique du Bénin. [www.countrystat.org/country/BEN](http://www.countrystat.org/country/BEN)
- CSPR (Centrale de Sécurisation des Paiements et Recouvrements), 2010. Evolution de la Production Cotonnière au cours des 20 dernières années au Bénin, Fiche Récapitulative (Bénin) : Presse du CSPR : Cotonou.
- DESVALS L, CORNU A, FERNANDES P, WILLINE A, HAGEN M, 2004. Assises de la recherche française dans le Pacifique, Nouméa, Nouvelle Calédonie, 24-27.
- DEVEZ A, 2004. Caractérisation des risques induits par les activités agricoles sur les écosystèmes aquatiques. Thèse de l'ENGREF : Centre de Montpellier, 269p.
- DIOP AMADOU, 2013. Diagnostic des pratiques d'utilisation et quantification des pesticides dans la zone des Niayes de Dakar (Sénégal). Université du Littoral Côte d'Opale. /[tel.archives-ouvertes.fr/tel-00959895](http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00959895).241p.
- DOSSOU B, 2002. Pollution des cours d'eau et plans d'eau par eutrophisation au Bénin. Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi/Bénin. p. 4.
- DOSSOUMOU J, 2010. Implications environnementales de la pression humaine sur les terroirs villageois des communes de Glazoué et Dassa-Zoumè. Mémoire de DEA de Géographie et Gestion de l'environnement, Université d'Abomey-Calavi UAC, 92p.
- ERNOULT E, 2009. Etude de la contamination des bassins versants du layon et de l'aubance par les produits phytosanitaires et de leur bioaccumulation potentielle

- chez le poisson d'eau douce. Mémoire pour le Master Eau Santé Environnement, Option Qualité des écosystèmes aquatiques, 76 p.
- European Union (EU), 1998. Directive on the quality of water intended for human consumption, 98/83/EC. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- FAO BENIN (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), 2012. Cadre de Programmation Pays (2012-2015) Cotonou (Bénin) ,61p.
- GBAGUIDI M. A. N, SOCLO H. H, ISSA, Y. M, FAYOMI B, DOGNON R, AGAGBE A, BONOU C, 2011. Evaluation quantitative des résidus de pyréthrinoides, d'aminophosphate et de triazines en zones de production de coton au Bénin par la méthode ELISA en phase liquide : cas des eaux de la rivière Agbado. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* vol 5, 4, 1476-1490.
- GLIN L, KUISEAU J, THIAM A, VODOUHE D. S, DINHAM B, FERRIGNO S, 2006. Living with Poison: Problems of Endosulfan in West Africa cotton growing systems. Pesticide Action Network, United Kingdoms.
- IOANNIS K. K, DIMITRA G. H, TRIANTAFYLLOS A. A, 2006. The status of pesticide pollution in surface waters (rivers and lakes) of Greece. Part I. Review on occurrence and levels. *Environ. Pollu.* 141: 555-570.
- KATRIJN M, PIET S, PETER A.V, 2007. Monitoring and modelling pesticide fate in surface water at the catchment scale. *Ecological Modelling*, 209, 53-64.
- KEDDAL H, YAO N'DRI J, 2008. Impacts de l'intensification agricole sur la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines. *Revue HTE*, 138, 13-28.
- KISHIMBA M, 2005. International workshop on pesticides and other organic pollutants in Africa-monitoring and mitigation, Ouagadougou, Burkina-faso. 24-29.
- KOLANI EG, BABA G, NENONENE AY, AMOUZOU E. 2003. Rapport d'inventaire national préliminaire des quantités de pesticides POPs au Togo, p. 31.
- LAWANI L, ADANDEDJAN D, D'ALMEIDA F, CHIKOU A, FOUSSENI A, LALEYE P, 2014. Etude de la pollution par le plomb des eaux, des sédiments et des crevettes du lac Nokoué au Bénin. *Cahiers du CBRST*, 5, 385-403.
- MAWUSSI G, 2008. Bilan environnemental de l'utilisation de pesticides organochlorés dans les cultures de coton, café et cacao au Togo et recherche d'alternatives par l'évaluation du pouvoir insecticide d'extraits de plantes locales contre le scolyte du café (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Thèse de doctorat : Université de Toulouse, France, p. 174.
- MBAYE D. F, 2008. Interdiction de l'Endosulfan dans les Pays du Sahel en Afrique de l'Ouest. Rapport de Consultation, Groupe de Travail PAN/IPEN sur les Pesticides POPs. Presse Locale: Dakar.
- SMITH V, Schindler D, 2009. Eutrophication science: where do we go from here? *Trends Ecol.* Vol. 24, 201-207.

- SOULE B, 2012. Politique agricole de la CEDEAO : la monographie du Bénin. Cotonou, Bénin. 24 p.
- SOCLO H, 2003. Étude de l'impact de l'utilisation des engrais chimiques et des pesticides par les populations riveraines sur les écosystèmes (eaux de surface, substrat des réserves de faune) dans les complexes des aires protégées de la Pendjari et du W. Rapport d'étude. Cotonou: CENAGREF. [http:// www.cenagref.net](http://www.cenagref.net).
- TANO B, ABO K, DEMBELE A, FONDIO L, 2011. Systèmes de production et pratiques à risque en agriculture urbaine : cas du maraîchage dans la ville de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire. / *Int. J. Biol. Chem. Sci.* Vol 5, 6, 2317-2329.
- TAPSOBA H. K, BONZI-COULIBALY L, 2006. Production cotonnière et pollution des eaux par les pesticides au Burkina-faso. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim*, (21); 87-93.
- TOGBE C, HAAGSMA R, ZANNOU E, GBEHOUNOU G, DEGUENON M, VODOUHE S, et al., 2014. Field evaluation of the efficacy of neem oil (*Azadirachta indica* A. Juss) and *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. In cotton production. *J.Appl. Entomol.* 1-12.
- TOKO I, ATTAKPA Y, TOBADA C, BLE M, GUEDEGBA N, ELEGBE H, 2014. Impact des pesticides agricoles sur les performances physiologiques des poissons : cas du tihan 175 O-TEQ sur la reproduction des femelles de clarias gariepinus exposées à des doses chroniques. *Agronomie Africaine*, Vol 26 (3) 247 – 259.
- TOWANOU R, NAPON R, 2012. Engrais et pesticides au Bénin et au Burkina Faso : le lourd tribut de la filière coton. Danish Association for Investigative Reporters » (FUJ), Cotonou, Bénin.6 p.
- WHO, 1998. Guidelines for drinking water quality: Health criteria and other supporting information. 2nd edition. Vol 2. Geneva (Switzerland).
- YEHOUENOU E, 2005. Les résidus de pesticides chimiques de synthèse dans les eaux, les sédiments et les espèces aquatiques du bassin versant du fleuve Ouémé et du lac Nokoué. Thèse de Doctorat unique : Université d'Abomey-Calavi, 217p.
- YEHOUENOU, P, SOTON A, AZOCLI D, ACAKPO H, BOCO M, FOURN L, FAYOMI B, 2010. Contamination du sol, de l'eau et des produits maraîchers par des substances toxiques et des métaux lourds sur le site de Houéyiho (Cotonou) en République du Bénin, (4), 2160–2168.
- YEHOUENOU P, GLIN C, VODOUHE S, FANOU J, BABADANKPODJI A, DASSOU S, VAN GESTEL C, 2014. Pesticide contamination of the dridji cotton plantation area in the Republic of Benin. *African Journal of Food and Agriculture*, vol 14 (3), 8886–8902.
- ZANNOU A, 2011. Analyse et Modélisation du Cycle Hydrologique Continental pour la Gestion Intégrée des Ressources en Eau au Bénin : Cas du Bassin de l'Ouémé à Bétérou. Thèse de Doctorat : Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin 315 p.