

Alimentation de rue des populations : une santé en péril à Cotonou au Sud-Bénin ?

S. M. I. Hoteyi⁶, C. C. Gnimadi⁷, G. V. Adjadj⁶, A. M. Igue⁸ et G. A. Mensah⁸

Résumé

L'alimentation de rue devient un problème de santé publique en Afrique. Elle était un maillon faible du développement socioéconomique africain et la ville de Cotonou au Sud-Bénin, connaît la même situation. Quels sont les risques qui y sont liés? L'objectif de l'étude est d'analyser l'influence de la pollution urbaine, des pratiques culinaire et maraîchère sur l'alimentation de rue. L'enquête de terrain a pris en compte 260 vendeurs à Cotonou. Les aliments ont été présélectionnés sur les sites en tenant compte des risques élevés en contamination et de leur forte consommation. Les échantillons d'aliments de rue prélevés ont été analysés au laboratoire. Les résultats ont montré que 96% des vendeurs utilisaient l'eau de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) pour cuisiner les aliments, 36% l'utilisaient pour faire la vaisselle, tandis que 29% utilisaient l'eau de puits mais 35% se servaient de l'eau de la SONEB et de puits pour faire la vaisselle. Les 67,7% des vendeurs dépourvus de services de base ont eu recours à d'autres procédés contre 68,1% qui déféquaient dans la nature et 63,1% d'entre eux rejetaient et déversaient leurs déchets solides et liquides ménagés dans la nature. Les jus de tomate à l'état brut ou dilué avaient des pH acides avec des taux de nitrates compris entre 3,80 et 6,50 ppm p.f. contre 0,57-0,90 ppm p.f. et du benzo(a) pyrène cancérigène, ayant des taux variant de 36 à 54 ng/g dans les poissons fumés puis de 12 à 44 ng/g dans les échantillons de mouton rôti.

Mots clés : nourriture, citadins, maladies, environnement.

Street food: a health risk in Cotonou in Southern Benin?

Abstract

Street food is a public health problem in Africa. It was a weak link in the African socio-economic development and the town Cotonou in Southern Benin, experiencing the same situation. What are the risks associated with it? The study aims to analyze the influence of urban pollution, culinary and gardening practices in street food. The field survey included 260 vendors in Cotonou. The feed were chosen with a shortlist on the sites because of the high risk of contamination and their high consumption. The samples of the street food were analyzed in the laboratory. The results showed that 96% of sellers used the water of SONEB to cook feed, 36% used it to clean the dishes, while 29% used the well water but 35% have used the water SONEB and the well for dishwashing. The 67.7% of sellers lacking basic services have recourse to other methods against 68.1% who defecate in the wild and 63.1% of them reject and discharge their solid and liquid wastes formed in nature. The tomato juice in the raw or diluted acids have pH with nitrate levels between 3.80 and 6.50 ppm pf from 0.57 to 0.90 ppm against mp and benzo (a) pyrene carcinogenic, with rates ranging from 36 to 54 ng/g in smoked fish and 12 to 44 ng/g in samples of roast mutton.

Keywords: food, urban, diseases, environment.

INTRODUCTION

L'alimentation de rue constitue, de nos jours, un véritable problème de santé publique dans les grandes villes des pays africains. Elle continue d'être passée sous silence dans les préoccupations nationales de santé et de développement. L'alimentation de rue reste un maillon faible du

⁶ Dr Sêmassa Mohamed Ismaël HOTEYI, Direction Départementale de la Santé de l'Ouémé & Plateau (DDS-OP), Tél. : (+229) 95 42 35 99/97 62 44 13, E-mail : smihot@yahoo.fr, République du Bénin

Guy Vital ADJADJI, DDS-OP, Tél. : (00229) 97 39 66 28, E-mail : gvital70@yahoo.fr, République du Bénin

⁷ Dr Clément Codjo GNIMADI, Economie Locale et Développement Participatif, Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique, Tél. : (+229) 95 59 43 41/97 49 7 -34, E-mail : gnimadic2003@yahoo.fr, République du Bénin

⁸ Dr Ir. Attanda Mouinou IGUE, Laboratoire des Sciences du Sol, Eaux et Environnement, Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey), Institut National de Recherche Agronomique du Bénin (INRAB), 01 BP 988 Recette Principale, Cotonou 01, Tél. : (+229) 97 47 21 53, E-mail : igue_attanda@yahoo.fr, République du Bénin

Dr Ir. Guy Apollinaire MENSAH, CRA-Agonkanmey/INRAB, 01 BP 2359 Recette Principale, Cotonou 01, Tél. : (+229) 95 22 95 50/97 49 01 88, E-mail : mensahga@gmail.com, ga_mensah@yahoo.com, République du Bénin

développement des pays africains. Le Bénin n'échappe pas à cette situation. Dans la ville de Cotonou, la population est de 678.874 habitants dont 52% de femmes lors du quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH-4) de 2012 (INSAE, 2013). Cotonou est l'une des trois villes à statut particulier et la capitale économique du Bénin mais son hinterland regorge de nombreuses cités dortoirs. La croissance démographique de cette ville s'explique par la concentration des activités économiques (Port Autonome de Cotonou, Marché International de Dantokpa, Aéroport Cardinal Bernardin GANTIN, commerce des véhicules d'occasion, centres d'affaires, grandes écoles, trafic ferroviaire, services publics, etc.). A cette population s'ajoute celle des migrants temporaires qui ne disposent pas de moyens de cuisiner leur repas. Les migrants temporaires vivants hors de leur structure familiale, sont obligés de s'alimenter dans les rues. Toutefois, vu sa diversité et son attrait, l'alimentation de rue pose des problèmes d'insalubrité des produits proposés, des problèmes de l'hygiène corporelle des vendeurs et des problèmes de l'hygiène du cadre de distribution des denrées alimentaires.

Les aliments vendus sur la voie publique sont contaminés par de fortes concentrations de produits chimiques toxiques, de résidus de pesticides, de métaux lourds, de mycotoxines ou des additifs alimentaires non homologués, comme des teintures textiles. L'utilisation anarchique des pesticides sur les sites maraîchers représentent l'un des principaux problèmes de santé environnementale et publique dans les pays en développement engendrant la pollution de l'eau (Ciglasch *et al.*, 2008) , la contamination du sol (Islam *et al.*, 2006). La destruction des organismes utiles et le développement de la résistance des parasites entraînent des effets nuisibles sur les écosystèmes et la santé des producteurs et des consommateurs (Isin *et al.*, 2007; Waichman *et al.*, 2007). L'objectif de l'étude est d'analyser l'influence de la pollution urbaine, des pratiques culinaire et maraîchère sur l'alimentation de rue. L'accès à une alimentation saine et suffisante constitue un des droits fondamentaux de l'Homme.

MATERIELS ET METHODES

L'étude a été réalisée à partir de l'enquête de terrain et des analyses de laboratoire. Elle a été focalisée sur les principaux problèmes de l'alimentation de rue, la pollution environnementale et la prévalence d'un certain nombre de germes permettant d'appréhender la vulnérabilité aux risques sanitaires des consommateurs de l'alimentation de rue à Cotonou. Les informations recueillies auprès des vendeurs ont été ensuite complétées par les analyses de laboratoire et les observations de terrain.

Phase d'enquête

Une enquête a été organisée auprès des vendeurs des aliments de rue de Cotonou dans le but de cerner les connaissances et les comportements en la matière. Elle a été effectuée à l'aide d'un questionnaire qui combine les observations de l'enquêteur sur l'hygiène des lieux de vente ou des lieux de production. Les réponses recueillies ont porté sur les connaissances et les pratiques de ces acteurs intervenant dans le secteur des aliments de rue. Les instructions aux enquêteurs ont consisté à n'interroger que les personnes vendant des aliments, consommant les aliments et les maraîchers. Les vendeurs, consommateurs et maraîchers ont été choisis de façon raisonnée avec le choix par commodité. Le choix est raisonné parce que les principaux sites de vente ont été identifiés en fonction de l'importance de la clientèle, des types d'infrastructures existantes, des risques de pollution. L'enquêteur a parcouru les étalages des vendeurs d'aliments de rue, les centres maraîchers de Cotonou avec la méthode de choix par commodité. L'enquête a porté sur un échantillon de 260 vendeuses réparties sur 25 sites de vente à Cotonou, de 114 consommateurs et de 110 maraîchers. Un questionnaire a été élaboré et une pré-enquête a été faite auprès de 20 vendeurs choisis au hasard afin de le finaliser et de l'apurer (corrections et prise en compte de toutes les observations et difficultés rencontrées sur le terrain). Les enquêteurs ont été formés pour administrer les questionnaires. Les données collectées ont été saisies avec le logiciel Epi-Info puis traitées et analysées avec le logiciel SPSS. Les tableaux obtenus ont été transformés en graphique à l'aide du tableur EXCEL.

Prélèvement des échantillons de produits maraîchers, de poissons et de viande de mouton

Les analyses de laboratoire ont succédé au prélèvement des échantillons de produits maraîchers, poissons et viande de mouton. La présélection des produits a été retenue à cause du risque élevé de leur contamination et de leur grande fréquence de consommation. Les échantillons des produits prélevés, dans la journée, ont été mis en sachet alimentaire ou dans des flacons stériles, déposés dans une glacière contenant de la glace et acheminés au laboratoire pour y être analysés au Laboratoire de l'Unité de Recherche en Ecotoxicologie et Etude de Qualité (UREEQ) du Bénin. Le

nombre des échantillons prélevés sur les sites et chez les grossistes, puis analysés, a varié entre 6 et 15 donc n'ont pas été les mêmes selon la nature des types de produits comme les produits maraîchers (laitue, carotte, grande morelle et tomate), les eaux, les sols, le poisson fumé et le mouton rôti appelé tchanchanga en fongbé, une langue parlée largement au sud et au centre du Bénin (Tableau 1).

Tableau 1. Liste des échantillons analysés et des paramètres déterminés.

Types de produits	Paramètres recherchés	Nombre d'échantillons
Laitue, carotte, grande morelle et tomate	Métaux lourds (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Zn)	15
	HAP	
	PCBs	
	Nitrate (NO ₃ ⁻)	
	Nitrite (NO ₂ ⁻)	
Sols et eaux	Métaux lourds (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Zn)	8
	HAP	
	PCBs	
	Nitrate (NO ₃ ⁻)	
	Nitrite (NO ₂ ⁻)	
Poisson fumé et mouton rôtis (tchanchanga)	Métaux lourds (Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Zn)	6
	HAP	
	PCBs	
	Nitrate (NO ₃ ⁻)	
	Nitrite (NO ₂ ⁻)	
	Traces de poussières	
Sols, eaux et aliments	Résidus de pesticides	20

Méthode d'analyse

L'analyse de contenu a été privilégiée dans l'analyse pour apprécier le respect des textes en vigueur dans le domaine de l'alimentation de rue et les caractéristiques des vendeurs selon l'accès aux services de l'eau, d'hygiène et d'assainissement. L'analyse de laboratoire a permis de faire la mesure du PH des échantillons et le dosage des sels nutritifs (nitrates et nitrites) ainsi que le dosage d'autres paramètres nuisibles à l'organisme humain.

Mesure du pH des échantillons

Pour mesurer le pH, les échantillons de fruits et légumes ont été lavés et broyés au moyen d'un broyeur de type Moulinex. Les échantillons de légumes à feuilles ont permis de mesurer le pH en faisant les deux solutions du broyat suivantes : (1) la première solution a été obtenue en diluant le broyat au 1/3, soit 1 masse de broyat pour 2 masses d'eau distillée pour un pH (D1/3) ; (2) la deuxième solution est obtenue en diluant le broyat au 1/5, soit 1 volume de broyat pour 4 volumes d'eau distillée pour un pH (D1/5). En résumé l'on a obtenu par exemple pour la tomate ce qui suit : (1) D0 : tomate mure broyée sans dilution ; (2) D1/3 : tomate mure broyée avec dilution d'un facteur 3 ; (3) D1/5 : tomate mure broyée avec dilution d'un facteur 5. Toutefois, une mesure supplémentaire de pH a été faite pour les tomates mures sur le broyat pur sans dilution soit pH (Do). Les deux ou trois valeurs de pH ont permis d'apprécier l'acidité des échantillons.

Dosage des sels nutritifs (Nitrate, Nitrite)

Pour les échantillons d'eau, les ions nitrate et nitrite ont été dosés par la méthode de réduction au cadmium (Standard Methods, 1995 ; LME/GOG, 1998). Le dosage des nitrates et nitrites dans les végétaux et aliments a été fait par une extraction et un dosage donc en deux phases (1) et (2). L'extraction a permis de faire ce qui suit : laver proprement les légumes à l'eau distillée ; prélever 5 g de matière puis l'introduire dans un mortier en porcelaine ; ajouter une cuillerée à café de charbon actif ; broyer sérieusement puis ajouter 40 ml d'une solution d'acide acétique à 2% ; filtrer puis ajuster le filtrat à 50ml avec la solution d'acide acétique à 2%. Le dosage des nitrates a consisté à faire ce qui suit : -i- le dosage du filtrat à l'instar des échantillons d'eau (méthode par réduction au cadmium) ; -ii- la lecture au spectrophotomètre à longueur d'onde de 543 nm avec une précision de 0,01mg/litre d'azote nitreux. Le dosage de nitrite a pris en compte l'extraction et le dosage. La lecture au spectrophotomètre sur un prélèvement du filtrat a été faite avec un appareil où la longueur d'onde a été de 543 nm et une précision de 0,003 mg/litre de NO₂⁻.

Les dosages des micropolluants inorganiques (métaux lourds) et organiques (hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), de polychlorobiphényles (PCB) et de résidus de pesticides organochlorés) dans l'eau, le sol et la matière vivante, ont été faits selon les méthodes développées par "Standard Methods" (1995) et Projet LME/GOG (1998). Les échantillons de légumes, de fruits, de poisson fumé et de mouton rôti n'ont pas été lavés avant le broyage, l'extraction et l'analyse. Les tubercules de carotte, par contre, ont été sommairement trempés dans l'eau (sans frottement) pour les débarrasser des particules minérales de sable. Cette méthode a permis d'apprécier l'utilisation des pesticides organochlorés dans les centres maraîchers de Cotonou et d'analyser les résidus de pesticides absorbés à la surface des carottes ou à l'intérieur de celles-ci. Les métaux lourds ont été déterminés par spectrophotométrie d'absorption atomique. L'échantillon a été aspiré, dans une flamme, et, a été atomisé en spectrophotométrie d'absorption atomique de flamme. Un faisceau de lumière a été envoyé à travers la flamme dans un monochromateur et sur un détecteur qui mesure la quantité de lumière absorbée par l'élément atomisé. Une lampe source composée de chaque élément a été utilisée permettant d'éliminer, dans une large mesure, les interférences. La quantité d'énergie absorbée, à la longueur d'onde caractéristique dans la flamme, a été proportionnelle à la concentration de l'élément dans l'échantillon sur une gamme limitée de concentrations.

Les hydrocarbures chlorés tels les PCB dans l'eau ont été analysés selon la méthode AFNOR NF EN ISO 6468 (Collectif AFNOR, 2001) couplée avec les méthodes développées par "Standard Methods" (1995) et Projet LME/GOG (1998). Les HAP et les PCB dans les sols et biota (tissus végétaux et animaux) ont été analysés selon les méthodes développées par "Standard Methods" (1995) et Projet LME/GOG (1998). Les limites de détection sont de l'ordre de 0,010 ng/g pour chaque composé individuel.

RESULTATS

Respect des exigences administratives

L'enquête de terrain a révélé que les 4/5 des vendeurs n'ont pas respecté les prescriptions administratives. Les 4/5 des vendeurs des aliments de rue n'ont pas reçu l'autorisation de vendre auprès d'une autorité administrative. Le 1/5 des vendeurs d'aliments de rue ont été autorisés à vendre la nourriture au public et ont exhibé leur autorisation aux enquêteurs. L'obtention d'un certificat médical constitue une exigence administrative avant toute installation. Les 4/5 des vendeurs ont déclaré n'avoir jamais fait la visite médicale contre le 1/5 qui a été en règle et ont fait le renouvellement de la visite médicale une fois par an (Tableau 2).

Tableau 2. Respect des exigences administratives par des vendeurs

Variables		Vendeurs	
		Nombre	Taux en %
Autorisation d'installation	Non	225	86,54
	Oui	35	13,46
Certificat visite médical	Non	226	86,92
	Oui	34	13,08
Intervalle renouvellement visite médicale	<1 an	06	17,65
	1 à 2 ans	09	26,47
	> 2ans	19	55,88

Caractéristiques des vendeurs selon l'accès aux services de l'eau, d'hygiène et d'assainissement

La qualité de l'eau potable pour la préparation et la vaisselle constitue une assurance pour la santé des populations. La présente a mis en exergue 95,8% de vendeurs ayant affirmé utiliser l'eau distribuée par la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) pour la préparation. Les 88,46% se sont approvisionnés aux robinets des voisins, et près de 35,77% du total des vendeurs ont fait exclusivement usage de l'eau de la SONEB pour la vaisselle (Figure 1). Les vendeuses qui ont travaillé avec l'eau de la SONEB et puits pour la vaisselle ont été de 35% contre 29,23% ayant une exclusivité pour l'eau de puits (Figure 2). Les vendeurs qui ont déclaré disposer d'un système d'approvisionnement adéquat en lieu d'aisance ou latrine sur les lieux de préparation/vente ont représenté (5%) du total des vendeurs enquêtés contre 4,62 % présentant de dispositifs adéquats d'évacuation des eaux usées. Les 19,62% du total des vendeurs ont eu accès aux services de collecte des ordures ménagères (Abonnement/Charretiers privés/ONG). Les 67,69% du total des vendeurs dépourvus de services de base ont eu recours à d'autres procédés. Les 68,08% des vendeurs déféquaient dans la nature contre les 63,08% d'entre eux qui ont rejeté et déversé leurs

déchets solides et liquides ménagés dans la nature tels les terrains vagues, les voies publiques, etc. (Figure 3).

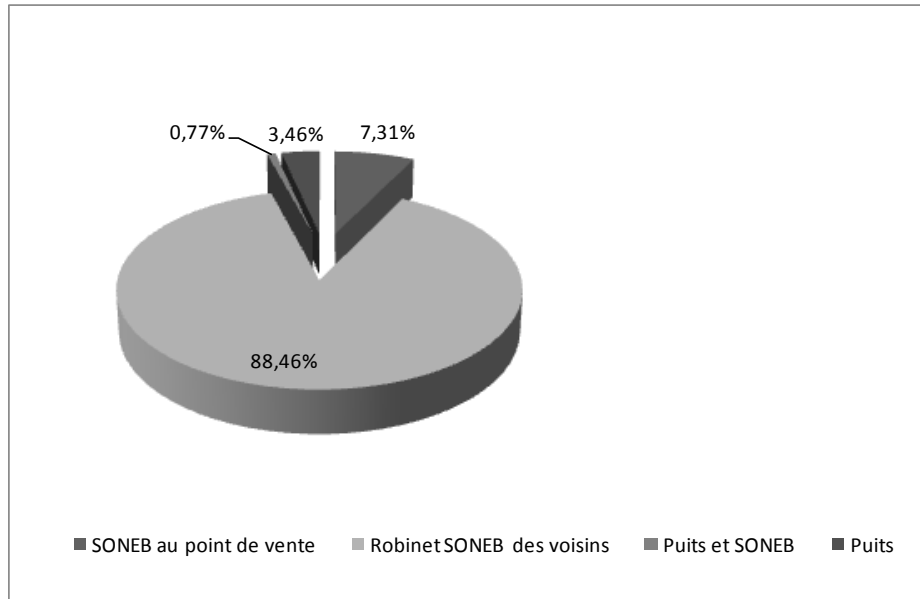


Figure 1. Répartition des vendeurs selon la source d'eau utilisée

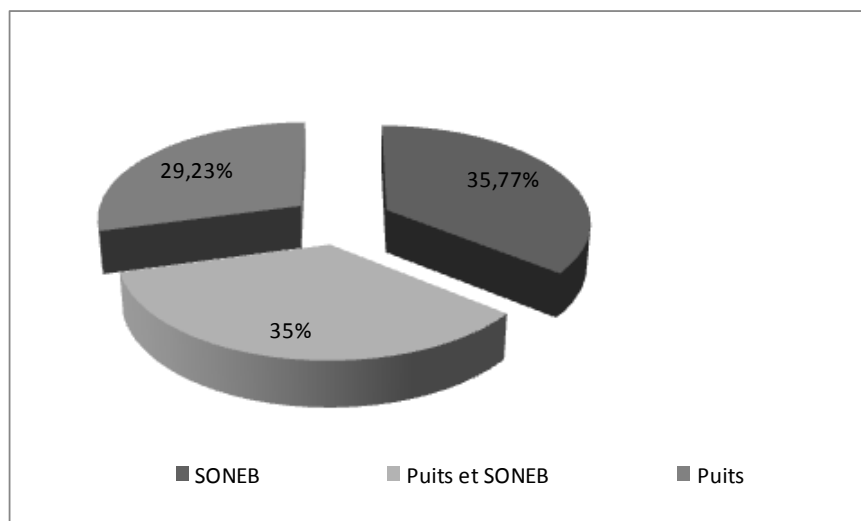


Figure 2. Répartition des vendeurs selon l'accès à l'eau potable pour le nettoyage

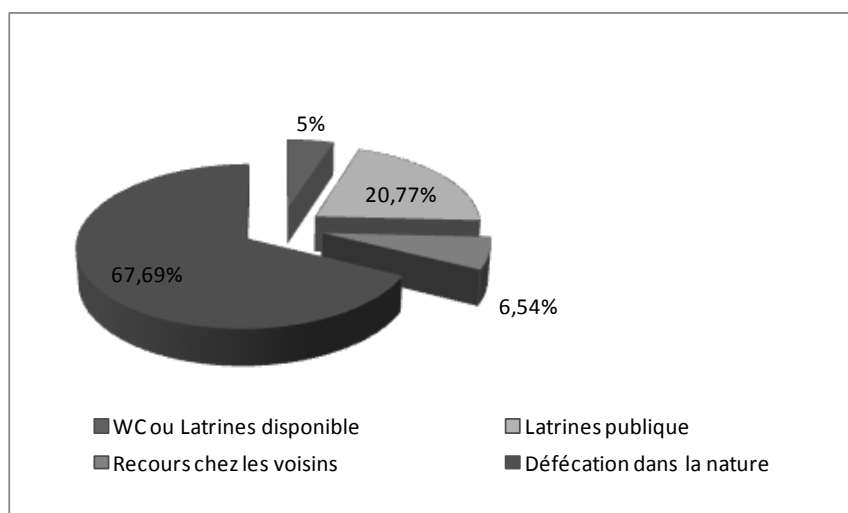


Figure 3. Répartition des vendeurs selon le lieu d'aisance

Résultats d'analyses au laboratoire de la qualité chimique et toxicochimique de certaines denrées alimentaires consommées dans la ville de Cotonou

Les analyses de laboratoire ont révélé l'existence de contaminants inorganiques et organiques Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Zn, Σ HAP, PCB, NO_3^- et NO_2^- dans les échantillons de fruits et légumes (laitue, carotte, grande morelle et tomate) destinés à la consommation produits en maraîchage et/ou vendus dans la ville de Cotonou (Tableaux 3, 4 et 5). Les contaminants inorganiques et organiques comme le cuivre (Cu), le mercure (Hg), les hydrocarbures aromatiques polycycliques totaux (Σ HAP) et les polychlorobiphényles (PCB) n'ont pas été détectés dans les échantillons des centres maraîchers puisque la concentration a été inférieure à la limite de détection. Toutefois, les teneurs en cadmium (Cd) dans les échantillons de grande morelle étaient 1,42 fois et 34,8 fois plus élevées que celles enregistrées dans les échantillons de la laitue (Tableau 3). Par contre, les teneurs en plomb (Pb), en chrome (Cr) et en zinc (Zn) dans les échantillons de la laitue étaient respectivement 4,67 fois, 1,45 fois et 1,08 fois plus élevées que celles enregistrées dans les échantillons de la grande morelle (Tableau 3). Les teneurs en nitrates NO_3^- et en nitrites NO_2^- dans les échantillons de la grande morelle étaient respectivement 1,42 fois et 3,98 fois plus élevées que celles enregistrées dans les échantillons de la laitue (Tableau 3). Plus de la moitié des échantillons de tomate contenait du zinc contre un peu moins du tiers des échantillons de tomate qui contenait du chrome et du cuivre (Tableau 4).

Tableau 3. Teneurs moyennes en métaux lourds, en nitrates NO_3^- et en nitrites NO_2^- dans des échantillons de laitue et de grande morelle

Echantillons de	Lieux de prélèvement	Métaux lourds (ppm)				NO_3^- (ppm p.f)	NO_2^- (ppm p.f)
		Cd	Pb	Cr	Zn		
Laitue 1	C.M. de Marina Hôtel	0,098	ND	0,50	28,60	43,50	0,59
Laitue 2	C.M. de Houéyiho (côté Est)	ND	3,617	ND	48,44	41,08	0,29
Laitue 3	C.M. de Houéyiho (côté Ouest)	ND	3,187	ND	57,73	76,38	0,35
Laitue 4	Marché de fruits de Cadjèhoun	ND	1,60	0,86	37,67	56,81	0,45
Moyenne		0,098	2,80	0,68	43,11	54,44	0,42
Ecart-type		0	1,06	0,25	12,68	16,18	0,13
Coefficient de Variation (CV%)		0	37,92	37,44	29,41	29,72	31,23
Grande morelle 1	C.M. Aéroport face Dépôt Texaco	ND	ND	0,26	20,81	78,33	1,33
Grande morelle 2	C.M. Houéyiho (côté Est)	2,935	ND	0,53	77,62	86,70	2,00
Grande morelle 3	C.M. Houéyiho (côté Ouest)	3,884	0,60	0,61	51,28	80,10	1,62
Grande morelle 4	Marché St-Michel	ND	ND	ND	9,55	62,90	1,72
Moyenne		3,41	0,6	0,47	39,82	77,01	1,67
Ecart-type		0,67	0	0,18	30,76	10,07	0,28
Coefficient de Variation (CV%)		19,68	0	39,30	77,25	13,08	16,59

C.M. : Centre Maraîcher

Tableau 4. Teneurs moyennes en métaux lourds dans des échantillons de tomate

Echantillons de tomate (T)	Lieux de prélèvement	Métaux lourds (ppm)		
		Cu	Cr	Zn
T1	C.M. Aéroport Face Dépôt Texaco	0,82	0,45	18,95
T2	C.M. Aéroport Face Dépôt Texaco	1,25	0,68	20,26
T3	Marché de fruits de Cadjèhoun	ND	ND	9,53
T4	Agla à côté des rails non loin boulangerie St-Daniel	ND	ND	5,81
Moyenne		1,035	0,565	13,6375
Ecart-type		0,30	0,16	7,08
Coefficient de Variation (CV%)		29,38	28,78	51,89

C.M. : Centre Maraîcher

Les micropolluants organiques comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les polychlorobiphényles (PCB) n'ont pas été détectés dans les échantillons de carotte. Près des 2/3 des

échantillons de carotte contenait du zinc contre un peu plus de la moitié qui contenait du cuivre et un peu plus du tiers qui contenait du chrome (Tableau 5). Par contre, un peu plus du tiers des échantillons de carotte contenait des nitrates NO^3 et un peu plus du cinquième contenait des nitrites NO^2 (Tableau 5).

Les valeurs moyennes des températures et des pH des échantillons de tomate étaient presque invariables (Tableau 6). Pourtant, un peu plus du cinquième des échantillons de tomate, contenait des nitrates NO^3 et un peu plus du sixième contenait des nitrites NO^2 (Tableau 6). Toutefois, les teneurs moyennes en cadmium et en plomb détectées dans les échantillons de tomate étaient en deçà des limites de détection par la spectrométrie d'absorption atomique (AAS).

Tableau 5. Teneurs moyennes en métaux lourds, en nitrates NO^3 et en nitrites NO^2 dans des échantillons de carotte

Echantillons de carotte (C)	Lieux de prélèvement	Métaux lourds (ppm)			NO^3 (ppm p.f)	NO^2 (ppm p.f)
		Cu	Cr	Zn		
C1	C.M. Aéroport Face Dépôt Texaco	ND	0,29	9,64	48,01	0,62
C2	C.M. Houéyiho (côté Est)	0,26	0,25	38,83	50,14	0,58
C3	C.M. Houéyiho (côté Ouest)	0,58	0,40	37,75	101,11	0,44
C4	Marché Ganhi	ND	0,56	14,72	84,56	0,74
Moyenne		0,42	0,375	25,235	70,955	0,595
Ecart-type		0,23	0,14	15,22	26,17	0,12
Coefficient de Variation (CV%)		53,87	36,98	60,32	36,88	20,79

C.M. : Centre Maraîcher

Tableau 6. Valeurs moyennes de la température et du pH, et teneurs moyennes en nitrates NO^3 et en nitrites NO^2 dans des échantillons de tomate

Echantillons de tomate (T)	Lieux de prélèvement	Température du jus de tomate (°C)	pH			NO^3 (ppm p.f)	NO^2 (ppm p.f)
			pH(D ₀)	pH(D _{1/3})	pH(D _{1/5})		
T1	C.M. Aéroport Face Dépôt Texaco	27,76	4,03	3,84	3,79	4,24	0,58
T2	C.M. Aéroport Face Dépôt Texaco	27,80	3,71	3,60	3,52	3,88	0,76
T3	Marché de fruits de Cadjèhoun	27,80	3,58	3,86	3,64	5,90	0,80
T4	Agla à coté des rails Non loin boulangerie St-Daniel	27,80	4,07	3,99	3,97	6,30	0,86
Moyenne		27,790	3,848	3,823	3,730	5,080	0,750
Ecart-type		0,020	0,240	0,163	0,194	1,198	0,121
Coefficient de Variation (CV%)		0,072	6,246	4,253	5,212	23,585	16,074

C.M. : Centre Maraîcher

Le zinc, le plomb et le chrome ont été les métaux lourds ont été présents dans l'ensemble des échantillons de sols prélevés dans des centres maraîchers. Toutefois, le zinc a été le métal le plus présent dans les échantillons de sols prélevés dans des centres maraîchers (Tableau 7). Les micropolluants organiques représentés par les HAP totaux n'ont été présents que dans l'échantillon de sol prélevé au centre maraîcher de l'aéroport aux abords immédiats de la station Texaco de stockage de produits pétroliers, l'une des sources de contamination. Les teneurs des sels azotés (nitrates et nitrites) ont été élevées dans les échantillons de sols prélevés dans les puits d'arrosage et autres sources d'eau des centres maraîchers. Un peu plus des 4/5^{ème} des échantillons de sol contenait des nitrites NO^2 et un peu plus des 2/5^{ème} contenait des nitrates NO^3 (Tableau 7).

Un peu plus du tiers des échantillons d'eau prélevés dans les puits d'arrosage et autres sources d'eau des centres maraîchers, contenait du cuivre (Tableau 8). Les valeurs moyennes des températures et des pH des échantillons d'eau prélevés dans les puits d'arrosage et autres sources d'eau des centres maraîchers étaient presque invariables (Tableau 8). Les eaux ont été légèrement à pH acide. Pourtant,

un peu plus des 9/10^{ème} des échantillons d'eau prélevés dans les puits d'arrosage et autres sources d'eau des centres maraîchers, contenaient des nitrates NO³⁻ et un peu plus des 2/3 contenaient des nitrites NO²⁻ (Tableau 8). Les plus forts taux de nitrates et de nitrites ont été observés des échantillons d'eau prélevés dans le centre maraîcher situé aux abords immédiats de Marina Hôtel (Tableau 8).

Tableau 7. Teneurs moyennes en métaux lourds, en hydrocarbures aromatiques polycycliques totaux (Σ HAP), en nitrates NO³⁻ et en nitrites NO²⁻ dans des échantillons de sols prélevés dans des centres maraîchers

Echantillons de sols (S)	Lieux de prélèvement	Métaux lourds (ppm)					Σ HAP (ng/g p.s)	NO ³⁻ (ppm p.s)	NO ²⁻ (ppm p.s)
		Cd	Pb	Cu	Cr	Zn			
S1	C.M. Marina Hôtel	1,157	13,36	ND	57,03	70,67	ND	34,51	1,14
S2	C.M. face dépôt Texaco Aéroport	ND	33,95	0,94	ND	81,33	32,09	52,11	0,335
S3	C.M. Houéyiho côté Est	ND	15,33	2,53	5,67	66,67	ND	104,71	0,420
S4	C.M. Houéyiho côté Ouest	ND	20,43	1,96	8,60	73,67	ND	84,76	2,33
Moyenne		1,157	20,77	1,81	23,77	73,09	32,09	69,02	1,06
Ecart-type		0	9,28	0,81	28,84	6,20	0	31,61	0,92
Coefficient de Variation (CV%)		0	44,68	44,51	121,36	8,48	0	45,80	87,36

C.M. : Centre Maraîcher

Tableau 8. Teneurs moyennes en cuivre et en nitrates, valeurs moyennes de la température et du pH dans des échantillons d'eau prélevés dans les puits d'arrosage et autres sources d'eau des centres maraîchers

Echantillons d'eau (E)	Lieux de prélèvement	Cuivre (ppm)	T°C	pH	NO ₃ (mg/L)	NO ₂ (mg/L)
E1	C.M. Marina Hôtel	0,030	27,48	6,63	63,48	0,290
E2	C.M. Aéroport face Dépôt Texaco	0,059	28,3	6,79	9,450	0,157
E3	C.M. Houéyiho Est	0,031	27,6	6,83	17,81	0,106
E4	C.M. Houéyiho Ouest	0,053	28,1	6,77	14,48	0,072
Moyenne		0,043	27,870	6,755	26,305	0,156
Ecart-type		0,015	0,393	0,087	25,020	0,096
Coefficient de Variation (CV%)		34,521	1,409	1,288	95,117	61,290

C.M. : Centre Maraîcher

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) totaux ont été retrouvés dans un peu plus du dixième des échantillons de poisson fumé et prélevés à Placodji (Tableau 9). Les échantillons de thon ont présenté le fort taux de HAP totaux. Pour les polychlorobiphényles (PCB), la contamination n'a été observée qu'au niveau des échantillons de Thon. La teneur en cuivre dans les échantillons de poisson fumé et prélevés à Placodji a été 1,55 fois celle en chrome (Tableau 9). Un peu plus du quart des échantillons de poisson fumé et prélevés à Placodji contenait du plomb (Tableau 9). Alors qu'un peu plus du sixième des échantillons de poisson fumé et prélevés à Placodji contenait du zinc (Tableau 9). Un peu plus des 2/3 des échantillons de poisson fumé et prélevés à Placodji contenait des nitrites contre un peu moins des 2/3 des échantillons de poisson qui contenait plutôt des nitrates (Tableau 9). Un peu plus du quart des échantillons de viande de mouton rôti contenait du plomb (Tableau 10). Alors qu'un peu plus du tiers des échantillons de viande de mouton rôti contenait du chrome (Tableau 10). La présence du plomb dans les échantillons de mouton rôti et de poisson était à des concentrations comparables. Un peu plus du cinquième des échantillons de viande de mouton rôti contenait des nitrites contre un peu plus du vingtième des échantillons de viande de mouton rôti qui contenait plutôt des nitrates (Tableau 10). Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) totaux ont été détectés à de taux paraissant élevés dans un peu moins des ¼ des échantillons de viande de mouton rôti. Par contre les polychlorobiphényles (PCB) n'ont pas été détectés dans les échantillons de viande de mouton rôti. Le benzo(a) pyrène, le composé aromatique le plus cancérigène, a été présent avec des teneurs comprises entre 36 et 54 ng/g dans les échantillons de poisson fumé (Tableau 10) puis entre 12 et 44 ng/g dans les échantillons de viande de mouton rôti (Tableau 10).

Enfin, des traces de poussières ont été détectées sur des échantillons de viande de mouton rôti vendus dans le marché de bétail du quartier Zongo (Tableau 10).

Tableau 9. Teneurs moyennes en métaux lourds, en nitrates, en hydrocarbures aromatiques polycycliques totaux (Σ HAP) et en polychlorobiphényles (PCB) dans des échantillons de poisson fumé prélevés à Placodji

Echantillons de poisson (P)	Métaux lourds (ppm poids sec)				NO ³⁻ (ppm p.f.)	NO ²⁻ (ppm p.f.)	Σ HAP (ng/g p.s.)	PCB (ng/g p.s.)
	Pb	Cu	Cr	Zn				
P1 Tilapia sp. (S. niloticus)	2,910	ND	ND	32,54	1,88	0,007	1.465	ND
P2 Tilapia sp. (S. galileus)	1,848	ND	ND	22,53	2,22	0,005	1.549	ND
P3 (Thon)	3,173	0,696	0,45	34,15	5,34	0,017	1.804	2,037
Moyenne	2,64	0,696	0,45	29,74	3,147	0,010	1,606	2,037
Ecart-type	0,70	0	0	5,14	1,91	0,01	0,18	0
Coefficient de Variation (CV%)	26,54	0	0	17,28	60,61	66,51	10,99	0

Tableau 10. Teneurs moyennes en métaux lourds, en poussières, en nitrates et en accumulation hydrocarbures aromatiques polycycliques (Σ HAP) dans des échantillons de viande de mouton rôti

Echantillons de viande	Lieux de prélèvement	Métaux lourds (ppm poids sec)		Poussières (%)	NO ³⁻ (ppm p.f.)	NO ²⁻ (ppm p.f.)	HAP totaux (ng/g p.s.)
		Pb	Cr				
Mouton rôti 1	Zongo derrière Pharmacie Zoclanclounon	2,697	ND	ND	4,31	1,005	596
Mouton rôti 2	Zongo marché de bétail	1,731	1,30	0,006	4,40	1,540	2.032
Mouton rôti 3	Zongo devant Mosquée	3,142	0,77	ND	3,85	1,280	1.670
Moyenne		2,52	1,04	0,006	4,19	1,28	3,22
Ecart-type		0,72	0,37	0	0,30	0,27	2,38
Coefficient de Variation (CV%)		28,59	36,21	0	7,05	20,98	73,87

DISCUSSION

Le Bénin fait face aux maladies d'origine alimentaire. Les maladies d'origine alimentaire sont les maladies diarrhéiques, les helminthiases, les fièvres typhoïdes, le choléra, etc. Les effets de ces maladies sont sous-évalués. Les maladies d'origine alimentaire constituent un véritable problème de santé publique au Bénin. Elles figurent parmi les cinq premiers motifs de consultation et d'hospitalisation dans les formations sanitaires du Bénin. La situation est aggravée par la récurrence et la recrudescence des intoxications alimentaires. L'analyse du processus d'urbanisation de la ville de Cotonou offre une grille de lecture intéressante des interactions entre santé et environnement urbain à travers l'étude de questions relatives à l'accès à des services vitaux comme l'eau potable, l'assainissement et la collecte des ordures ménagères. Les problèmes alimentaires sont préoccupants avec une tendance qui se maintient dans le temps sauf pour certaines maladies (helminthiases, choléra). Par ailleurs, le développement de la pathologie urbaine est lié à l'effet interactif de l'insuffisance des équipements sanitaires et des modes de vie des populations qui sont largement sous influence des conditions de pauvreté. Les conséquences du déficit de gestion de l'espace urbain sur les aspects sanitaires des populations sont dès lors très dramatiques.

Conformité aux exigences réglementaires et législatives

Les 13% des acteurs du secteur de l'alimentation de rue n'ont pas pu exhiber de certificat médical, tandis que 87% parmi eux ne sont pas autorisés à s'installer et 29% des vendeurs utilisent exclusivement l'eau de puits pour la vaisselle. Une telle situation justifie la contamination des plats

utilisés pour la vente de la nourriture. Pourtant, l'article 9 de la loi 84 – 009 du 15 mars 1984 sur le contrôle des denrées alimentaires et l'article 44 de la loi N° 87-015 du 21 septembre 1987 portant Code de l'Hygiène Publique au Bénin stipulent que la production et la commercialisation des denrées alimentaires sont soumises à une déclaration auprès d'une autorité administrative ou à une autorisation préalable de cette dernière. Au regard des données collectées, la salubrité des kiosques de vente, des magasins de stockage, des comptoirs de vente et de leur matériel de vente, des moyens de transport, des conditions d'aménagement et de fonctionnement des abattoirs ainsi que des fabriques et des laboratoires de préparation des aliments ne respectent pas les dispositions du code de l'hygiène publique au Bénin. La conséquence du déficit de gestion de l'espace urbain sur les aspects sanitaires des populations sont dès lors très importantes.

Hygiène et assainissement des points de préparation et de vente de l'alimentation de rue

L'accumulation de quantités importantes d'immondices dans l'espace de préparation/vente, générés par les pratiques des vendeurs, ont créé des conditions peu hygiéniques exposant les consommateurs et vendeurs à des maladies comme la diarrhée, le choléra, etc. Cette étude a offert une grille de lecture intéressante des interactions entre aliment de rue et pollution urbaine à travers l'étude de questions relatives à l'accès à des services vitaux comme l'eau potable, l'assainissement et la collecte des ordures ménagères. Les travaux menés par Handschumacher *et al.* (1997) et Fewtrell *et al.* (2005) sur les interactions entre environnement et santé montrent que l'inexistence de services adéquats pour l'assainissement du milieu ont participé à l'insalubrité du milieu occasionnant des maladies liées à l'hygiène.

Les espaces bénéficiant d'une desserte de qualité dans le domaine de l'eau potable, de l'assainissement et de la collecte des ordures ménagères ont contribué à la préservation de leur environnement et par conséquent des risques sanitaires. La concentration de pathologies dans les espaces urbains s'explique par la faiblesse des équipements en assainissement et des services. Ce qui entraîne une détérioration des conditions environnementales (Curtis et Cairncross, 2003 ; Obrist *et al.*, 2006). Les lieux de préparation et de vente des aliments ont été des sources potentielles de contamination des aliments. Les lieux de préparation et de vente sont souvent situés à une distance très faible des caniveaux, des égouts et des tas d'ordure. Les eaux usées produites lors de cette activité sont jetées dans ces caniveaux. Ces eaux ont renforcé la pollution de l'atmosphère par des odeurs nauséabondes dans la mesure où ces eaux rejetées ne sont pas débarrassées des débris. Le contexte environnemental marqué par la faible disponibilité de l'eau potable, l'absence de dispositifs d'évacuation des eaux usées domestiques et des ordures ménagères, la pullulation de nombreux dépotoirs sauvages de déchets ménagers et les pratiques d'hygiène inappropriées ont entraîné la propagation des pathologies comme les maladies diarrhéiques. Cette étude confirme les résultats de Curtis et Cairncross (2003) et de Obrist *et al.* (2006).

Caractéristiques démographiques et socio-économiques des consommateurs des aliments de rue

L'alimentation de rue est devenue, à Cotonou, un mode en pleine expansion. Elle tient une place importante, tant du point de vue économique, alimentaire, nutritionnel, dans la ville. Les 73% des consommateurs interrogés étaient de sexe masculin contre 27% de femmes soit un sexe ratio de 2,7 hommes pour 1 femme. Le nombre important des populations ayant effectué la migration pendulaire vers cette métropole explique l'accroissement de la demande de l'alimentation de rue. Les travailleurs du secteur public et du secteur privé qui parcourent des dizaines de kilomètres pour se rendre sur leur lieu de travail sont la principale raison de la prolifération des aliments de rue à Cotonou. En effet, tous ces nombreux travailleurs n'ont pas le temps pour préparer leur nourriture et ils s'alimentent à moindre coût. Une relation de cause à effet peut s'établir entre l'appréciation de la qualité de l'aliment et l'hygiène qui entoure leur vente. Ainsi, la mauvaise qualité de l'eau, l'utilisation des matières premières et des ingrédients de mauvaise qualité exposent les consommateurs à plusieurs maladies d'origine alimentaire telles que la diarrhée, le choléra, la fièvre entérique (typhoïde), les maladies de la peau, l'intoxication alimentaire, les vers intestinaux, etc. Le développement de certaines pathologies urbaines est lié à l'effet interactif de l'insuffisance des équipements sanitaires et des modes de vie des populations qui sont largement sous l'influence des conditions de pauvreté.

Réalités des sites du maraîchage

Waichman *et al.* (2007) rapportent qu'au Brésil les 92% de maraîchers sont de sexe masculin tandis que cette étude révèle la proportion de 71,8% des maraîchers au Bénin. A Cotonou, les 35,5% des maraîchers ont fait le cours primaire tandis que 60% du total des maraîchers déclarent avoir fait le secondaire et plus. Malgré ces niveaux d'instruction, les maraîchers ne suivent pas les instructions

pour l'épandage des produits chimiques. Toutefois, en matière de formation, le besoin demeure réel dans la mesure où 61% des maraîchers n'ont jamais bénéficié d'un encadrement technique. Brévault *et al.* (2014) soulignent que les maraîchers rencontrent des difficultés dans leurs exploitations. Les produits maraîchers sont souvent attaqués par des insectes nuisibles aux végétaux. Les contraintes liées à la production des cultures maraîchères sont la forte pression parasitaire, la faible organisation autour des activités de production maraîchère, l'accès limité des acteurs aux facteurs et aux moyens de production, les difficultés liées aux techniques de production, l'absence ou l'insuffisance de contrôle de la qualité des intrants utilisés sur les périmètres et l'utilisation de substances toxiques et rémanentes lors du traitement phytosanitaire des légumes. Face à ces problèmes, le moyen de lutte utilisé dans les pépinières et dans la conduite des cultures consistent à l'épandage d'insecticides chimiques tels que Orthène, Sherlone, Dursban, Malathion, Sumithion, Furadon, Sumicidin, Régent, Talstar, Décis, Manate, Topsin M, Kini-Kini, Manèbe, Cyfluthrine, Prophénofos, etc. (Sæthre *et al.*, 2013). Ces produits sont devenus rares sur les marchés et les producteurs font recours à des pesticides destinés au traitement du coton. Les pesticides du coton comportent de sérieux risques pour la santé humaine, aussi bien pour les maraîchers que pour les personnes qui manipulent ces légumes ou qui les consomment. La non maîtrise des techniques culturales et de fabrication de compost augmentent le risque d'accumulation de certains polluants dans le sol, dans l'eau, voire dans les cultures. Les travaux de Soclo *et al.* (1999) ont révélé que le compost fabriqué à partir d'ordures ménagères contient des teneurs relativement élevées en métaux lourds tels que le plomb (Pb), le cuivre (Cu), le zinc (Zn) et le cadmium (Cd), tandis que les légumes cultivés comme le chou et la carotte les accumulent dans des proportions légèrement supérieures aux normes de l'OMS. Une étude menée par Williamson *et al.* (2008) sur la quantité des pesticides utilisés révèle une pulvérisation tous les 3 à 5 jours. Les effets cumulatifs d'une telle exposition sur de longues périodes constituent un risque important pour les agriculteurs urbains ; leur peau est l'organe le plus exposé dans cet état (Clarke *et al.*, 1997).

Résultats d'analyses au laboratoire de la qualité chimique et toxicochimique de certaines denrées alimentaires consommées dans la ville de Cotonou

Extenso (2012) mentionne que lorsqu'ils consultent la liste d'ingrédients des aliments, les consommateurs sont parfois inquiets de constater la présence de certains composés, entre autres les nitrates et les nitrites. Les nitrates et les nitrites sont des molécules que l'on trouve naturellement dans l'environnement (l'eau, l'air et le sol). Le nitrate est une forme oxydée de l'azote, un gaz qui constitue 78 % de l'air qu'on respire. De nos jours, on trouve également des nitrates dans les engrais minéraux, le fumier de bétail, les agents oxydants de l'industrie chimique, les composés explosifs, l'eau et dans certains aliments. L'exposition de la population aux nitrates et aux nitrites se fait principalement par les aliments et occasionnellement par l'eau de consommation. La présence de nitrates dans l'eau de consommation est attribuable aux activités humaines (Santé Canada, 1992). L'utilisation de fertilisants synthétiques et de fumiers, associée aux cultures et produits d'élevage intensifs, favorise l'apparition de nitrates dans l'eau. Les installations septiques déficientes, de même que la décomposition de la matière végétale et animale, peuvent aussi être une source de la présence des nitrates dans l'eau (Levallois et Phaneuf, 1994). Le risque de contamination est plus important si le sol qui est sablonneux à Cotonou recouvrant la nappe d'eau est vulnérable et si la nappe est peu profonde comme les puits de surface. C'est justement ce qui s'observe à Cotonou où la nappe phréatique affleure le sol.

La principale source de nitrates et de nitrites chez l'adulte provient des légumes. Dans le cas de cette étude, la santé publique prend un coup dans la mesure où les teneurs de nitrate dans les échantillons de laitue, de carotte et de grande morelle varient de 46,50 à 103 ppm p.f. tandis que celles de nitrites se situent entre 0,55-0,78 ppm p.f. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a établi une dose journalière acceptable (DJA) pour les nitrates présents dans les aliments de 0,84 mg-N/kg/j (3,7 mg de NO₃/kg/j). Elle est basée sur une dose sans effet nocif observé (DSENO) de 83,5 mg-N/kg/j (370 mg de NO₃/kg/j), mesurée lors d'une étude de toxicité chronique chez le rat et à laquelle s'applique un facteur d'incertitude de 100. La formation de composés N-nitrosés a été mise en évidence chez l'humain. Ainsi, Vermeer *et al.* (1998) ont montré dans leur étude conduite chez 25 volontaires ayant connu une diète respectant la DJA de nitrates (49,7 mg-N ou 220 mg de NO₃), combinée à un repas de poisson riche en amines, une augmentation d'environ 200% de l'excrétion urinaire de Méthylendioxyméthamphétamine (MDMA). Bien que la possibilité d'un risque cancérigène associé à l'exposition aux nitrates et nitrites soit plausible, les données épidémiologiques la supportant sont faibles. Bien que le risque de cancer de l'estomac associé à l'exposition aux nitrosamines alimentaires (viande fumée) soit prouvé, aucune association n'est observée lors de l'étude de cas-témoins avec l'exposition alimentaire aux nitrates (principalement par les légumes). Les quelques études épidémiologiques avec données individuelles considèrent que l'exposition aux nitrates par l'eau

conduit à des conclusions discordantes (Cantor, 1997 ; NRC, 1995 ; Levallois et Phaneuf, 1994). Des études de Weyer *et al.* (2001) et Ward *et al.* (1996) évaluent l'association entre l'exposition aux nitrates et le risque de lymphome, de cancer de la vessie et de cancer du cerveau. Les études de Weyer *et al.* (2001) et Ward *et al.* (1996) ont mis en exergue des associations avec l'exposition aux nitrates par l'eau de consommation mais non par l'ingestion d'aliments.

Les échantillons de sols ont indiqué la présence des métaux lourds comme le zinc suivi du plomb et du chrome. L'utilisation de fertilisants synthétiques et de fumiers, associée aux cultures et à l'élevage intensif sont favorisé l'apparition de nitrates dans l'eau. Les installations septiques déficientes, de même que la décomposition de la matière végétale et animale, ont pu être une source de nitrates dans l'eau (Levallois et Phaneuf, 1994). Le risque de contamination ont été plus important si le sol recouvrant la nappe d'eau a été vulnérable (ex : sol sablonneux) et si la nappe a été peu profonde (puits de surface) comme à Cotonou. Les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ce sont les résultats d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+), présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre *Nitrosomonas*, puis en nitrates par les bactéries du genre *Nitrobacter* (Santé Canada, 1992). Les nitrates sont très solubles dans l'eau ; ils migrent dans la nappe phréatique lorsque les niveaux excèdent les besoins de la végétation (Santé Canada, 1992). La toxicité des nitrates résulte de leur réduction en nitrites et de la formation de méthémoglobine d'une part et de leur contribution possible à la synthèse endogène de composés N-nitrosés. Les concentrations assez élevées des sels azotés (nitrates et nitrites) ont été retrouvés dans les échantillons de sols agraires de Cotonou avec des conséquences sur les cultures agricoles. Les eaux analysées au laboratoire sont légèrement à pH acide. Les plus forts taux de nitrates et de nitrites sont observés dans le centre maraîcher situé aux abords immédiats de Marina Hôtel. Les métaux lourds dans les échantillons d'eau sont le cuivre dont les teneurs varient de 0,028 à 0,056 ppm. La concentration assez élevée de nitrate (63,48 mg/litre) dans les échantillons d'eau d'arrosage du centre maraîcher situé aux abords immédiats de Marina Hôtel est un facteur de pollution des cultures maraîchères à Cotonou. Les résultats obtenus par Mawussi *et al.* (2009) et de Van der Werf (1996) ont confirmé ceux enregistrés dans les centres maraîchers à Cotonou bien que les conditions de leurs études n'aient pas été les mêmes.

Comme le définit le Dictionnaire de l'Environnement (2014), les Hydrocarbures Aromatique Polycyclique (HAP) sont une série d'hydrocarbures dont les atomes de carbone sont disposés en anneaux fermés (benzénique) unis les uns aux autres sous forme de groupes (4 à 7 noyaux benzéniques). Ces composés sont générés par la combustion de matières fossiles (notamment par les moteurs diesels) sous forme gazeuse ou particulaire. Le plus étudié est le benzo(a)pyrène. Le passage des hydrocarbures dans l'organisme humain s'effectue par inhalation, par ingestion, mais également par transfert au travers de la peau. Plusieurs études épidémiologiques en milieu professionnel ont montré que le Benzène et les HAP sont impliqués dans l'apparition de certaines formes de cancers chez l'homme. Les taux de benzo(a) pyrène cancérigène varient de 36 à 54 ng/g dans les poissons fumés et de 12 à 44 ng/g dans les échantillons de viande de mouton rôti. A l'instar des échantillons de poisson fumé, la présence des HAP dans les échantillons de viande de mouton rôti montrent que l'opération de rôtissage de la viande sur des braises de charbon de bois est la principale source de contamination par les HAP dont les taux paraissent élevés. Les HAP peuvent se former à la suite de la combustion incomplète à température élevée de toute matière organique (tissus végétaux ou animaux, combustibles fossiles comme le charbon, etc.). Les HAP étant reconnus par les instances internationales comme l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) et l'Agence Américaine de Protection de l'Environnement (USEPA) comme pouvant induire des tumeurs cancéreuses et mutagènes chez l'homme qui les ont ingérés dans l'organisme (Gladen *et al.*, 1999). Par contre, les polychlorobiphényles (PCB) ne sont pas détectés dans les échantillons de viande de mouton rôti car le rôtissage des viandes au charbon de bois n'est pas la source de production d'hydrocarbures chlorés tels que les PCB. Les métaux lourds détectés dans les échantillons de poisson fumé et de viande de mouton rôti sont le plomb, le zinc et le chrome car le cuivre n'est présent que dans l'échantillon de thon, et ce en teneur faible. Le cadmium et le mercure ne sont pas détectés. La présence du plomb dans les échantillons de viande de mouton rôti et de poisson à des concentrations comparables met en exergue l'existence de sources de contamination liées aux intempéries. Les HAP sont présents dans les échantillons de poisson avec des teneurs variant de 1.363 à 1.848 ppm p.s. Le thon présente le plus fort taux d'accumulation de HAP. Le mode de fumage qui est l'utilisation de bois ou de la sciure de bois comme combustibles en combustion lente et incomplète est la source majeure de contamination des poissons fumés. Toutefois, la contamination avec des PCB ne s'observe qu'au niveau de l'échantillon de Thon. Les autres échantillons de poisson fumés dans les mêmes conditions ne contiennent pas des PCB détectables. Le mode de fumage ne

semble pas être la source de contamination par les PCB donc cette contamination de l'échantillon est antérieure à l'opération de fumage, et ce peut-être en mer bien avant la capture du poisson.

Les pesticides organochlorés sont classés par l'Agence Américaine de Protection de l'Environnement (USEPA) parmi les polluants à étudier en priorité dans l'environnement, du fait de leur toxicité, de leur persistance dans l'environnement et de leur utilisation intensive. Le DDT [dichlorodiphényltrichloroéthane ou bis p-chlorophényl-2,2 trichloro-1,1,1 éthane ou 1,1,1-trichloro-2,2-bis(p-chlorophényl)éthane]-total et le HCH (hexachlorocyclohexane)-total sont détectés dans tous les échantillons de sols. Ici, 96% des maraîchers utilisent les engrais chimiques achetés au marché « noir ». Ces pesticides périmés et stockés dans de mauvaises conditions constituent une menace pour la santé des êtres humains. Une telle situation entraîne inévitablement des niveaux inacceptables de résidus dans les sols agricoles et les cultures (Hura *et al.*, 1999 ; Wang *et al.*, 2006).

CONCLUSION

Les analyses de laboratoire ont permis d'évaluer les possibles impacts négatifs sur la santé des consommateurs, eu égard aux conditions peu hygiéniques ou peu recommandables de préparation de ces aliments. L'utilisation de fertilisants chimiques et l'utilisation d'excréta d'animaux dans les centres maraîchers sont la principale cause de la présence des nitrites et des nitrates. La présence du plomb dans les échantillons de viande de mouton rôti et de poisson à des concentrations comparables peut s'expliquer par des sources de contamination liées aux conditions atmosphériques. Le niveau de connaissance, les attitudes et les pratiques actuelles tant des vendeurs que des consommateurs ne sont pas favorables à prévenir la contamination des aliments. Des faiblesses non négligeables demeurent au plan des moyens de transport des aliments, des infrastructures liées à la vétusté des marchés, puis des conditions de vente et de préparation des aliments de rue. Enfin, les besoins d'amélioration d'un système efficace de contrôle et de répression doivent être imaginés au plan des dispositions législatives et réglementaires mises en place.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les différents acteurs mais en particulier la représentation de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) au Bénin pour leur appui technique et financier dans le cadre des différentes études pour le Projet TCP/BEN/2904 "Appui à la mise en place d'une stratégie nationale de réduction de l'impact de la pollution urbaine sur la sécurité alimentaire".

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Collectif AFNOR (Association Française de Normalisation), 2001 : Qualité de l'eau - Dosage de certains insecticides organochlorés, des polychlorobiphényles et des chlorobenzènes - Méthode. NF EN ISO 6468 de février 1997. Tomes 1 à 4, 6^{ème} édition, AFNOR, 2.500 p. EAN13 : 9782121790602. www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-iso-6468/.../fa036317. Consulté le 08/07/2014.

Brévault, T., A. Renou, J.-F. Vayssières, G. Amadji, F. Assogba Komlan, M. Dalanda Diallo, H. De Bon, K. Diarra, A. H., J. Huat, P. Marnotte, P. Menozzi, P. Prudent, J.-Y. Rey, D. Sall, P. Silvie, S. Simon, A. Sinzogan, V. Soti, M. Tamo, P. Clouvel, 2014: DIVECOSYS: Bringing together researchers to design ecologically-based pest management for small-scale farming systems in West Africa. *Crop Protection* 66 (2014): 53-60.

Cantor, K. P., 1997: Drinking water and cancer, *Cancer Causes Control*, 8(3), 292-308.

Ciglasch, H, J. Busche, W. Amelung, S. Totrakool, M. Kaupenjohann, 2008: Field aging of insecticides after repeated application to a Northern Thailand Ultisol. *J Agric Food Chem*. 56: 9555–9562.

Clarke, E. E., L. S. Levy, A. Spurgeon, I. A. Calvert, 1997: The problems associated with pesticide use by irrigation workers in Ghana. *Occup Med (Lond)*. 47: 301–308.

Curtis, V. A., Cairncross, S., 2003: Effect of washing hands with SOAP ON diarrhoea risk in the community: a systematic review. *London School of Hygiene and Tropical Medicine. The Lancet Infectious Diseases*, Volume 3, no 5, P 275-281.

Dictionnaire de l'Environnement, 2014 : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP). http://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/hydrocarbure_aromatique_polycyclique_hap.php4. Consulté le 02/08/2014.

Extenso, 2012 : Salubrité alimentaire : Les nitrates et les nitrites. <http://www.extenso.org/article/les-nitrates-et-les-nitrites/>. Consulté le 08/08/2014.

Fewtrell, L. R. B., D. Kaufmann, W. Kay, L. Enanoria, R. Halle, 2005: WATER, sanitation and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries : a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis*. 5: 42-52.

Gladden, B. C., S. C. Monaghan, E. M. Lukyanova, O. P. Hulchiy, Z. A. Shkiryak-nyzhnyk, J. L. Sericano, R. E. Little, 1999: Organochlorines in breast milk from two cities in Ukraine. *Environmental health perspectives* 107: 459-462.

- Handschumacher, P., Ph. Ramanananandraotsiory, L. Razakarintsalama, A. Patureau, 1997: Mise en place d'aménagements sanitaires et impact sur l'état de santé des enfants d'Andohatopenaka et Ampefiloha Ambodirano, Tananarive (Madagascar). *MSF/UNICEF/ORSTOM, CDA HARDY*, 24 p.
- Hura, C., M. Leanca, L. Rusu, B. A. Hura, 1999: Risk assessment of pollution with pesticides in food in the Eastern Romania area (1996-1997), (1-3):103-7.
- INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique), 1984 : Recensement général de la population et de l'habitation, Rapport général.
- Isin, S., Yildirim, I., 2007: Fruit-growers' perceptions on the harmful effects of pesticides and their reflection on practices: The case of Kemalpaşa, Turkey. *Crop Protection*. 26: 917– 922.
- Islam, M. O., M. H. R. Khan, A. K. Das, M. S. Akhtar, Y. Oki, T. Adachi, 2006: Impacts of industrial effluents on plant growth and soil properties. *Soil Environ.*; 25: 113–118.
- Levallois, P., Phaneuf, D., 1994 : La contamination de l'eau potable par les nitrates : analyse des risques à la santé, *Revue canadienne de santé publique*, 85(3), 192-196.
- LME/GOG (Projet Large Marine Ecosystem of the Gulf of Guinea), 1998 : Manuel de Méthodologies Standardisées
- Mawussi, G., K. Sanda, G. Merlina, E. Pinelli, 2009: Assessment of average exposure to organochlorine pesticides in southern Togo from water, maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna unguiculata*). *Food Addit Contam.* 26: 348–354.
- NRC (National Research Council), 1995: Nitrate and nitrite in drinking water, National Academy of Science.
- Obrist, B. G., B. Cisse, K. Kone, S. Dongo, M. Granado Tanner, 2006: Interconnected Slums: Water, Sanitation and Health in Abidjan, Côte d'Ivoire. *The European Journal of Development Research*, Vol 18, No2, pp. 319–336.
- Sæthre, M. G., F. Assogba Komlan, N.O. Svendsen, B. Holen, I. Godonou, 2013: Pesticide residues analysis for three vegetable crops for urban consumers in Benin-Human and Environmental consequences for abuse or misuse of synthetic. *Proc. 2nd All Africa Horticultural Congress*. Eds.: K. Hannweg and M. Penter. *Acta Hort.* 1007: 393-401 ISHS 2013. . www.ishs.org/acta-horticulturae
- Santé Canada, 1992: Le nitrate et le nitrite. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada – Documentation à l'appui, Accessible à: www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/rqepdoc_appui/nitrate.pdf, Consulté en: Mai 2002.
- Soclo, H. H., M. Aguewe, B. C. Adjahossou, T. H. Houngue, A. Azontonde, 1999 : Recherche de Compost type et toxicité résiduelle au Bénin. *Technique sciences et methods*, pp. 68-76.
- Standard Methods, 1995: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 541 p. www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf. Consulté le 04/07/2014.
- Van der Werf, H.M.G., 1996: Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 60, Issues 2–3, pp. 81–96.
- Vermeer, I. T., D. M. Pachen, J. W. Dallinga, J. C. Kleinjans, J. M. Van Maanen, 1998 : Volatile N-nitrosamine formation after intake of nitrate at the ADI level in combination with an amine-rich diet, *Environ Health Perspect*, 106(8), 459-463.
- Waichman, A. V., E. E. Da Silva-Nina, C. Nago, 2007: Do farmers understand the information displayed on pesticide product labels? A key question to reduce pesticides exposure and risk of poisoning in the Brazilian Amazon. *Crop Protection*. 26: 576–583.
- Wang, X., X. Piao, J. Chen, J. Hu, F. Xu, S. Tao, 2006: Organochlorine pesticides in soil profiles from Tiajin, China. *Chemosphere* 64(9): 1514-1520.
- Ward, M. H., S. D. Mark, K. P. Cantor, D. D. Weisenburger, A. Correa-Villasenor, S. H. Zahm, 1996: Drinking water nitrate and the risk of non-Hodgkin's lymphoma, *Epidemiology*, 7(5), 465-471.
- Weyer, P. J., J. R. Cerhan, B. C. Kross, G. R. Hallberg, J. Kantamneni, G. Breuer, M. P. Jones, W. Zheng, C. F. Lynch, 2001: Municipal drinking water nitrate level and cancer risk in older women: the Iowa Women's Health Study, *Epidemiology*, 12(3), 327-338.
- Williamson, S., A. Ball, J. Pretty, 2008: Trends in pesticide use and drivers for safer pest management in four African countries. *Crop Protection*. 27: 1327–1334.