

Évaluation des risques de contamination de l'environnement par les fientes d'aviculture semi industrielle dans le district autonome d'Abidjan, Côte d'Ivoire

**Sylvain Kouakou AKPO^{1*}, Mahamadou KAMAGATE², Lassina Sandotin COULIBALY²,
Claude Darius AT SIN¹, Germain Mian EBA¹ et Lacina COULIBALY^{1,2}**

¹ *Université NANGUI ABROGOUA, UFR - Sciences et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire*

² *Université de MAN, UFR - Ingénierie Agronomique, Forestière et Environnementale (IAFE), Laboratoire Environnement et Développement Durable, BP 20 Man, Côte d'Ivoire*

(Reçu le 27 Août 2021 ; Accepté le 15 Octobre 2021)

* Correspondance, courriel : Sylvain.akpo@yahoo.fr

Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer les risques de contamination de l'environnement par les fientes d'aviculture semi industrielle dans le district autonome d'Abidjan en Côte d'Ivoire. La méthodologie adoptée est l'analyse de 100 échantillons de fientes par la spectrométrie de fluorescence X (SFX) afin de déterminer les teneurs de cinq métaux lourds (Cu, Zn, Pb, Cd, As) et deux nutriments assimilables (P_2O_5 et K_2O) selon la norme NF U44-051, suivi du calcul des indices de charge polluante, enfin une représentation cartographique des données est réalisée. Les résultats montrent que trois ETM ont des concentrations très élevées dans les fientes produites dans le DAA. Elles varient de 6 193,18 à 8 393,57 ppm (Cu), de 11 168,96 à 17 319,57 ppm (Zn), de 76,36 à 116,07 ppm (Pb). Les deux nutriments assimilables ont également des concentrations très élevées qui varient de 15 170,88 à 33 597,57 ppm (P_2O_5) et (187 384,4 à 212 767,48 ppm (K_2O)). Les indices de charge polluante déterminés par localité varient entre 8,36 et 12,82. Globalement, les fientes produites dans le District Autonome d'Abidjan ont des concentrations en ETM et nutriments assimilables supérieures aux prescriptions de la norme NF U44-051 pour l'amendement de surfaces agricoles.

Mots-clés : *activité avicole, fientes, ETM, indices de charge polluante.*

Abstract

Assessment of environmental risks due to semi-industrial poultry droppings in the autonomous District of Abidjan, Côte d'Ivoire

The aim of this study is to assess the risks of environmental contamination by semi-industrial poultry droppings in the Autonomous District of Abidjan in Côte d'Ivoire. The methodology adopted is the analysis of 100 samples of droppings by X-ray fluorescence spectrometry (XFRS) in order to determine the contents of five heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd, As) and two assimilable nutrients (P_2O_5 and K_2O) according to the NF U44-051 standard, followed by the calculation of pollution load indices. Finally, a cartographic representation of the data is carried out. The results show that three MTEs have very high concentrations in the droppings

produced in the AAD. They vary from 6,193.18 to 8,393.57 ppm (Cu), from 11,168.96 to 17,319.57 ppm (Zn), from 76.36 to 116.07 ppm (Pb). The two assimilable nutrients also have very high concentrations ranging from 15,170.88 to 33,597.57 ppm (P2O5) and (187,384.4 to 212,767.48 ppm (K2O). The pollutant load indices determined by locality vary between 8.36 and 12.82. Overall, the manure produced in the Autonomous District of Abidjan has concentrations of TMEs and assimilable nutrients higher than the requirements of standard NF U44-051 for the amendment of agricultural surfaces.

Keywords : *poultry activity, droppings, TEMs, pollutant load index.*

1. Introduction

La production animale fait partie intégrante de l'agriculture et du développement rural. Elle joue un rôle fondamental dans la sécurité alimentaire, la conservation de la biodiversité et des ressources naturelles représentant environ 40 % de la production agricole mondiale en 2008 [1]. Parmi les secteurs de production animale, celui de la volaille a connu une croissance importante en réponse à une augmentation de la demande mondiale en protéines animales au cours des dernières décennies [2]. Les produits de ce secteur sont relativement de bonne qualité sur le plan alimentaire, riches en protéines et pauvres en graisses avec des coûts abordables [3]. En Afrique, la production de volaille a également augmenté autant que la production d'œufs au cours des 10 dernières années [1]. D'une part, on estime que le niveau de consommation de poulets du maillon moderne passera de 0,84 kg / habitant / an à 2 kg / habitant / an en 2021, et d'autre part, en améliorant la consommation d'œufs de 33 œufs / habitant / an en 2008 à 56 œufs / habitant / an en 2021 en Côte d'Ivoire [4]. Cela représenterait une production annuelle moyenne d'environ 60 000 tonnes de viande de poulet et 1 678 000 000 d'œufs de table [4]. Ainsi, cette situation entraînerait la création de plus de 15 000 nouveaux emplois directs et des investissements privés de 150 milliards par les opérateurs. Cependant, l'activité des élevages avicoles émet des odeurs, des gaz à effet de serre dans l'atmosphère et les déchets sont utilisés comme engrais, qualifiant ainsi la filière avicole sous ses différentes formes de nuisances olfactives de polluants [5 - 7]. Au bout de la chaîne avicole, il y a une production de fumier, dont la composition varie fortement en fonction de la nature du substrat d'origine et de l'espèce des poulets élevés.

Le fumier est évacué hors du bâtiment d'élevage pour servir de fertilisant aux sols agricoles [8]. En effet, le fumier de volaille a une haute valeur nutritive (l'azote, le phosphore et le potassium), et est utilisé comme un engrais organique. Traditionnellement répandues sur les terres cultivées et les pâturages, les fientes élèvent le pH et augmentent le taux de matière organique (MO) dans le sol [9]. Par conséquent, elles améliorent la stabilité structurelle, la capacité d'échange cationique (CEC) et réduisent l'érosion du sol. De plus, ils permettent d'obtenir de grandes quantités de biomasse racinaire, de biomasse aérienne et aussi d'obtenir des rendements élevés [10, 11]. Simultanément, les plantes accumulent les éléments traces métalliques présents dans ces déjections par bioaccumulation [12]. Cependant, une application qui ne respecte pas les besoins des cultures n'est pas sans conséquences. Il peut entraîner une pollution de l'air et de l'eau, contribuant ainsi à l'effet de serre et à l'eutrophisation des ressources en eau par ruissellement ou percolation [13]. Elle présente également des risques de contamination par les métaux lourds par accumulation dans le sol et induisant ainsi une phytotoxicité [14]. En effet, la teneur des fientes en certains éléments potentiellement toxiques est supérieure à celle du sol qui reçoit ces déchets [15]. La conséquence est une augmentation de leur teneur et de leur disponibilité dans les horizons du sol, leur transfert vers les plantes, l'eau et la contamination de la chaîne alimentaire. Cela peut provoquer de nombreuses maladies chez l'homme telles que la bronchite chronique, l'asthme, le cancer du poumon et du nez, l'arrêt cardiaque [11] etc. Pour mieux comprendre et limiter les risques environnementaux liés à l'utilisation des fientes de volailles,

des investigations doivent être menées pour identifier leurs caractéristiques et trouver des solutions appropriées, afin de réduire le risque lié à ce fléau. C'est dans cette optique que la présente étude a été initiée afin d'évaluer le niveau de contamination environnementale du District Autonome d'Abidjan dû aux fientes issues des élevages avicoles. De façon spécifique, il s'agit de (i) d'estimer la production de volailles et de fientes, ensuite (ii) déterminer les concentrations de nutriments assimilables et les éléments traces métalliques (ETM) présents dans les fientes issues des exploitations avicoles, et enfin (iii) de calculer leurs indices de charge polluante.

2. Matériel et méthodes

2-1. Description de la zone d'étude

Le District Autonome d'Abidjan (DAA) est situé au Sud de la Côte d'Ivoire entre les Latitudes 576983 - 619681 m Nord et les Longitudes 338147 - 420624 m Est (**Figure 1**). Le DAA compte treize communes avec une superficie de 2119 km² et une population de 470 7404 habitants soit 20,80 % de la population ivoirienne [16]. Les treize communes du DAA se répartissent sur deux espaces qui sont « Abidjan nord » composée des communes du Plateau, d'Adjamé, d'Attécoubé, Cocody, Yopougon, Abobo et « Abidjan sud » avec les communes de Treichville, Marcory, Koumassi et Port-Bouët. Les deux espaces sont séparés par la lagune Ebrié. Il est limité au Nord par les sous-préfectures d'Azaguié et de Guessigué, à l'Ouest par Lopou, Dabou et de Jacqueville, à l'Est par Danguira, Alépé et de Grand-Bassam au et à Sud par l'Océan Atlantique.

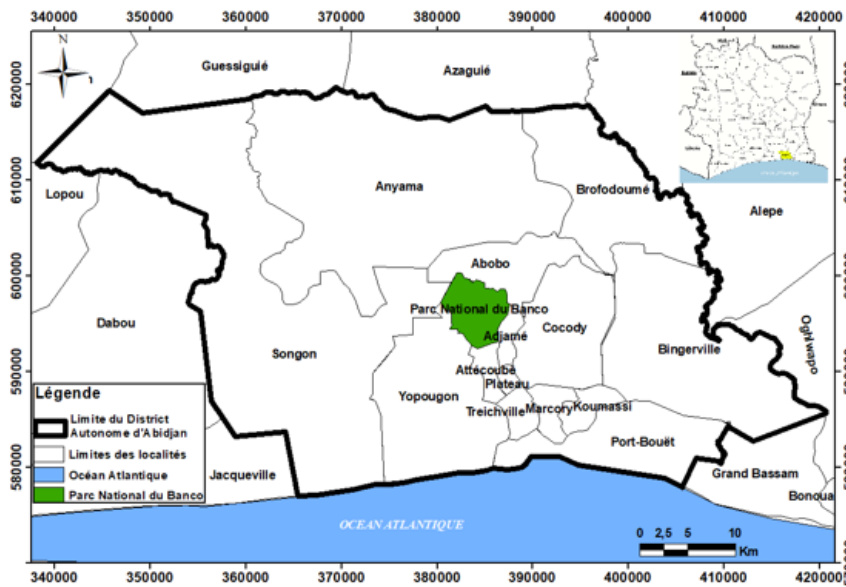


Figure 1 : Carte de géolocalisation du District Autonome d'Abidjan (DAA)

2-2. Matériel

Plusieurs matériels ont été utilisés pour réaliser cette étude, à savoir un appareil photo numérique pour prendre des photos, un récepteur GPS de marque Garmin ETREX 30 pour déterminer les coordonnées géographiques des zones d'échantillonnage, des sacs plastiques à usage unique pour le stockage, des fientes collectées et une glacière pour stocker les échantillons.

2-3. Méthodes

2-3-1. Cartographie et base de données alphanumériques

Les données de pluviométrie et de température utilisées dans cette étude, ont été acquises auprès du service de la météorologie nationale SODEXAM (Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique) respectivement pour la période de 1983 à 2016 et 2003 à 2016. Par ailleurs, un modèle numérique d'élévation de l'image d'Aster Global Elevation Model version 2 (ASTGTGM 2) avec une résolution de 30 m, projeté dans le système de coordonnées universel transversal de Mercator du World Georeferencing System zone 30, hémisphère Nord (WGS 84 UTM 30 N), couvrant la zone d'étude a été utilisé pour la délimitation du relief et l'extraction du réseau hydrographique de la zone d'étude.

2-3-2. Collecte des données et échantillonnage des fientes

La collecte des données a été réalisée d'août à novembre 2019 dans certaines localités du district autonome d'Abidjan (Songon, Anyama, Bingerville, Port-Bouët), et au sein de la sous-préfecture de Brofodoumé (*Figure 2*). En effet, cette collecte de données a essentiellement consisté en deux activités principales, à savoir une enquête d'information auprès des différents éleveurs et une séance d'échantillonnage des fientes. La fiche d'enquête portait sur le système d'élevage, le type de sujet, la quantité et la provenance des fientes produites, et les produits vétérinaires utilisés. Enfin, environ 100 exploitations avicoles réparties sur une moyenne de 20 exploitations par zones d'étude susmentionnées ont été visitées.

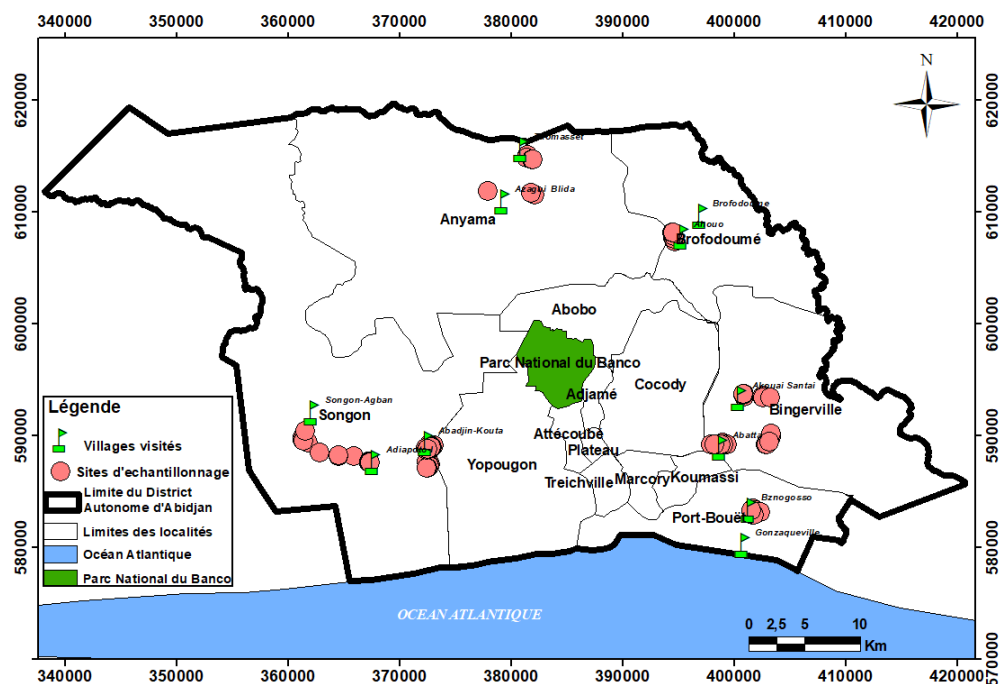


Figure 2 : Localisation des sites d'échantillonnage dans la zone d'étude

2-3-3. Analyse chimique

Une fois les échantillons stockés au laboratoire, ils sont séchés à 105°C pendant 24 heures, puis broyés et tamisés à 65 µm, afin de bien les mélanger avant analyse. Ainsi, les compositions chimiques sont déterminées par la méthode de Fluorescence X (HORIBA, MESA-50).

2-3-4. Tests statistiques

Les tests statistiques ont été effectués sur les données analysées à l'aide du logiciel STATISTICA. Sinon, le géotraitement des données a été effectué à l'aide du logiciel ArcGIS. Enfin, les statistiques du test de normalité (test de Shapiro-Wilk), les tests de comparaison ANOVA ont été réalisés à l'aide du logiciel R et les box plots à l'aide du logiciel STATISTICA.

2-3-5. Évaluation de la charge polluante des fientes

Afin d'évaluer le niveau de contamination des déchets de fumier des élevages de volailles dans les différentes zones étudiées, les indices de contamination métallique (c'est-à-dire le facteur de contamination et la charge polluante) ont été calculés. Dans cette étude, les valeurs de concentration en métaux de la croûte continentale supérieure (CCS) ont été utilisées comme valeurs de référence (**Tableau 1**) [17], car elles se sont avérées être les plus adaptées aux estuaires d'Abidjan [18, 19].

Tableau 1: Teneur en métaux de la croûte continentale supérieure (UCC) [17]

| Éléments trace Métallique (ETM) | Cadmium (Cd) | Cuivre (Cu) | Zinc (Zn) | Plomb (Pb) | Arsenic (As) |
|---------------------------------|--------------|-------------|-----------|------------|--------------|
| Teneur (ppm) | 0,1 | 14,3 | 17 | 52 | 2 |

2-3-5-1. Facteur de contamination

Le facteur de contamination (FC) des fientes par le métal a été déterminé à partir de **l'Équation 1** [20].

$$FC = \frac{[metal]_s}{[metal]_b} \tag{1}$$

avec, FC : Facteur de contamination des fientes par le métal ; [metal]_s : Concentration de métal dans les excréments (ppm) ; [metal]_b : Concentration de métal dans l'UCC (ppm).

2-3-5-2. Indice de charge polluante

L'indice de charge polluante (ICP) des excréments métalliques est calculé à partir des facteurs de contamination (FC) des différents excréments pour chaque métal selon **l'Équation 2**. Il donne alors des informations cumulatives sur la pollution métallique dans les fientes [21].

$$ICP = (FC1 * FC2 * ... * FCn)^{1/n} \tag{2}$$

avec, ICP : Indice de charge polluante des déjections en raison des métaux ; FC : Facteur de contamination par les fientes en raison des métaux ; n : Numéro du métal. Notons que :

- ICP = 0, pas de détérioration des sols ;
- ICP = 1, seuls les niveaux de référence des polluants existent ;
- ICP > 1, indique une détérioration progressive des sols.

3. Résultats

3-1. Production de volailles et de fumier dans les fermes avicoles du district autonome d'Abidjan

La **Figure 3** montre la variation des quantités moyennes de sujets avicoles en production dans les exploitations avicoles visitées dans le District Autonome d'Abidjan (DAA). Les quantités moyennes de sujets avicoles en production sont plus élevées dans la commune de Songon (6361 sujets) avec des quantités de sujets oscillant entre 1 000 et 40 000. Par contre, une faible production moyenne (soit 3 017 sujets) a été observée à Bingerville variant de 450 à 9 000 sujets. Par ailleurs, les quantités moyennes de poulets de chair (6 416 sujets), de pondeuses (6 400 sujets) et de coquelets (4 500 sujets) étaient plus en production dans les exploitations avicoles de la ville de Songon. La commune de Port-Bouët reste celle dont les poulets hybrides (6 275 sujets) étaient en production importante. Cependant, les localités d'Anyama et de Brofodoumé ont enregistré de faibles productions de coquelets (1 375 sujets) et de pondeuses (2 000), respectivement. Par ailleurs, la commune de Bingerville a eu moins de sujets de poulets de chair (2 998) et d'hybrides (4 500) en production.

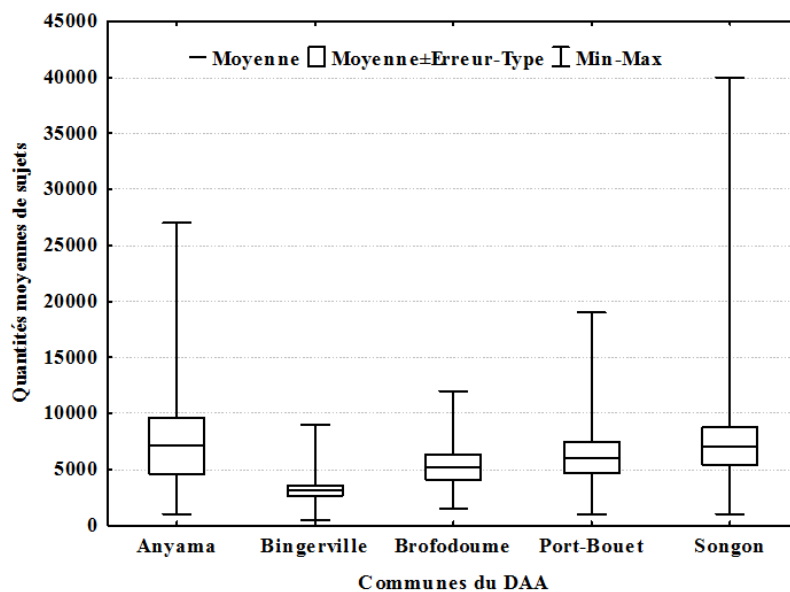


Figure 3 : Variation des quantités moyennes de sujets en production dans les fermes avicoles visitées dans le District Autonome d'Abidjan

3-2. Évaluation des déjections des fermes

L'évaluation des quantités moyennes de fientes selon les différents types de volailles des élevages visités dans le District Autonome d'Abidjan est présentée dans la **Figure 4**. En effet, les quantités moyennes de fientes de volailles en production sont plus importantes dans la commune de Songon avec des quantités comprises entre 975 et 42 000 kg et une moyenne de 7 354 kg, tandis que les plus faibles sont observées à Bingerville avec une production allant de 600 à 10 000 kg avec une moyenne de 3 232 kg. Cependant, les quantités de fientes obtenues à partir des différents types de sujets avicoles dans les élevages visités sont plus élevées chez les coqs (8 000 kg) et les pondeuses (7 600 kg) à Songon. Par contre, les districts d'Anyama et de Port-Bouët ont respectivement enregistré les quantités moyennes les plus élevées de poulets de chair (8 767,5 kg) et d'hybrides (6 568,75 kg). Par ailleurs, les quantités moyennes de fientes les plus faibles ont été observées à Bingerville pour les poulets de chair (3 262,5 kg) et pour les hybrides (4 100 kg), alors que celles des coquelets (1 675 kg) et des pondeuses (2 400 kg) ont été respectivement déterminées à Anyama et Brofodoumé.

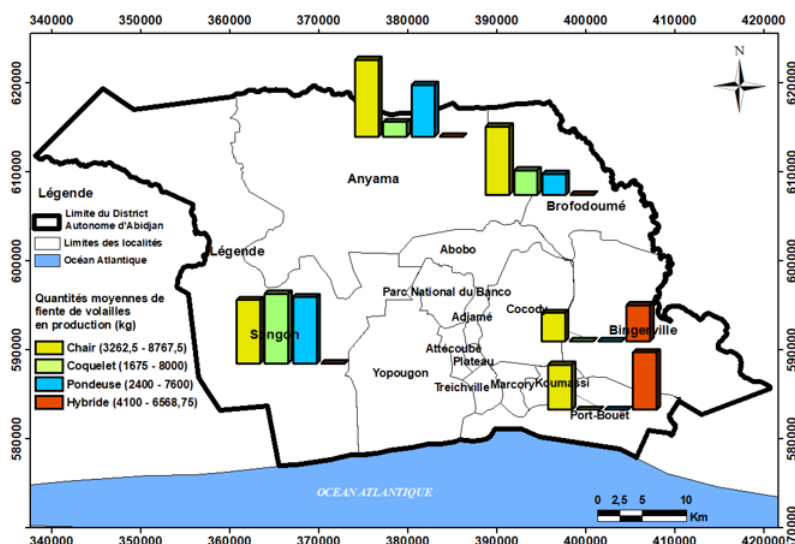


Figure 4 : Évaluation des quantités moyennes de fientes selon les différents types de volailles des élevages visités dans le District Autonome d'Abidjan

3-3. Temps d'échantillonnage des excréments

La **Figure 5** présente les durées moyennes de collecte du fumier dans les élevages avicoles visités dans le District Autonome d'Abidjan en fonction des types de volailles. En effet, les durées varient de 1 à 360 jours, quel que soit le district. En effet, les durées moyennes les plus longues sont observées à Port-Bouët (soit 67,5 jours) et les plus faibles à Songon (soit 24 jours). En effet, les coqs et les pondeuses présentent les plus longues durées moyennes de fientes respectivement de 75 et 48 jours à Brofodoumé. Concernant les poulets de chair et les hybrides, les durées les plus longues ont respectivement été enregistrées à Port-Bouët (50 jours) et à Bingerville (150 jours). Cependant, les durées moyennes les plus courtes des fientes échantillonnées ont été enregistrées pour les coqs (28,5 jours) et les pondeuses (23 jours) à Anyama, tandis que celles des poulets de chair (23,5 jours) et des hybrides (76,5 jours) ont été observées respectivement à Songon et Port-Bouët.

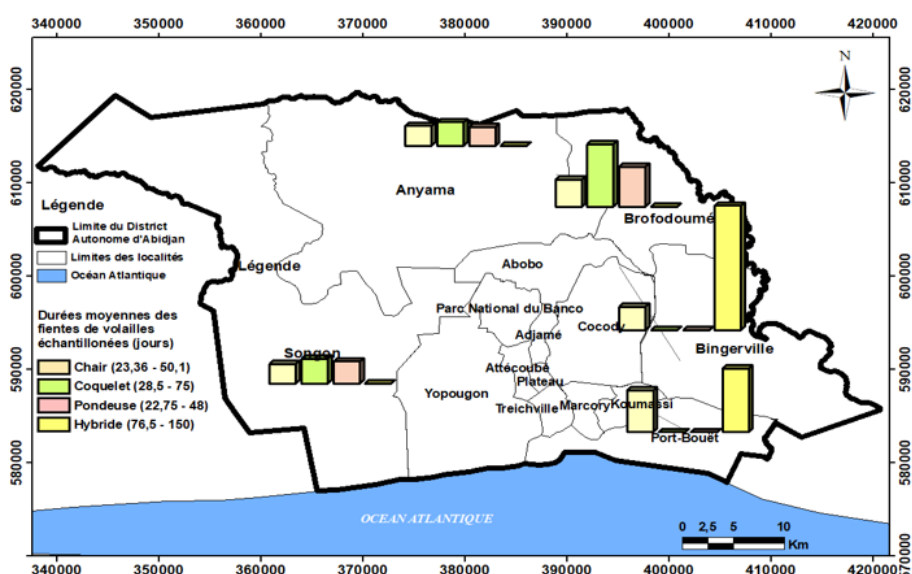


Figure 5 : Temps moyen de collecte du fumier dans les élevages avicoles visités dans le District Autonome d'Abidjan en fonction des types de volailles

3-4. Teneur en éléments nutritifs

La **Figure 6** montre la variation des concentrations moyennes en Phosphore (P_2O_5) et Potassium (K_2O) déterminées dans les fientes collectées. En effet, les concentrations moyennes en P étaient plus élevées dans la commune de Port-Bouët (33 597,57 ppm) avec des teneurs variant entre 0 et 131 361,7 ppm, tandis que les concentrations moyennes les plus faibles ont été enregistrées dans le district de Songon (15 170,88 ppm) avec des teneurs variant entre 0 et 89 023,6 ppm (**Figure 6a**). Par ailleurs, les concentrations moyennes les plus faibles en P dans les fientes de poulets de chair (15 001,38 ppm), de coqs (10 319,1 ppm) et de pondeuses (17 158,24 ppm) ont été enregistrées dans le district de Songon et celles des hybrides (24 956,28 ppm) ont été observées dans la commune de Port-Bouët. Par ailleurs, les concentrations en K dans les fientes étaient plus élevées dans la localité de Brofodoumé pour les coqs (24 185,9 ppm) et les pondeuses (52 682,3 ppm), dans l'arrondissement de Port-Bouët pour les poulets de chair (41 486,69 ppm) et dans la ville de Bingerville pour les hybrides (125 608,3 ppm) (**Figure 6b**). La teneur moyenne en K des fientes de coqs (233 759,8 ppm) et des pondeuses (232 365,6 ppm) était plus élevée dans les élevages de volailles de la localité de Brofodoumé. Les fientes d'hybrides (178 973,3 ppm) et de poulets de chair (224 840,05 ppm) étaient respectivement plus faibles dans les communes de Port-Bouët et d'Anyama. Cependant, celles de Port-Bouët, d'Anyama, de Songon et de Bingerville ont respectivement enregistré les concentrations moyennes les plus faibles en K dans les fientes des poulets de chair (191 127,92 ppm), des coqs (175 076,25 ppm), des pondeuses (177 105,4 ppm) et des hybrides (168 343,1 ppm).

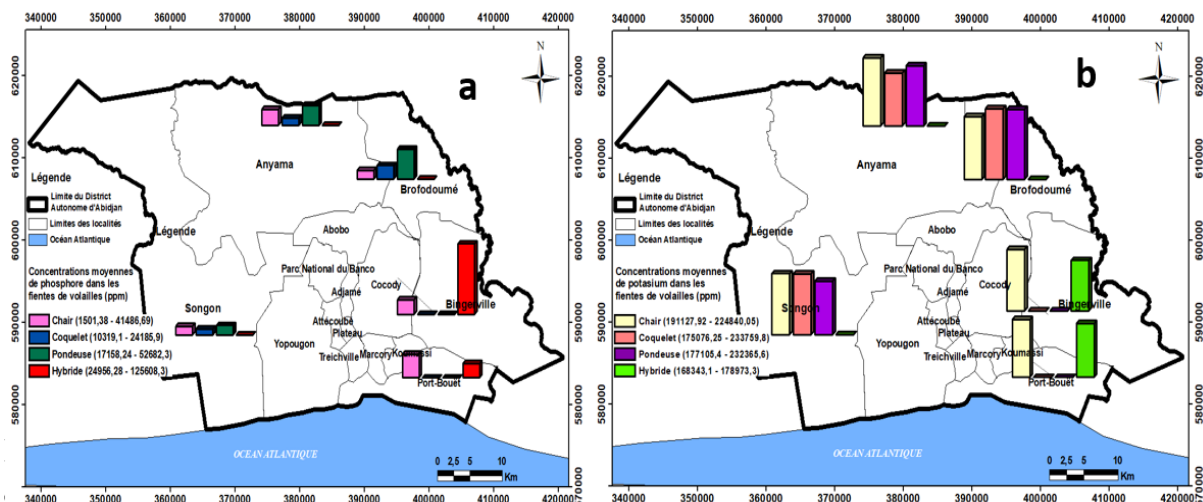


Figure 1: Variation des concentrations moyennes de Phosphore (a) et de Potassium (b) déterminées dans les fientes collectées

3-5. Indice de charge polluante (ICP) et facteur de contamination (FC) des fientes de volailles en éléments traces métalliques

3-5-1. ICP et FC par rapport aux différents quartiers

L'indice de charge polluante (ICP) et le facteur de contamination (FC) en fonction des éléments traces métalliques des élevages avicoles étudiés sont indiqués dans le **Tableau 2**. En effet, les valeurs moyennes de ICP varient de 8,36 et 12,82 respectivement de la commune de Songon à Bingerville. Ces valeurs sont toutes supérieures à 1, soulignant ainsi une plus forte détérioration des sols. Des indices de charge polluante élevés ont été obtenus dans les communes d'Anyama, Bingerville et Port-Bouët, tandis que des valeurs faibles ont été observées dans celles de Songon et Brofodoumé.

Tableau 2 : Indices de charge polluante (ICP) et les facteurs de contamination (FC) à partir des éléments traces métalliques (ETM) issus des élevages de volailles

| Localités | FC | | | | | ICP |
|-------------|------|---------|------|--------|------|-------|
| | Cd | Zn | Pb | Cu | As | |
| Songon | 0,07 | 720,38 | 1,80 | 534,14 | 0,84 | 8,36 |
| Anyama | 0,07 | 854,23 | 2,23 | 433,09 | 5,74 | 12,80 |
| Brofodoumé | 0,05 | 922,03 | 1,73 | 443,01 | 1,23 | 8,37 |
| Bingerville | 0,06 | 1018,80 | 1,87 | 551,49 | 5,25 | 12,82 |
| Port-Bouët | 0,06 | 656,99 | 1,53 | 586,96 | 6,28 | 11,79 |

3-5-2. ICP et FC déterminés à partir des différents types de volailles

Le **Tableau 3** présente les indices de charge polluante (ICP) et les facteurs de contamination (FC) des ETM issus des fientes des différents types d'élevages de volailles. En effet, les valeurs moyennes des ICP varient respectivement de 9,3 à 17,36 pour les coqs et les hybrides. Les ICP les plus élevés sont déterminés dans la commune d'Anyama pour les poulets de chair (13,26) et les pondeuses (12,13), alors que les ICP des coqs (13,17) et des hybrides (22,67) sont respectivement plus importants dans les localités de Brofodoumé et de Bingerville. Cependant, l'ICP le plus faible obtenu dans la localité de Brofodoumé concerne les fientes de poulets de chair (6,49). Les ICP des coqs (6,54) et des hybrides (12,05) sont respectivement faibles dans les communes d'Anyama et de Port-Bouët.

Tableau 3 : ICP et FC des fientes des différents types de sujets produits dans les exploitations avicoles

| Types de sujets | Districts | FC | | | | | ICP | ICP Moyen |
|-----------------|-------------|------|---------|------|---------|------|-------|-----------|
| | | Cd | Zn | Pb | Cu | As | | |
| Chair | Songon | 0,07 | 739,25 | 1,56 | 541,59 | 0,36 | 6,94 | 9,89 |
| | Anyama | 0,08 | 871,16 | 1,44 | 660,17 | 6,31 | 13,26 | |
| | Brofodoumé | 0,04 | 929,47 | 1,86 | 371,08 | 0,44 | 6,49 | |
| | Bingerville | 0,06 | 1058,42 | 1,71 | 572,77 | 5,47 | 12,81 | |
| | Port-Bouët | 0,08 | 571,32 | 1,31 | 576,69 | 2,99 | 9,96 | |
| Coquelet | Songon | 0,03 | 687,85 | 1,39 | 900,37 | 1,30 | 8,19 | 9,30 |
| | Anyama | 0,10 | 855,47 | 3,46 | 232,47 | 0,18 | 6,54 | |
| | Brofodoumé | 0,09 | 830,44 | 2,02 | 285,31 | 8,80 | 13,17 | |
| Pondeuse | Songon | 0,07 | 613,66 | 3,36 | 416,20 | 3,63 | 11,68 | 10,44 |
| | Anyama | 0,05 | 836,67 | 2,41 | 306,32 | 7,95 | 12,13 | |
| | Brofodoumé | 0,05 | 954,04 | 0,42 | 1176,09 | 1,00 | 7,51 | |
| Hybride | Bingerville | 0,15 | 1203,86 | 4,86 | 871,24 | 8,05 | 22,67 | 17,36 |
| | Port-Bouët | 0,04 | 712,54 | 1,97 | 487,11 | 9,09 | 12,05 | |

4. Discussion

4-1. Quantité de volailles et de fumier récoltée

L'étude sur l'inventaire des différents types de volailles et l'évaluation des risques environnementaux associés dus aux métaux, a permis de déterminer la production moyenne de volailles en élevage semi industriel sur l'ensemble du District Autonome d'Abidjan qui s'élève à 6 361 volailles. Spécifiquement, les types de volailles de chair sont en forte production par rapport aux hybrides qui sont en faible production,

car les volailles de chair sont prisées par la population qui pourrait s'expliquer par leurs prix abordables sur le marché ivoirien. En fait, le prix du poulet de chair varie entre 1800 et 2200 FCFA bord champs. Par conséquent, cette production avicole génère également une importante production de fumier dont la quantité moyenne la plus élevée est produite à Songon (7 354 kg). En effet, la production de fientes est plus élevée dans les types de volailles de chair (8 767,5 kg) par rapport à celle des autres types sur une durée allant de 50 à 150 jours en fonction de la commune. Cette quantité élevée s'expliquerait par la production intensive de volailles avec des moyens modernes dans la quasi-totalité du District Autonome d'Abidjan qui conduit à la production importante de fientes. Le nombre de jours élevé correspondant au temps de stockage de la fiente produite pourrait influencer leur qualité qui mérite d'être connue. Or ces fientes produites dans l'ensemble servent d'engrais biologique pour les cultures maraichères, cacaoyères, etc. Les sites récepteurs de ces fientes ont un risque majeur de contamination des sols et ressources en eaux.

4-2. Nutriments et éléments traces métalliques issus des fientes

Les résultats de l'analyse des fientes produites montrent la présence de nutriments tels que le Phosphore (P_2O_5) et le Potassium (K_2O) sous la forme assimilable par les cultures ainsi que cinq éléments traces métalliques que sont le cuivre (Cu), le zinc (Zn), l'Arsenic (As), le cadmium (Cd) et le plomb (Pb) à des niveaux largement supérieurs aux recommandations de la norme NF U44-051 (soit $P_2O_5 \leq 3 \%$, $K_2O \leq 3 \%$, $Cu = 300 \text{ mg.kg}^{-1}$, $Zn = 600 \text{ mg.kg}^{-1}$, $As = 18 \text{ mg.kg}^{-1}$, $Cd = 3 \text{ mg.kg}^{-1}$ et $Pb = 180 \text{ mg.kg}^{-1}$). Ces fortes concentrations des nutriments et des ETM obtenues, sont plus élevées que celles obtenues dans plusieurs études [22 - 25]. La forte concentration de nutriments et des ETM pourrait se justifier par l'utilisation d'importantes quantités de produits vétérinaires riches en ces éléments dans les fermes. En effet, en élevage semi-industriel et industriel de volaille, l'on a un fort recourt aux intrants sanitaires et alimentaires. Ces intrants sont riches en nutriments, en ETM pour accélérer la croissance et le renforcement de la solidité des os des sujets. Les fermiers apportent ces intrants sanitaires et alimentaires à forte dose afin d'obtenir des résultats probants qui consiste à avoir des bien engraisés à croissance rapides dans temps record c'est-à-dire 25 ou 30 jours. Cependant, certains ETM présents dans les fientes des communes étudiées tels que le Pb, le Cd et l'As présentent des concentrations moyennes bien inférieures aux valeurs seuils. De plus, les résultats obtenus pour les concentrations en Pb, qui sont de 0,079 et 0,12 g.kg^{-1} respectivement dans les communes de Port-Bouët et d'Anyama, restent supérieurs aux résultats des travaux similaires effectués en Asie [26]. Concernant les résultats du cadmium, les concentrations obtenues dans les localités de Brofodoumé et Anyama sont inférieures à celles qui ont été obtenu par d'autres auteurs après analyse des fientes produites dans le district autonome d'Abidjan [27]. Par ailleurs, les résultats pour l'arsenic obtenu à Songon (0,0017 g.kg^{-1}) et à Port-Bouët (0,013 g.kg^{-1}) sont similaires à ceux obtenus dans d'autres études dans le district autonome d'Abidjan (0,009 g.kg^{-1}) [28]. Ces faibles valeurs obtenues montrent leur absence dans les intrants sanitaires et alimentaires utilisés dans l'élevage des volailles. Cependant, leur présence reste toujours problématique pour l'environnement. Globalement, on constate que les concentrations en phosphore, potassium, cuivre et zinc dans les fientes du District Autonome d'Abidjan sont supérieures aux prescriptions de la norme NF U44-051 recommandées pour l'amendement des surfaces agricoles et à celles de la plupart des études antérieures. En revanche, les concentrations en plomb, cadmium et arsenic dans les fientes du District Autonome d'Abidjan supérieures à celles des études antérieures restent inférieures aux seuils recommandés par la norme NF U44-051.

4-3. Indices de pollution

Les indices moyens de charge polluante des fientes du District Autonome d'Abidjan varient de 9,30 pour les coquelets à 9,89 pour les poulets de chair, et de 10,44 pour les pondeuses à 17,36 pour les hybrides. Ainsi, il a été constaté que plus les fientes de volailles ont séjourné longtemps dans les fermes, plus elles sont concentrées en oligo-éléments métalliques. Les ETM et les nutriments en grande quantité, notamment dans

les fientes des volailles de Bingerville, sont le résultat des produits chimiques contenus dans les produits vétérinaires fournis à haute dose aux sujets par les éleveurs et des divers composants chimiques ajoutés à leur alimentation pour l'engraissement desdits animaux et pour leur croissance rapide. Les indices de charge polluante calculés sur l'ensemble du District Autonome d'Abidjan et selon le type de sujet sont largement supérieurs à la valeur seuil c'est-à-dire 1 [21]. Ceci indique que l'utilisation massive de ces déjections comme source d'amendement des sols conduira à une détérioration progressive des milieux récepteurs. Par ailleurs, des études ont montré que les ETM, à des concentrations élevées dans le sol ralentissent les activités des micro-organismes, réduisent leur diversité et leurs interactions, ce qui entraînerait une phytotoxicité et une contamination des chaînes alimentaires [29, 30]. Les études antérieures ont montré que l'entraînement de particules de fientes dans les eaux de ruissellement ou d'infiltration entraînerait une dégradation de la qualité de l'eau, ainsi serait-elle dangereuse pour la consommation [31, 33]. Dans les eaux souterraines et de surface, le phosphore, en plus de l'azote, composé hautement soluble, y arriverait après le lessivage ou le ruissellement des particules du sol [34]. Lorsque ces flux dépassent les capacités d'épuration des écosystèmes dans les eaux de surfaces, celles-ci deviennent eutrophes, entraînant une perte de biodiversité, un développement excessif des algues et des nuisances pour les activités de loisirs [35]. En outre, la pollution des sols et des eaux a toujours eu des répercussions sur la santé humaine car le plomb, le zinc, le cuivre, le cadmium et l'arsenic sont généralement responsables chez l'homme de troubles gastro-intestinaux, de troubles hépatiques, de troubles du système nerveux, de troubles cutanés, de troubles rénaux, de troubles pulmonaires et de fractures osseuses [36].

5. Conclusion

L'évaluation du niveau de contamination de l'environnement dans le District Autonome d'Abidjan par les fientes issues des élevages avicoles est réalisée à l'issue de la présente étude. La plus importante production de fumier dont la quantité moyenne la plus élevée est produite à Songon (7 354 kg) et concerne les volailles de type poulet de chair (8 767,5 kg). Les fientes produites dans les élevages avicoles sont chargées en ETM (Cu, Zn, Pb, Cd, As) et en nutriments assimilables par les cultures (P_2O_5 et K_2O). Les concentrations d'ETM et de nutriments obtenues sont largement supérieures aux recommandations de la norme NF U44-051 pour l'amendement des surfaces agricoles. Par ailleurs, les indices de charge polluante calculés ont donné 8,36 et 12,82, quel que soit le type de volaille. Ces valeurs sont supérieures à celles des recommandations standard qui est de 1 pour l'ensemble du district autonome d'Abidjan. Par conséquent, ces fientes de poulet issues du exposent les sols récepteurs, les ressources en eau et la santé humaine à un risque de contamination.

Références

- [1] - I. D. BATONON, "Systèmes d'alimentation alternatifs pour le développement des filières volailles en régions chaudes", Thèse Unique de doctorat, Université François-Relais de Tours, Paris, France, (2014) 212 p.
- [2] - A. RAE, R. NGAYA, in "Livestock in a changing landscape: Drivers, consequences and responses", Island Press, Washington, USA, 1 (2010) 11 - 33
- [3] - P. J. K. MINGOAS, J. AWAH-NDUKUM, J. B. MAMPOM, Y. M. MFOPIT and A. P. ZOLI, *Journal of Animal & Plant Sciences*, 32 (1) (2017) 5079 - 5094
- [4] - P. S. R. A "Plan stratégique de relance de l'aviculture 2012-2021", Ministère des ressources animales et halieutiques, Abidjan, (2012) 47 p.
- [5] - J. MOLENAT, J.-M. DORIOZ, C. GASCUEL et G. GRUAU, in "Agrotransfert Bretagne", Territ'eau. Rennes : Agrotransfert Bretagne, (2011) 9 p.

- [6] - A. FRANCK, "Produire pour la ville, produire la ville : étude de l'intégration des activités agricoles et des agriculteurs dans l'agglomération du grand Khartoum (soudan)", Thèse unique de Doctorat de géographie, Université Paris X, Paris, France, (2007) 508 p.
- [7] - O. ROBINEAU, "Vivre de l'agriculture dans la ville africaine. Une géographie des arrangements entre acteurs à Bobo-Dioulasso, Burkina Faso", Thèse unique de doctorat, Université Paul Valéry Montpellier III, Montpellier, France, (2013) 379 p.
- [8] - Y. BAUMARD, I. FOUBERT, C. SOUCHET, A. TRAVEL et S. BAUCHERON, *Le Cahier des Techniques INRAE*, INRAE, 105 (2021) 10 p.
- [9] - T. T. W. KABORE, E. HIEN, P. ZOMBRE, A. COULIBALY, S. HOUOT et D. MASSE, *Biotechnologie. Agronomie. Société et Environnement*, 15 (2) (2011) 271 - 286
- [10] - M. T. AGBEDE and O. S. OJENIYI, *Soil and Tillage Research*, 104 (2009) 74 - 80
- [11] - L. D. KIBA, F. LOMPO, E. COMPAORE, L. RANDRIAMANANTSOA, M. P. SEDOGO and E. FROSSARD, *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B. Soil and Plant Science*, 1 (3) (2011) 1 - 11
- [12] - C. P. LANDRY, "Evaluation de l'efficacité fertilisante en N et P, et l'ISB de la fraction solide de lisier de porcs conditionnée obtenue séparateur décanteur centrifuge afin d'en déterminer la valeur économique", Conseil pour le Développement de l'Agriculture au Québec, (2011) 95 p.
- [13] - A. BALTAZART, "Propriétés physiques, chimiques, biologiques et nutritives des litières en élevage de volailles, France", Thèse pour le doctorat vétérinaire, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, Alfort, France, (2010) 176 p.
- [14] - J. L. T. ILBOUDO, "Evaluation de l'efficacité agronomique de quelques déchets urbains solides en application directe au champ et leurs impacts sur la contamination des sols et des récoltes en métaux lourds, Burkina Faso", Thèse unique de doctorat de Développement Rural, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Bobo-Dioulasso, Burkina faso, (2011) 261 p.
- [15] - C. J. FARDEAU, "Biodisponibilité et mobilité des éléments potentiellement toxiques : Concepts", *Ingénieries -EAT*, 21 (2000) 15 - 28
- [16] - Institut National de la Statistique, "Rapport d'enquête RGPH 2014 : résultats globaux, Côte d'Ivoire", (2014) 24 p.
- [17] - H. K. WEDEPOHL, *Geochimica et cosmochimica Acta*, 59 (7) (1995) 1217 - 1232
- [18] - N. KOUASSI, "Contribution à l'étude de la distribution, de la Mobilité et de la toxicité potentielle des métaux cuivre, zinc et cadmium dans les fientes d'un estuaire tropical (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire)", Thèse unique, Université Felix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2014) 126 p.
- [19] - L. BAKARY, M. K. YAO, A. O. ETCHIAN, B. M. SORO, A. TROKOUREY and Y. BOKRA, *Environmental Monitoring and Assessment*, 187 (12) (2015) 1 - 11
- [20] - S. RANI, M. K. AHMED, X. XIONGZHI, C. KELIANG, M. S. ISLAM and M. HABIBULLAH-Al-Mamun, *Science of The Total Environment*, 801 (2021) 149782
- [21] - V. SATTAROVA, K. AKSETOV, A. ASTAKHOV, X. SHI, L. HU, A. ALATORTSEV, A. MARIASH and E. YAROSHCHUK, *Marine Pollution Bulletin*, 173 Part A (2021) 112997
- [22] - E. G. BRINK, E. D. ROWE, R. K. SISTANI and A. ADELI, *Agronomy journal*, 95 (2003) 597 - 601
- [23] - A. HAMMAC, W. C. WOOD, H. B. WOOD, O. FASINA, Y. FENG and N. SHAW, *Scientific Research and Essay*, 2 (4) (2007) 89 - 94
- [24] - N. OMEIRA, K. E. BARBOUR, A. P. NEHME, K. S. HAMADEH, R. ZURAYK and I. BASHOUR, *Science of The Total Environment*, 367 (1) (2006) 156 - 162
- [25] - R. K. SISTANI, E. G. BRINK, L. S. MCGOWEN, E. D. ROWE and L. J. OLDHAM, *Bioresource Technology*, 90 (1) (2003) 27 - 32

- [26] - E. DOELSCH, "Eléments traces métalliques : Inventaire pour l'île de La Réunion (sols, déchets et végétaux)", Montpellier, CIRAD, (2004) 125 p.
- [27] - A. APATA, R. KOFFI, N. TOURE, A. K. ALUI et A. K. YAO, *Journal of Applied Biosciences*, 74 (2014) 6033 - 6042
- [28] - V. PERRON et M. HEBERT, *Vecteur environnement*, (2007) 42 - 46
- [29] - Z. HE, X. YANG and P. STOFFELLA, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 19 (2005) 125 - 140
- [30] - O. T. YAHAYA, E. O. OLADELE, I. A. FATODU, A. ABDULAZEEZ and Y. I. YELDU, *Journal of Advance in Environmental Health Research*, 8 (2020) 234 - 242. DOI: 10.22102/jaehr. 245629.1183
- [31] - G. MIQUEL, "Effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé", Rapport 261 de l'office parlementaire français d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, (2001) 365 p.
- [32] - N. ZAM, I. KHAN, M. SHUAIB, H. ALSAMADANY, G. SHAHEEN, F. JAN, Y. ALZHRANI, R. KAUSAR, M. SHAH, S. NADIR and S. BAHADUR, *Polish Journal of Environmental Studies*, 29 (3) (2020) 2055 - 2062
- [33] - H. NEIDHARDT, F. ACHTEN, S. KERN, M. SCHWIENSTEK and Y. OELMANN, *Journal of Environmental Quality*, 48 (5) (2019) 1325 - 1335
- [34] - S. PAYEN, N. COSME and A. H. ELLIOTT, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26 (2021) 388 - 401
- [35] - S. S. KIM, A. F. AGBLEVOR and J. LIM, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 15 (2) (2009) 247 - 252
- [36] - T. FRANGOS and W. MARET, *Nutrients*, 13 (53) (2021) 1 - 22