

Détermination des charges microbiologiques des eaux d'arrosage et légumes du domaine maraîcher de SAGBAYA, Commune Urbaine de Faranah

[Determination of the microbiological charges of water for irrigation and vegetables from the market garden of SAGBAYA, Urban Commune of Faranah]

Diallo Diariou¹, Diallo Boubacar², Alhassane Diallo³, Ibrahima Camara¹, Sayon Saran Conde¹, and Diawadou Diallo²

¹Département Génie Rural, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah, Guinée

²Département Agriculture, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah, Guinée

³Département Economie Rurale, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah, Guinée

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present study focused on determining the microbiological load of watering water and vegetables grown in the market gardening area of SAGBAYA, Urban Commune of Faranah.

The microbial germs contained in water and vegetables were determined by the membrane filtration method. The results of microbiological analyzes of vegetables indicated variations depending on the locations of the wells and their sources of pollution. During the two vegetable production seasons, the results showed that except for the water from the borehole, that of the most exposed wells was highly contaminated.

The water used during the 2024 season, unlike the previous one, all contained total and fecal coliforms whose values oscillated respectively between 15 and 159 CFU/100ml and 9 to 126 CFU/100ml. Of the vegetables harvested, although some samples were free, carrots contained more pathogens than cabbage and lettuce in both well and borehole water. The microbiological charges in CFU/100 ml of cabbage organs varied from 2 to 85 in total coliforms and from 2 to 56 in fecal coliforms; 3 to 75 in total coliforms and 1 to 56 in fecal coliforms in carrots, finally 3 to 85 in total coliforms and 1 to 66 in fecal coliforms in lettuce.

Most water and vegetables have microbiological charges exceeding the required standards, hence the consumption of these vegetables without treatment constitutes health threats to consumers.

KEYWORDS: well; irrigation water; total and fecal coliforms; market gardening; Faranah-Guinea.

RESUME: La présente étude a porté sur la détermination de la charge microbiologique des eaux d'arrosage et légumes cultivés dans le domaine maraîcher de SAGBAYA, Commune Urbaine de Faranah.

Les germes de microbes contenus dans les eaux et légumes ont été déterminés par la méthode de filtration sur membrane. Les résultats des analyses microbiologiques des légumes ont indiqué des variations selon les emplacements des puits et de leurs sources de pollution. Durant les deux saisons de production maraîchère, les résultats ont montré qu'excepté les eaux du forage, celles des puits les plus exposées étaient fortement contaminées.

Les eaux utilisées pendant la saison 2024 contrairement à celle précédente contenaient toutes, des coliformes totaux et fécaux dont les valeurs oscillaient respectivement entre 15 et 159 UFC/100ml et 9 à 126 UFC/100ml. Des légumes récoltés, bien que certains échantillons étaient indemnes, les carottes renfermaient plus de pathogènes que le chou et la laitue aussi bien avec les eaux de puits qu'avec celles du forage. Les charges microbiologiques en UFC/100 ml, des organes du chou ont varié de 2 à 85 en coliformes totaux et de 2 à 56 en coliformes fécaux; 3 à 75 en coliformes totaux et 1 à 56 en coliformes fécaux au niveau des carottes, enfin 3 à 85 en coliformes totaux et 1 à 66 en coliformes fécaux dans la laitue.

La plupart des eaux et légumes ont des charges microbiologiques dépassant les normes requises d'où, la consommation de ces légumes sans traitements constitue des menaces sanitaires des consommateurs.

MOTS-CLEFS: puits; eaux d'arrosage; coliformes totaux et fécaux; cultures maraîchères; Faranah-Guinée.

1 INTRODUCTION

La rareté de l'eau a conduit à l'utilisation d'eau contaminée pour les cultures maraîchères, une pratique qui s'est généralisée à mesure que la population a augmenté [1]. Dans les pays en développement, l'utilisation d'eau contaminée pour l'irrigation dans l'agriculture urbaine est essentielle [2]. L'utilisation d'eau contaminée dans l'agriculture est une pratique ancienne, les technologies existantes de traitement des eaux usées sont coûteuses pour les pays en développement et les deux tiers des eaux usées générées dans le monde ne sont pas traitées; [3-4].

Les sources d'eau contaminées sans traitement préalable peuvent avoir des impacts négatifs sur la santé de la population et sur l'environnement [5]. En agriculture, l'utilisation d'eau non traitée est une source potentielle de contamination chimique et microbienne des eaux de surface et des eaux souterraines peu profondes [6-7-8-9]. La présence de bactéries pathogènes (coliformes, salmonelles) dans l'eau d'irrigation et les produits horticoles commerciaux peut entraîner de graves problèmes de santé pour les producteurs et les consommateurs causés par *Escherichia coli* entérotoxique (gastro-entérite), *Shigella* (dysenterie bacillaire) et *Salmonella typhi*, risque de maladie bactérienne. (Fièvre typhoïde) [10].

De plus, les fruits et légumes produits avec les eaux usées contiennent souvent des agents pathogènes et peuvent donc poser de graves problèmes de santé publique aux populations consommatrices [11-12].

La contamination microbienne des cultures est un problème complexe qui dépend de nombreux facteurs autres que la qualité de l'eau d'irrigation. Un nombre relativement important d'œufs de vers sur des cultures maraîchères commerciales irriguées avec des eaux usées non traitées immédiatement après la récolte. Cependant, cette étude a également révélé que 12 heures plus tard, ces mêmes légumes vendus sur le marché contenaient des œufs de vers [13]. Les taux de contamination des œufs étaient deux fois plus élevés. Une contamination bactérienne et parasitaire importante des légumes achetés sur les marchés d'Accra et de Ouagadougou, mais l'origine de la contamination n'était pas entièrement imputable à l'irrigation par eaux usées [14-15-16]. La probabilité d'infection alimentaire entre les produits analysés immédiatement après la récolte et les produits sur le marché et l'irrigation des légumes avec des eaux usées n'a pas augmenté de manière significative les risques pour la santé [17].

Le groupe des coliformes rassemble une grande diversité d'espèces bactériennes appartenant majoritairement à la famille des *Enterobacteriaceae*. Les principaux genres sont *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia* [18]. La grande majorité des espèces bactériennes de cette famille vit dans le tractus intestinal des animaux à sang chaud d'où elles sont excrétées par les fèces, ce qui en fait des indicateurs de contamination fécale. Elles sont, pour la plupart non pathogènes, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* et de quelques espèces opportunistes.

Les coliformes fécaux (ou thermotolérants) possèdent les mêmes caractéristiques biochimiques et morphologiques que les coliformes totaux, avec la propriété supplémentaire de fermenter le lactose à une température de 44 °C [19]. L'espèce *E. coli* est sans conteste une espèce bactérienne d'origine fécale la plus commune et est donc de plus en plus utilisée à la place des coliformes totaux comme indicateur de référence de contamination fécale [20]. La contamination fécale des eaux d'irrigation peut être causée par l'insalubrité des sites maraîchers situés à proximité des décharges ménagères et des décharges municipales [21].

De plus, les eaux de ruissellement peuvent transporter des déchets ménagers, des agents pathogènes tels que des bactéries et des sédiments résiduels de produits phytosanitaires tels que des pesticides vers les basses terres, les cours d'eau et les puits mal protégés qui sont les seuls endroits qui fournissent de l'eau d'irrigation [22]. Ainsi, toute contamination de ces milieux peut affecter la qualité des légumes, notamment lorsqu'ils sont consommés à l'état frais, ce qui peut avoir des effets immédiats ou différés sur la santé des consommateurs, conduisant parfois à des infections graves comme celles causées principalement par *Salmonella typhoïde* et paratyphoïde, dysenterie bacillaire causée par *Shigella*, *Escherichia coli* pathogène qui provoque la diarrhée [23].

Malgré les effets bénéfiques de la consommation de fruits et légumes, de nombreuses études ont démontré que ces aliments crus peuvent être sujets à une contamination microbienne [24]. Des cas d'intoxications alimentaires liées à l'ingestion de légumes contaminés ont été recensés partout dans le monde [25-26-27]. L'un des facteurs couramment associés à la contamination des légumes est l'arrosage [28-29]. En Côte d'Ivoire, l'eau utilisée pour l'arrosage des produits maraîchers provient généralement des lagunes et des puits [30]. Les légumes désignent généralement les tiges, racines, tubercules, feuilles, bulbes, fleurs et fruits de plantes qui peuvent être consommés crus ou cuits [31]. Ainsi, les cultures maraîchères du périmètre maraîcher de SAGBAYA situé aux abords du fleuve Niger constituent notre objet d'étude est. Ces cultures sont arrosées principalement par les eaux de puits traditionnels exposés aux sources de pollution des eaux déversées dans ces points d'eau.

L'objectif général de cette recherche est de déterminer la charge microbiologique de l'eau et des cultures maraîchères produites dans le domaine maraîcher de l'union Kankèlen de SAGBAYA.

Ses objectifs spécifiques sont: (1) évaluer la charge microbiologique des eaux de puits et celle du forage utilisées en cultures maraîchères; (2) évaluer les charges microbiologiques des pommes de choux, des racines de carottes et des feuilles de laitue, arrosées par les eaux de puits et de forage.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 DESCRIPTION DU SITE

La recherche a été effectuée dans le périmètre maraîcher de l'Union Kankélen de SAGBAYA. Ce domaine est situé sur la rive droite du fleuve Niger sur la Nationale Faranah- Mamou dans le quartier Sirikolony 2 de la Commune Urbaine de Faranah à environ 300 m du centre-ville. Il est limité au Nord par le quartier Faranah-Koura, au Sud par la Nationale Faranah-Mamou, à l'Est par le secteur SAGBAYA du quartier Sirikolony 2 et à l'Ouest par le Fleuve Niger qui le sépare du quartier Aviation (figure 1). Ledit domaine couvre une superficie de 8 hectares exploités saisonnièrement et majoritairement par les membres de l'Union Kankélen de SAGBAYA.

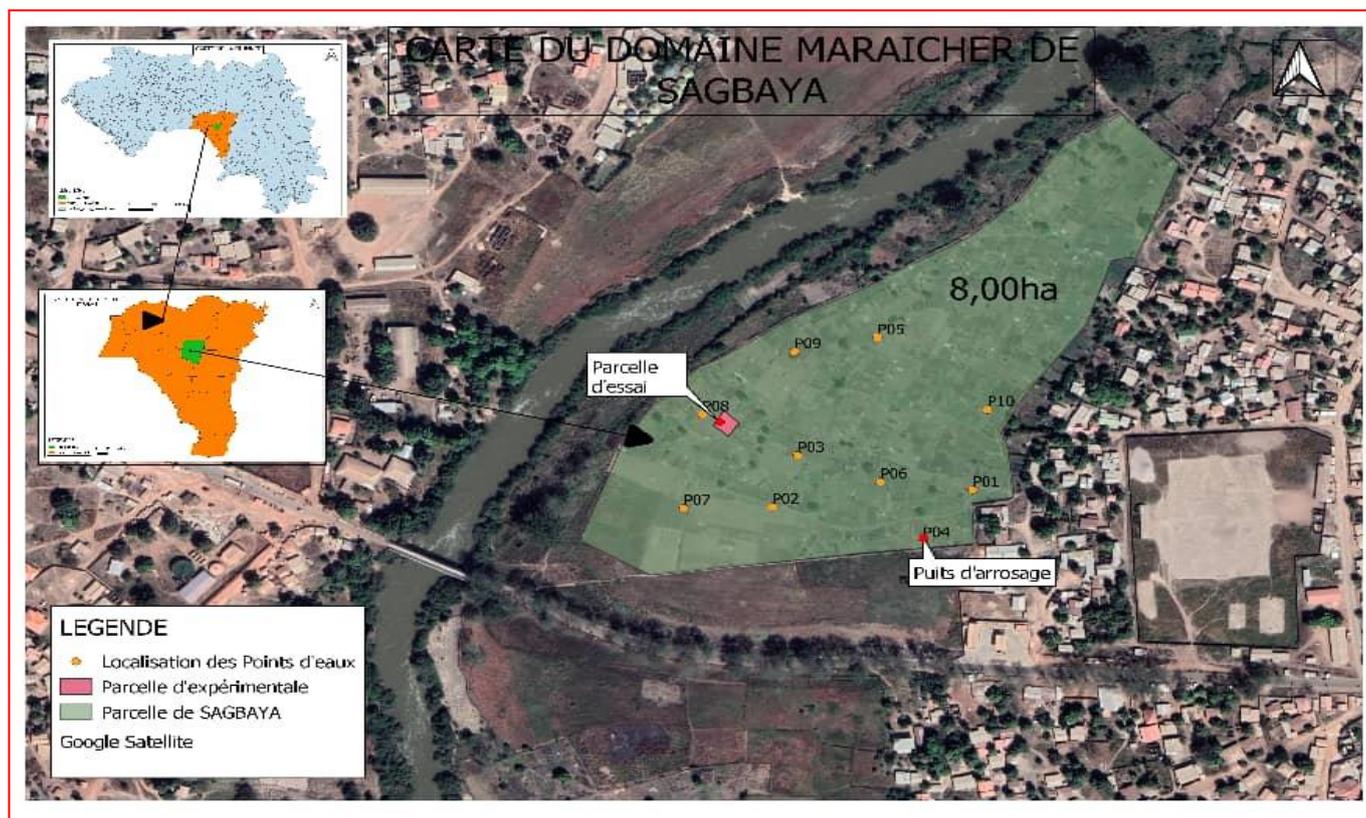


Fig. 1. Carte de la zone d'étude

Les eaux des dix puits maraîchers et celles du forage ont été choisies aléatoirement pour des fins d'arrosage des cultures. La distance moyenne des points d'eau était de 137 m.

Les variétés de légumes testées ont été: Marché de Copenhague (Chou pommé), New Kuroda (Carotte) et Battavia Milito (Laitue)

Les feuilles du chou pommé se forment sur une tige, à une hauteur relativement élevée supérieure à 22 cm du sol exposée aux rayonnements solaires. Les feuilles pommées se consomment à l'état cru ou cuit.

La carotte présente l'intérêt d'être un légume racinaire dont la partie comestible est souterraine donc totalement isolée des rayonnements solaires. Bien qu'elle puisse être cuite, la carotte est souvent consommée crue.

Enfin le choix de la laitue se justifie par la rugosité de la surface des feuilles comestibles et la densité foliaire de la culture. Ces caractéristiques assurent aux microorganismes une certaine protection contre le pouvoir désinfectant des rayonnements solaires, si bien que ce type de légume consommé cru est un vecteur de microorganismes pathogènes particulièrement dangereux pour l'homme.

2.2 MÉTHODES

Les trois cultures à tester ont été installées sur des parcelles d'observation sans répétitions disposées en trois blocs de onze (11) parcelles de 10 m² chacune (figure 2)). La préparation du sol de pépinière et des parcelles a été faite par un labour manuel léger.

Les graines de carotte ont été semées en lignes continues espacées de 20 cm. Les plants de laitue et de chou issus des pépinières installées à cet effet ont été transplantés à des écartements de 20 cm×20 cm (250 000 plants/ha) et 40 cm × 40 cm (62500 plants/ha) respectivement. L'arrosage a été fait avec les eaux de puits choisis dans le domaine et celle du forage (témoin) jusqu'à la récolte. La superficie totale réellement exploitée est de 330 m² dont 110 m² pour chaque culture.

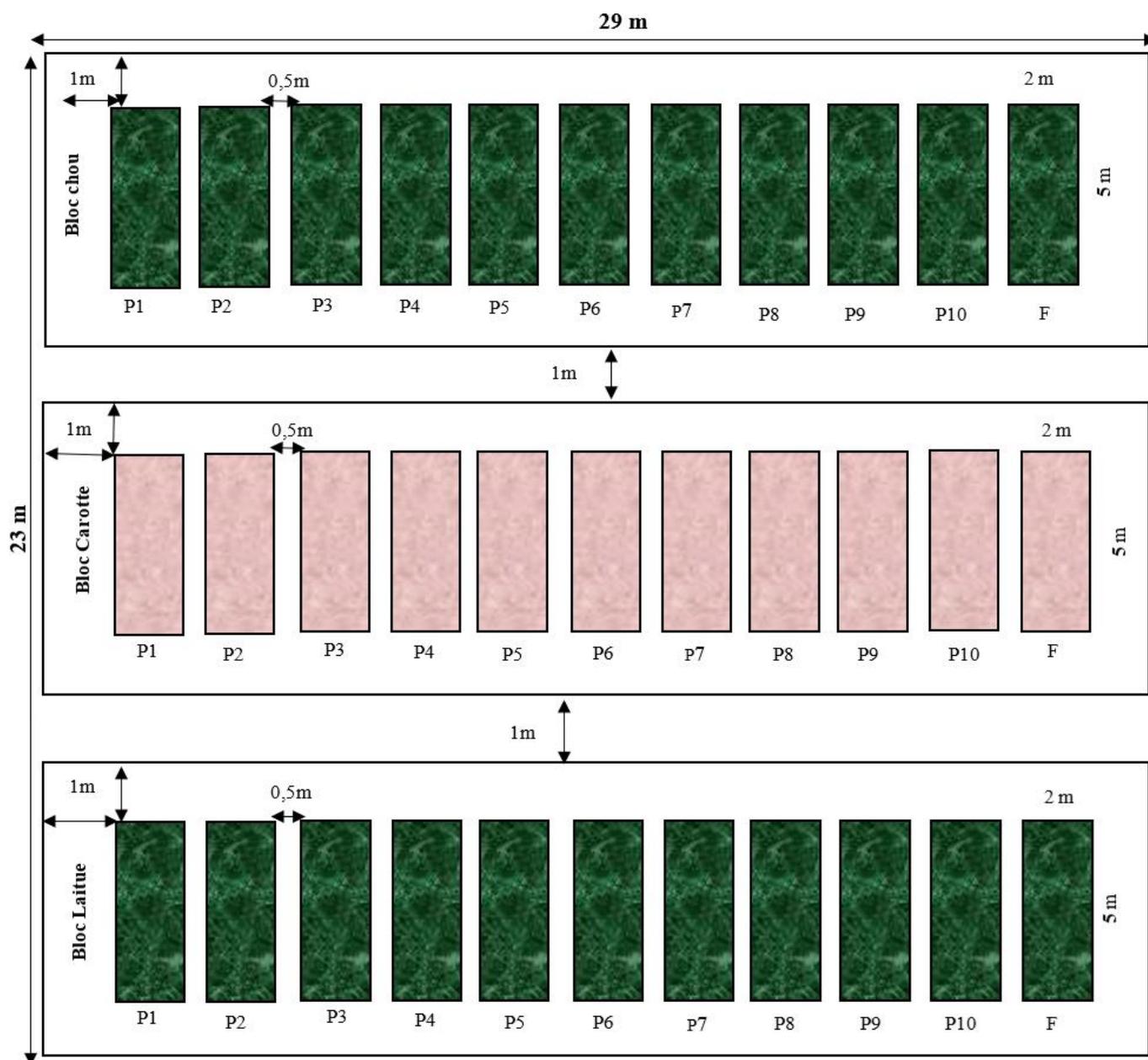


Fig. 2. Schéma du dispositif expérimental de l'essai (Parcelles d'observation sans répétition)

Légende: P1; P2; P3; P4; P5; P6; P7; P8; P9 et P10 = Puits
F = (Forage)

Les eaux de chaque puits ont servi à arroser trois (3) parcelles d'observation et celles du forage, les trois (3) parcelles témoins correspondant aux cultures expérimentées (chou, carotte et laitue).

Au cours de deux campagnes de production 2023 et 2024, les cultures à tester ont été arrosées avec les eaux des points d'eaux choisis.

Les analyses des échantillons ont porté sur la détermination des charges microbiologiques des eaux d'arrosage ainsi que celles des cultures expérimentées.

Les échantillons d'eau d'arrosage et feuilles de laitue prélevés, conditionnés ont été acheminés au laboratoire du Centre d'Etudes et de Recherche en Environnement à l'Université Gamal Abdel Nasser (CERE-UGAN) de Conakry alors que les racines de carotte et pomme de chou ont été acheminés pour analyses au laboratoire de chimie analytique à l'Université de N'zérékoré en Janvier 2023. En outre, des échantillons d'eau d'arrosage et les cultures de chou, carotte et laitue prélevées, conditionnés ont été acheminés au laboratoire de chimie analytique à l'Université de N'zérékoré au mois de février 2024.

2.2.1 DETERMINATION DES CHARGES MICROBIOLOGIQUES DES EAUX D'ARROSAGE

2.2.1.1 MÉTHODE DE PRÉLÈVEMENT DES EAUX

Pour la détermination des charges microbiologiques des eaux d'arrosage, nous nous sommes inspirés de la méthode de prélèvement décrite par [32] sur vingt-deux (22) échantillons d'eau dans dix puits maraîchers et l'eau de forage (témoin) au mois de Janvier 2023 et au mois de février 2024. Ensuite, ces échantillons ont été placés dans des flacons polyéthylène de 500 ml, étiquetés puis conservés dans une glacière à 4°C et acheminés pour analyses.

2.2.1.2 ANALYSES DES PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES DES EAUX D'ARROSAGE

En suivant la méthode décrite par [32], les flacons ont été soigneusement nettoyés, rincés à l'eau distillée, puis stérilisés. Sur le site de prélèvement, ils ont été rincés avec l'eau du puits à analyser et celle du forage. Les échantillons ont été collectés dans des flacons en polyéthylène de 500 ml, étiquetés, puis conservés dans une glacière à une température de 4°C pour préserver leur intégrité.

Les coliformes totaux et les coliformes fécaux ont été les principaux germes microbiologiques recherchés. Ces germes ont été déterminés par la méthode de filtration sur membrane telle que décrite par [32].

Cette méthode est largement utilisée pour le dénombrement des germes de micro-organismes dans l'eau destinée à l'arrosage pour l'agriculture.

2.2.2 DETERMINATION DES CHARGES MICROBIOLOGIQUES DES LEGUMES

L'échantillonnage a consisté à prélever 1000 g de matière végétale fraîche au stade de maturité, sur chaque parcelle élémentaire, ce qui a représenté 11 échantillons pour chaque type de culture soit 33 échantillons au total par saison de production.

Les carottes ont été lavées avec de l'eau d'arrosage, comme les légumes vendus sur les marchés.

Les prélèvements ont été réalisés dans le respect des conditions d'hygiène et de stérilité requises et les échantillons conservés à 4°C jusqu'au moment des analyses qui ont eu lieu dans les 24 heures suivant le prélèvement.

Pour la détermination des charges microbiologiques contenues dans chaque échantillon de légume, la méthode de [32] a été utilisée

3 RESULTATS

A l'issue de cette étude, les résultats obtenus sur les caractéristiques des puits utilisés ainsi que la détermination des charges microbiologiques des eaux d'arrosage et des cultures maraîchères expérimentées sont consignés dans les tableaux 1 à 5.

3.1 CARACTÉRISTIQUES DES PUITTS

Les caractéristiques des puits ciblés dans cette étude sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques des puits d'arrosage du site expérimental

Saison de Production 2023				
Puits	Heure de Prélèvement	Niveau d'Eau (m)	Profondeur (m)	Diamètre (m)
P1	7h 55'	0,60	4,40	1,10
P2	8h 02'	0,37	4,00	0,80
P3	8h 10'	0,65	4,65	1,00
P4	8h 12'	1,30	4,65	0,90
P5	8h 22'	1,10	4,15	0,85
P6	8h 30'	0,57	4,28	0,80
P7	8h 36'	0,75	4,42	0,80
P8	8h 41'	0,73	4,63	0,85
P9	8h 48'	0,80	4,40	0,85
P10	8h 58'	1,25	4,43	1,10
Forage	9h 20'	42,00	60,00	0.018
Moyenne	8h 21'	0,81	4,40	0,90
Saison de Production 2024				
Puits	Heure de Prélèvement	Niveau d'Eau (m)	Profondeur (m)	Diamètre (m)
P1	6h 55'	0,90	4,80	1,15
P2	7h 02'	0,67	4,50	0,80
P3	7h 10'	0,88	5,00	1,00
P4	7h 12'	1,60	5,05	1,00
P5	7h 22'	1,40	4,35	0,85
P6	7h 30'	0,60	4,58	0,80
P7	7h 36'	0,80	4,80	0,80
P8	7h 41'	0,81	4,90	0,85
P9	7h 48'	1,10	4,81	0,85
P10	7h 58'	1,40	4,79	1,16
Forage	8h 20'	45,00	60,00	0.018
Moyenne	7h 21'	1,01	4,75	0,92

Les caractéristiques des puits mentionnées dans le tableau 1 ont indiqué que tous les puits utilisés sont traditionnels et très exposés aux agents contaminants par des eaux usées. Ainsi, le diamètre moyen des puits a été de 0,90 m avec une profondeur moyenne de 4.40 m et le niveau moyen d'eau des puits a été de 0.81m en 2023 alors que les valeurs enregistrées en 2024 ont été de 0.92 m pour le diamètre moyen des puits avec une profondeur moyenne de 4.75 m et un niveau moyen d'eau de 1.01m.

Cette légère variation des caractéristiques des puits lors des deux campagnes de production 2023 et 2024 serait probablement due au curage régulier des puits par les exploitants maraichers et des fortes pluies enregistrées en 2024.

3.2 CONTAMINATION DES EAUX D'ARROSAGE

Tableau 2. Coliformes totaux et fécaux dans les échantillons des eaux d'arrosage de puits et forage

Puits	Années			
	2023		2024	
	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)
P1	25	22	159	126
P2	0	0	57	48
P3	0	0	89	56
P4	15	14	98	89
P5	0	0	18	9
P6	19	15	55	40
P7	0	0	101	96
P8	0	0	45	19
P9	0	0	75	52
P10	0	0	36	31
Forage	0	0	0	0

Les résultats d'analyse des eaux d'arrosage qui apparaissent dans le tableau 2 ont prouvé que lors de la campagne de production maraîchère de 2023 les eaux d'arrosage des puits et du forage utilisées pour la production du chou ne contenaient pas de germes

microbiens excepté celles des puits P4; P6 et P1 avec des valeurs moyennes respectives de 15; 19 et 25 UFC/100ml de coliformes totaux puis 14; 15 et 22 UFC/100ml de coliformes fécaux.

Par contre en 2024 toutes les eaux d'arrosage de plants de chou de tous les puits contenaient des germes excepté celles du forage dont les valeurs ont oscillé entre 18 et 159 UFC/100ml de coliformes totaux puis 9 à 126 UFC/100ml de coliformes fécaux des puits P5 et P1 respectivement. Les eaux utilisées pour l'arrosage en 2023 étaient moins contaminées à cause de non inondation du domaine contrairement aux crues du fleuve Niger qui se sont produites dans le périmètre en 2024. Cette grande fluctuation de la quantité de germes microbiens dans les eaux de puits serait probablement due à l'inondation du domaine maraîcher et à la proximité de certains puits des dépotoirs d'ordures déversés aux alentours du périmètre maraîcher.

3.3 CONTAMINATION DES PRODUITS MARAÎCHERS

Tableau 3. Coliformes totaux et fécaux des échantillons de pomme de chou

Puits	Années			
	2023		2024	
	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)
P1	85	60	78	56
P2	0	0	23	18
P3	0	0	2	0
P4	63	46	63	46
P5	0	0	13	0
P6	70	50	63	46
P7	0	0	0	0
P8	0	0	0	0
P9	0	0	15	9
P10	0	0	63	46
Forage	4	2	6	5

Dans le tableau 3 les résultats ont prouvé qu'au cours de la campagne maraîchère de 2023, les pommes de chou arrosées avec les eaux des puits et du forage ne contenaient pas de germes microbiens excepté celles des puits P1; P4; P6 et le forage avec des valeurs moyennes comprises entre 4 et 85 UFC/100ml de coliformes totaux puis 2 et 60 UFC/100ml de coliformes fécaux.

Par contre les pommes de choux récoltées en 2024 ont été plus contaminées que celles de la campagne précédente. Toutes ces pommes contenaient des germes excepté celles des eaux des puits P7 et P8 dont les valeurs ont oscillé entre 2 et 78 UFC/100ml de coliformes totaux puis 5 à 56 UFC/100ml de coliformes fécaux. Les pommes de chou récoltées en 2023 étaient moins contaminées à cause de la qualité microbiologique des eaux d'arrosage contrairement aux eaux des crues du fleuve Niger qui se sont produites dans le périmètre en 2024. Cette grande fluctuation de la quantité de germes microbiens dans les organes récoltés du chou est probablement due aux eaux souillées utilisées pour l'arrosage des cultures du domaine maraîcher et à la proximité de certains puits des dépotoirs d'ordures déversés aux alentours du périmètre maraîcher.

Tableau 4. Coliformes totaux et fécaux des échantillons de racines de carotte

Puits	Années			
	2023		2024	
	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)
P1	75	55	58	36
P2	0	0	33	17
P3	0	0	5	0
P4	55	40	33	26
P5	0	0	6	0
P6	70	45	73	56
P7	0	0	3	1
P8	0	0	5	2
P9	0	0	19	11
P10	0	0	8	3
Forage	4	3	5	2

De ce tableau 4 nous constatons que durant les deux années d'essai, toutes les racines de carotte récoltées en 2024 arrosées avec les eaux de puits et forage contiennent des germes microbiens (Coliformes Totaux). Les plus grands nombres des Coliformes Totaux ont été retrouvés dans les racines de carotte des puits P1 et P6 avec 75 et 70 UFC/100ml en 2023 contre 58 et 73 UFC/100ml en 2024. Bien

qu'il y ait une fluctuation des valeurs obtenues, les plus grands nombres de Coliformes Fécaux ont été retrouvés dans les racines de carotte arrosées avec les eaux des puits P1 et P6 avec 55 et 45 UFC/100ml en 2023 contre 36 et 56 UFC/100ml. La variation de la teneur en CT pourrait être due à la submersion du domaine maraîcher provoquée par des crues du fleuve ainsi des eaux de ruissellement en saison pluvieuse. Par ailleurs, bien que faiblement contaminées, même les racines de carotte des eaux de forage renferment des germes microbiens. Ce qui est probablement dû à la contamination des parois des arrosoirs, des inondations du domaine pendant la saison pluvieuse par des eaux contaminées et la nature des engrais organiques utilisés par des maraichers situés au voisinage.

Tableau 5. Coliformes totaux et fécaux des échantillons de feuilles de laitue

Puits	Années			
	2023		2024	
	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)	CT (UFC/100ml)	CF (UFC/100ml)
P1	50	30	85	66
P2	0	0	26	21
P3	0	0	6	0
P4	80	60	42	35
P5	0	0	14	5
P6	80	50	53	40
P7	0	0	0	0
P8	0	0	0	0
P9	0	0	15	9
P10	0	0	51	38
Forage	3	1	4	2

Les résultats qui figurent dans le tableau 5 ont prouvé que les échantillons de feuilles de laitue analysés en 2023 ont montré que seules les feuilles arrosées avec les eaux des puits P1; P4 et P6 ont été contaminées par des coliformes totaux et fécaux avec des valeurs respectives de 50 et 30 UFC/100ml; 80 et 60 UFC/100ml UFC/100ml; 80 et 50 UFC/100ml et de celles du forage moins contaminé avec 3 et 1 UFC/100ml. Par contre en 2024 la plupart des eaux des puits ont contaminé les feuilles de laitue après analyse avec une grande fluctuation qui a varié entre 4 et 85 UFC/100ml de coliformes totaux puis 2 et 66 UFC/100ml de coliformes fécaux excepté celles arrosées avec les eaux des puits P7 et P8 qui ne sont pas contaminées. Cette variation est probablement due à la proximité des dépotoirs d'ordures ménagères, fossés d'assainissements orientés vers le domaine maraîcher bordant le fleuve Niger et la position topographique des puits qui aurait favorisé la forte exposition de leurs eaux aux sources de contamination.

4 DISCUSSION

4.1 CARACTÉRISTIQUES DES PUIITS

Tous les puits maraîchers exploités excepté le forage sont situés à une profondeur moyenne de 4,57 m. Ces puits traditionnels étaient très exposés au ruissellement des eaux usées lors des pluies, des déchets des dépotoirs d'ordures, des égouts et eaux des latrines. Cette faible profondeur a probablement contribué d'une part à la contamination des eaux d'arrosage et d'autre part celle des produits maraîchers récoltés. Ces résultats confirment ceux trouvés par [33]. qui stipulent que la forte pollution des eaux d'arrosage est la résultante d'un manque de système de collecte et d'épuration des eaux usées, de la non mise en place d'un système d'évacuation et de traitement des ordures ménagères issues du grand marché. De même, l'infiltration des matières organiques d'origine fécale dans le sol et la faible profondeur de la nappe phréatique favorisent la pollution des eaux souterraines par les microorganismes pathogènes. [34] indiquent également que la pluie et les eaux de ruissellement sont responsables de la dissémination des polluants dans l'environnement.

4.2 CONTAMINATION DES EAUX D'ARROSAGE

Durant les deux saisons de production, il a été remarqué que les eaux des puits du périmètre maraîcher ont été toutes contaminées par les germes microbiologiques excepté les eaux du forage en 2024. Les plus grandes valeurs ont été trouvées au niveau des puits P1; P4 et P7 qui étaient les plus exposées aux contaminants. Les charges microbiologiques étaient comprises entre 18 et 159 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 9 et 126 UFC/100 ml de coliformes fécaux. En revanche, en 2023, seules les eaux des puits P1; P4 et P6 les plus exposées renfermaient des germes pathogènes dont les valeurs étaient comprises entre 15 et 25 UFC/100ml de coliformes totaux et 14 et 22 UFC/100ml de coliformes fécaux. Cette forte contamination s'expliquerait également par l'utilisation saisonnière des produits phytosanitaires et des matières organiques et minérales (cendres, sciures de bois, son de riz...) mal décomposés et insecticides de toute nature aurait aussi contribué à la contamination des eaux d'arrosage et des produits maraîchers récoltés. Ces constats corroborent les résultats selon lesquels l'utilisation des fumiers comme fertilisants peut être également une source de pollution des eaux souterraines [35]. Par ailleurs, des résultats similaires ont été observés par plusieurs autres auteurs, notamment [36] sur la qualité des eaux de

robinets, de sources et de puits dans la ville de Dschang au Cameroun, [33] sur les puits de Grand-Popo au Bénin, ainsi que [37] sur la qualité bactériologique de l'eau à Abomey-Calavi au Bénin.

Le risque lié à l'emploi non rationnel de ces produits de synthèse est l'accumulation de micropolluants dans le sol voire dans les plantes, conduisant ainsi à l'intoxication de l'homme à travers la chaîne alimentaire. Les plantes les plus exposées aux contaminants des sols seraient celles à tubercules et les cultures maraîchères [38]. Par ailleurs, l'utilisation des eaux d'irrigation généralement infectées par des matières fécales, des urines (humaine et animale), des composts non mûrs ainsi que par des produits phytosanitaires, fait naître le soupçon que la contamination des cultures maraîchères peut être critique. Le risque lié à l'emploi non rationnel de ces produits de synthèse est l'accumulation de micropolluants dans le sol voire dans les plantes, conduisant ainsi à l'intoxication de l'homme à travers la chaîne alimentaire. Les plantes les plus exposées aux contaminants des sols seraient celles à tubercules et les cultures maraîchères [38].

Ils constituent à cet effet des sources de contamination des eaux par la matière fécale humaine [39]. Comme le souligne [40], des eaux de mauvaise qualité physico-chimique et surtout bactériologique peuvent effectivement favoriser la contamination des cultures maraîchères. Dans ces conditions, la consommation de tels produits pourrait constituer un risque élevé de santé publique. Il est donc impérieux de mettre en place un cadre adéquat de suivi-évaluation des processus éventuels de bioaccumulation des cultures maraîchères [41].

4.3 CONTAMINATION DES PRODUITS MARAICHERS

Durant les deux saisons de production il a été constaté une large contamination des produits maraîchers en 2024 contrairement à la saison précédente.

En 2023, des pommes de chou récoltées ont été contaminées uniquement par les eaux des puits P1; P4 et P6 et celle du forage dont les valeurs ont oscillé entre 4 et 85 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 2 et 60 UFC/100 ml de coliformes fécaux.

Par contre en 2024, les pommes de chou ont été contaminées par les eaux des puits et celle du forage excepté celles des puits P7 et P8 dont les valeurs étaient situées entre 2 et 78 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 5 et 56 UFC/100 ml de coliformes fécaux excepté les pommes de chou ayant reçues les eaux des puits P3; P5; P7 et P8.

Pour la carotte, en 2023, les racines ont été contaminées par les eaux des trois puits (P1, P4 et P6) et celle du forage dont les valeurs étaient comprises entre 4 et 75 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 3 et 55UFC/100 ml de coliformes fécaux.

Par contre en 2024, les racines de carotte ont été contaminées par les eaux des puits et celle du forage dont les valeurs étaient comprises entre 3 et 73 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 1 et 56 UFC/100 ml de coliformes fécaux excepté les racines de carotte ayant été arrosées avec les eaux de puits P3 et P5.

Par ailleurs, en 2023, les feuilles de laitue ont été contaminées par les eaux des trois puits P1; P4 et P6 et celle du forage dont les valeurs étaient comprises entre 3 et 80 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 1 et 60 UFC/100 ml de coliformes fécaux.

Par contre en 2024, les feuilles de laitue ont été contaminées par les eaux des puits excepté celles des puits P7 et P8 dont les valeurs étaient comprises entre 4 et 85 UFC/100 ml de coliformes totaux puis 1 et 60UFC/100 ml de coliformes fécaux hors mis les feuilles de laitue ayant été arrosées avec les eaux des puits P3; P7 et P8. La tendance générale des résultats obtenus du chou, de la laitue et de la carotte a montré une augmentation progressive du degré de contamination en fonction des saisons contrairement à ceux obtenus par [37] qui a remarqué que pendant les deux saisons d'échantillonnage, les résultats ont montré la présence d'une forte concentration en coliformes fécaux et en coliformes totaux dans la laitue et la carotte. Il a noté également que la présence de bactéries pathogènes dans les légumes prouve que ces derniers en reçoivent de l'eau et du sol. La contamination de ces cultures est sans doute intimement liée à la pollution des eaux d'arrosage (eaux usées et eaux de puits) et du sol [37].

Par ailleurs, l'utilisation des eaux d'irrigation généralement infectées par des matières fécales, des urines (humaine et animale), des composts non mûrs ainsi que par des produits phytosanitaires, fait naître le soupçon que la contamination des cultures maraîchères peut être critique. Le risque lié à l'emploi non rationnel de ces produits de synthèse est l'accumulation de micropolluants dans le sol voire dans les plantes, conduisant ainsi à l'intoxication de l'homme à travers la chaîne alimentaire. Les plantes les plus exposées aux contaminants des sols seraient celles à tubercules et les cultures maraîchères [38]. En outre, l'utilisation des eaux d'irrigation généralement infectées par des matières fécales, des urines (humaine et animale), des composts non mûrs ainsi que par des produits phytosanitaires, fait naître le soupçon que la contamination des cultures maraîchères peut être critique.

La contamination des fruits et des légumes constitue un des risques potentiel d'infection par des bactéries enteropathogènes telle que les *Salmonella* et les *Escherichia coli* O157: H7 [42]. Cette contamination se fait à partir d'une source environnementale, animale ou humaine au moment de la culture, de la récolte ou de la manipulation des végétaux avant leur consommation [43]. Très souvent, il s'agit d'une contamination de surface. Cependant, des travaux récents montrent que les salmonelles sont capables d'infecter et de se multiplier dans le mésophile de certains végétaux comme la laitue [44-45].

Des travaux de [46] ont montré que des bactéries pathogènes conservaient leur viabilité dans le sol durant des périodes variables selon les caractéristiques et le système cultural [47] ces périodes peuvent s'étendre à plus de deux ans dans le cas des salmonelles [48]. Par ailleurs, la contamination des fruits de concombre, radis frais et laitue est une voie fréquente de transmission des pathogènes à l'homme [49-50-51].

4.4 CONCLUSION

Cette étude visait à déterminer la charge microbiologique des eaux d'arrosage utilisées par les producteurs maraîchers et celles des cultures maraîchères cultivées dans le périmètre de SAGBAYA, Commune Urbaine de Faranah.

Les résultats d'analyse des eaux d'arrosage ont montré que seuls les eaux des puits P1; P4 et P6 renfermaient les coliformes totaux et fécaux en 2023 contrairement à la forte contamination en germes pathogènes des eaux d'arrosage en 2024, ce qui revient à dire qu'il y'a eu plus de pollution des eaux analysées en 2024 qu'en 2023 provoquée par les crues du fleuve Niger en saison pluvieuse avec une prolifération des sources de pollution des eaux de puits situées aux périphéries du domaine.

Au niveau des légumes analysés, il a été constaté que les racines de carottes étaient fortement contaminées par rapport aux autres ce qui s'expliquerait par la forte pollution des sols du domaine suite aux intrants agricoles inadaptés largement utilisés qui occasionneraient la prolifération des microbes pathogènes telluriques.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur gratitude à l'Institut Supérieur Agronomique de Faranah, ainsi que le Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique et de l'Innovation de la République de Guinée à travers le programme de formation des formateurs pour leurs appuis scientifique et financier.

REFERENCES

- [1] Koné, D. (2002). Epuration des eaux usées par lagunage à microphytes et à macrophytes (*Pistia Stratoites*) en Afrique de l'Ouest et du centre: État des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement. Thèse n° 2653. Lausanne, EPFL, pp. 17-30-31.
- [2] IWMI, (2008). Drivers and characteristics of wastewater agriculture in developing countries – results from global assessment. International Water Management institute, 37 pp.
- [3] Al-Rehaili, A. M. (1997). Municipal Wastewater Treatment and Reuse in Saudi Arabia. *Arabian J. Sci. Eng.* 22 (1C), 143–152.
- [4] Mario, M., Boland, J. (1999). An integrated approach to wastewater treatment, the World Bank, Washington.
- [5] El Addouli, J., Abdelkader Ch., Ali B., Abdelhafid, Ch., Abdeslam E., Lahcen, K. (2021). Influence de rejets d'eaux usées sur les qualités physicochimique et bactériologique d'eaux utilisées en irrigation. HAL Id: Hal 03173602.
- [6] Personné, J. C., Poty, F. (1998). Survival, Transport and Dissémination of *Escherichia Coli* and Entérocoque in a Fissured Environment. Study of a Flood in a Karstic Aquifer. *Journal of Applied Microbiology* 84: 431-438.
- [7] Howard, G., Stephen, P. (2003). Risk Factors Contributing to Microbiological Contamination of Shallow Groundwater in Kampala, Uganda. *Water Research.* 37: 3421-3429.
- [8] Taylor, R., Aidan, C. (2004). The Implications of Groundwater Velocity Variations on Microbial Transport and Wellhead Protection Review of Field Evidence. *FEMS Microbiology Ecology* 49: 17-26.
- [9] Oren, O., Yechieli, Y. (2004). Contamination of Groundwater under Cultivated Fields in an Arid Environment, Central Arava Valley, Israel. *Journal of Hydrology* 290: 312-328.
- [10] Nanfack, N. A. C, Fonteh F. A, Vincent, K. P, Katte B., Fogoh, J., Muafor (2014). Eaux non conventionnelles: un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres. *Larhyss Journal.*, 17: 47- 64.
- [11] Habbari, K. H (1992). Impact de l'utilisation des eaux usées sur l'épidémiologie des helminthiases et de la croissance chez l'enfant d'El Azouzia. « Thèse de 3ème cycle, Faculté des Sciences de Marrakech.
- [12] FAO, (2007). L'agriculture biologique peut contribuer à la lutte contre la faim. FAO, Relation media. Rome: FAO,. www.fao.org/newsroom/fr/news/2007.
- [13] Ensink, J. H. J., Mahmood, T. et Dalsgaard, A., (2007). Wastewater-irrigated vegetables: market handling versus irrigation water quality. *Tropical Medicine & International Health*, 12 (s2): 2-7.
- [14] Cissé, G. (1997). Impact sanitaire de l'utilisation d'eau polluée en agriculture urbaine. Cas de maraîchage d'Ouagadougou (Burkina Faso). Thèse N°1639. École polytechnique fédérale Lausanne, Suisse, 446 pp.
- [15] Amoah, P., Drechsel, P. et Abaidoo, R.C., (2005). Irrigated urban vegetable production in Ghana: sources of pathogen contamination and health risk elimination. *Irrigation and Drainage*, 54 (S1): S49-S61.
- [16] El Guamri, Y., Belghyti, D. (2007). Charge parasitaire des eaux usées brutes de la ville de Kénitra (Maroc). *Afrique Science*; 3: 123-45.
- [17] Jackson, S., Rodda, N. et Salakazana, L., (2006). Microbiological assessment of food crops irrigated with domestic greywater. *Water Institute of South Africa (WISA) biennial conference*, 21 – 25 may, South Africa, 700-7005 pp.

- [18] Institut National de Santé Publique du Québec, (2003b). Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Groupe scientifique sur l'eau, 3 pp.
- [19] Institut National de Santé Publique du Québec, (2003a). Coliformes fécaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Groupe scientifique sur l'eau, 3 pp.
- [20] Institut National de Santé Publique du Québec, (2003c). *Escherichia coli*. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Groupe scientifique sur l'eau, 4 pp.
- [21] Mattys, B., Adiko, A., Cissé, G., Tschannen, A. B., Tanner, M., Wyss, K., Utzinger, J., (2006). Le réseau social des maraichers à Abidjan agit sur la perception préoccupations et des risques sanitaires liés à l'eau. Magazine agriculture 2-7.
- [22] Petterson, S. R, Ashbolt, N. J., Sharma, A. (2010). Microbial risks from wastewater irrigation of salad crops: a screening-level risk assessment. *J Food Sci* 75 (5): 283-290.
- [23] Kholtei, S. (2002). Caractérisation physico-chimique des eaux usées de la ville de Settat et de Berrechid et évaluation de leur impact sur la qualité des eaux souterraines. Thèse de Doctorat d'État, Université Hassan 1^{er}, Settat, Maroc, 162 p.
- [24] FSA, Callejon, R. M., Rodriguez-Naranjo M. I., Ubeda, C., Hornedo-ortega R., Garciaparilla, M. C., Troncoso, M. (2015). Reported foodborne outbreaks due to fresh produce in the United States and European Union: Trends and causes. *Foodborne Pathogens and Disease*.
- [25] Ackers, M. L., Mahon, B. E., Leahy, E., Goode, B., Damrow, T., Hayes, P. S. (1998). An outbreak of *Escherichia coli* O157: H7 infections associated with leaf lettuce consumption. *J Infect Dis* 177: 1588–1593.
- [26] Wendel, A. M., Johnson, D. H., Sharapov, U., Grant, J., Archer, J. R., Monson, T. (2009). Multistate outbreak of *Escherichia coli* O157: H7 infection associated with consumption of packaged spinach, August–September 2006: the Wisconsin investigation. *Clin. Infect. Dis.* 48: 1079-1086.
- [27] Berger, C. N., Shaw, R. K., Brown, D. J., Mather, H., Clare, S., Dougan, G., Pallen, M. J., Frankel, G. (2009). Interaction of *Salmonella enterica* with basil and other salad leaves. *Multidisciplinary Journal of Microbial Ecology* 3 (2): 261-265.
- [28] Mootian, G., Wu, W. H., Matthews, K. R. (1997). Transfer of *Escherichia coli* O157: H7 from soil, water, and manure contaminated with low numbers of the pathogen to lettuce plants. *Dairy Sci* 80 (10): 2673-81.
- [29] Koffi-Nevry, R., Manizan, N. P., Wognin, A. S., Koussemon, M., Koffi O. S., Kablan, T., Kakou, C. (2008). Caractérisation de la Répartition SpatioTemporelle des Bactéries à l'interface EauSédiment D'une Lagune Tropicale: Cas de la Baie du Banco, Abidjan, Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research* 21: 164-174.
- [30] Koffi-Nevry, R., Assi-Clair, B. J., Koussemon, M., Wognin, A. S., Coulibaly, N. (2011). Potential Enterobacteria risk factors associated with contamination of lettuce (*Lactuca sativa*) grown in the peri urban area of Abidjan (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 5 (1): 279-90.
- [31] Amoah, D. S. (2014). Microbial risk assessment of mixed vegetable salads from selected canteens in the Kumasi metropolis Kwame Nkrumah University of science and technology, Kumasi, Ghana [En ligne]. (PhD thesis.) University of science and technology, Kumasi, Ghana. 93p.
- [32] Rodier, J., Bernard, L., Nicole, M. & Régis, B. (2009). L'analyse de l'eau (9^e éd.) Dunod, Paris, France, 2009, 1600 p.
- [33] Hounsounou, E. O., Tchibozo, M. A. D., Kelome, N. C., Vissin, E. W., Mensah, G. A., Agbossou, E. (2016). Pollution des eaux à usages domestiques dans les milieux urbains défavorisés des pays en développement: Synthèse bibliographique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (5): 2392-2412.
- [34] Atidegla, S. C., Agbossou, E. K. (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.*, 4 (2): 327-337.
- [35] Djégbé, I., Sarah, T. T., Nikita, T., Murielle, F. S., Armand, P., Rousseau, D. et Nelly, C. K. (2018). Variation saisonnière de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux d'irrigation et des légumes du site maraîcher de Bawéra et risques sanitaires associés. Available online at <http://www.ifgdg.org>. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12 (2): 781-795, April 2018. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). *International Formulae Group. All rights reserved. 5021-IJBCS*. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i2.13>. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>. <http://indexmedicus.afro.who.int>.
- [36] Ndounla, J. (2007). Caractéristiques biologiques et physico-chimiques de l'eau de consommation et influence du mode d'approvisionnement sur la santé des populations à Dschang. Master thesis, Université de Dschang, Dschang, p. 105.
- [37] Nguendo, Y., HB. (2010). Suffering for water: Access to drinking water and associated health risks in Cameroon. *J Health Popul Nutr.*, 28: 424-435.
- [38] Pazh, (2000). (Programme d'Aménagement des Zones Humides). La pollution dans les zones humides du sud-Bénin: état actuel, impacts, stratégies de suivi et de lutte. Rapport de consultation, Bénin. 57 p.
- [39] Korajkic, A., Brownell M. J., Harwood V. J. (2011). Investigation of human sewage pollution and pathogen analysis at Florida Gulf coast beaches. *J Appl Microbiol*, 110: 174-183.
- [40] Agbossou, K. E., Sanny M. S., Zokpodo B., Ahamide B. et Guedegbe H. J. (2003). Evaluation qualitative de quelques légumes sur le périmètre maraîcher de Houéyiho, à Cotonou au sud-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 42 – Décembre 2003. 12 p.
- [41] McQuaig, S., Griffith J. F., Harwood V. J. (2012). The association of fecal indicator bacteria with human viruses and microbial source tracking markers at coastal beaches impacted by nonpoint source pollution. *Appl Environ Microbiol*.

- [42] Alio, S. A., Inoussa M. M., Samna S. O., Bakasso Y. (2017). Diversité et dynamique des Salmonella isolées de la laitue (*Lactuca sativa* L.) dans les cultures maraîchères au Niger (Afrique de l'ouest). *Journal of Applied Biosciences* 119: 11917-11928 ISSN 1997-5902.
- [43] Beuchat, L. R., (2002). Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. *Microbes Infect.*, 4 (4): 413-423.
- [44] Kroupitski, Y., Golberg D., Belausov E., Pinto R., Swartzberg D., David Granot D., Sela S. (2009). Internalization of *Salmonella enterica* in leaves is induced by light and involves chemotaxis and penetration through open stomata. *Appl Environ Microbiol* 75: 6076–6086.
- [45] Schikora, A., Virlogeux-Payant I., Bueso E., Garcia A. V., Nilau T., Garcia A. V., Nilau T., Charrier A., Pelletier S., Menanteau P., Velge P., Hirt H. (2011). Conservation of *Salmonella* Infection Mechanisms in Plants and Animals. *PLoS ONE* 6 (9): e 24112. DOI: 10.1371/journal.pone.0024112.
- [46] Monia, T., Raïs M., Naceur K., Nidhal M., Sonia S. (2016). Impact de L'épandage Agricole des Boues Résiduaire Urbaines sur la Qualité Microbiologique de Trois Légumes. *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X / 1450-202X Vol. 137 No 1 January, 2016, pp.26-36 <http://www.europeanjournalofscientificresearch.com>.
- [47] Gagliardi, J.V., Karns J. S. (2002). Persistence of *Escherichia coli* O157: H7 in soil and on plant roots. *Env.Microbiol.*4, 89-96.
- [48] Nicholson, F. A., Groves S. J., Chambers B. J. (2005). Pathogen survival during livestock manure storage and following land application. *Bioresour. Technol.*, 2005, 96, 135-143.
- [49] Hillborn, E. D., Mermin J. H., Mshar P. A., Hadler J. L., Voetsch A., Wojtkunski C., Swartz M., Mshar R., Lambet-Fair M. A., Farrar J.A., Glynn M.K., and Slutsker L. (1999). A multistate outbreak of *Escherichia coli* O157: H7 infections associated with consumption of mesclun lettuce. *Arch. Intern. Med.* 159: 1758-1764.
- [50] Solomon, E. B., Yaron S. & Matthews K.R. (2002). Transmission of *Escherichia coli* O157: H7 from contaminated manure and irrigation water to lettuce plant tissue and its subsequent internalization. *Appl. Environ. Microbiol.*68, (1), 397-400.
- [51] Ledet, M. L., Hjertqvist M., Payne L., Pettersson H., Olsson A., Plym-Forsell L., Andersson Y. (2007). Cluster of *Salmonella* Enteritidis in Sweden 2005-2006 – Suspected source: Almonds. *Euro Surveill.*, 2007; 12 (6), E 9-10.