

Etude de risque de contamination des eaux marocaines par les fientes de poulet de chair

[Study a risk of contamination Moroccan waters by chickens droppings]

Elasri Ouahid et Afilal Mohamed el Amine

Laboratoire de biologie des plantes et microorganismes,
Université Mohamed Premier, Faculté des sciences,
Oujda, Maroc
elasriouahid@yahoo.fr

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Morocco produced more than 50000 tons of the chicken droppings of which its majority of 95% are used as source of amendment for agricultures without preliminary pre-treatment. At the time of the research of the physical, chemical and microbiological characteristics of this type of waste, we noticed that it presents potential risks of contamination of subsoil waters and surface. A higher content nitrogen (4,48%) which can be lost by leaching or streaming then is found partly in the ground water and surface waters thus causing a specific nitrogenised pollution and diffuse. The content of COT is of the order (16,5%) which can cause an organic pollution. The heavy ions and metals present a very high contents (Pb: 2,37 ; Zn: 196,35 ; Cu: 70,90 and K: 32,86 mg/kg), consequently presence of risk potential of dissolution of these elements in rain water and being to export towards the sources of water. The chicken droppings are charged in pathogenic bacteria mainly the staphylococci and enterobacteries which present contents very high with (114.108 and 154. 106 UFC/g). Consequently a real threat for waters ; This work opens new horizons for the search for treatment of this waste before it arrives at the source of water.

KEYWORDS: Waters, Droppings, Risk, Pollution.

RESUME: Le Maroc a produit plus de 50000 tonnes des fientes de poulets de chair dont plus de 95 % sont utilisées comme source d'amendement pour les agricultures sans prétraitement préalable. Lors de la recherche des caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques de ce type de déchet, on a remarqué qu'il présente des risques potentiels de contamination des eaux souterraines et superficielles. Une teneur élevée en azote (4,48 %) qui peut être perdue par lixiviation ou ruissellement puis se retrouve en partie dans les nappes phréatiques et les eaux superficielles provoquant ainsi une pollution azotée ponctuelle et diffuse. La teneur en COT est de l'ordre (16,5 %) qui peut provoquer une pollution organique. Les ions et métaux lourds présentent des teneurs très élevées (Pb : 2,37 ; Zn : 196,35 ; Cu : 70,90 et k : 32,86 mg/kg), par conséquent présence de risque potentiel de dissolution de ces éléments dans les eaux pluviales et être exporter vers les sources d'eaux. Les fientes de poulets sont chargées en bactéries pathogènes principalement les staphylocoques et entérobactéries qui présentent des teneurs très élevées avec (114.108 et 154. 106 UFC/g). Par conséquent une menace réelle pour les eaux. Ce travail ouvre de nouveaux horizons pour la recherche de traitement de ce déchet avant qu'il arrive à la source d'eau.

MOTS-CLEFS: Eaux, Fientes, Risque, Pollution.

1 INTRODUCTION

Le Maroc occupe la première place de l'élevage des poulets de chair des pays de la région du Grand Maghreb en termes de nombre de têtes du cheptel de poulets avec 140 millions de têtes en 2007, le Maroc représente 39,19 % du cheptel de la région Magrébine [1]. A l'échelle nationale, la viande de volaille occupe la première place parmi les autres productions de viandes (ovine et bovine) avec 52% de l'ensemble des viandes consommées au royaume [2,3].

Cette place de leader régional occupée par le Maroc due au secteur avicole très développé et qui a connu depuis l'indépendance un essor considérable. La production de viande de volaille a augmenté de 510.000 tonnes en 2010 vers 649000 tonnes en 2013 permettant de couvrir 100% de la demande en viandes de volailles sur le marché marocain [2,3]. Cette progression conduit à un développement important des activités avicoles (principalement l'élevage intensif) entraînant des déchets résiduels qui peuvent avoir un impact négatif sur le milieu récepteur, parmi ces déchets potentiellement dangereux : les fientes de poulet de chair.

Donc, le secteur avicole marocain génère des quantités considérables de déchets organiques, une fois jetés dans la nature sans traitement préalable risquent de contaminer les nappes phréatiques et les cours d'eau affectant ainsi l'équilibre écologique. C'est pour cela que cette étude permet de mettre l'accent sur les risques potentiels de pollution des eaux.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 ORIGINE ET SITE D'APPROVISIONNEMENT

Les fientes utilisées dans cette recherche proviennent d'une unité industrielle avicole de production des poulets de chair à partir des poussins. L'unité avicole est située à 65 km de la ville d'Oujda. Les animaux se trouvent sur un sol bétonné considéré comme poulailler provisoire avant la vente vif pour les détaillants et les tueries.

Au cours de l'écurage et la reprise d'élevage, le sol du poulailler est recouvert d'une grande quantité des fientes mélangées à une litière (Bran de scie). Ce type de déchets jeté et déversé en plein air dans une surface loin de 500 mètres de l'unité avicole.



Fig. 1. Site d'approvisionnement des fientes étudié dans notre recherche (a) poulailler de l'unité industriel avicole (b) Fientes de poulet de chair en plein air.

2.2 PRODUCTION ANNUELLE DES FIENTES

Dans cette unité avicole, on a isolé 30 poules de chair par une petite muraille de 40 cm de hauteur pour limiter leur déplacement. On a dispersé 10 kg de la sciure du bois sous ces animaux afin d'éviter le collage des fientes sur le sol, chaque animal pèse (2 kg \pm 50g). Après 10 jours d'élevage on récolte et on pèse les fientes produite par ces animaux avec soustraction du poids de la litière. Ainsi on détermine la quantité produite en fonction de la viande produite. Cette expérience est répétée trois fois.

2.3 ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

Pour tous les paramètres physiques et chimiques étudiés, les dosages ont été effectués en triple.

2.3.1 CAPACITÉ DE RÉTENTION D'EAU

La capacité de rétention correspond à la quantité d'eau retenue, après 48 heures d'égouttement de l'eau libre suite à un essai de ressuyage par une vidange non forcée [4]. Les déchets organiques secs (100g) ont été souvent placés dans des pots préalablement gorgés d'eau. La capacité de rétention d'eau est calculée à partir de la différence des données gravimétriques [5].

2.3.2 MATIÈRE SÈCHE (MS) ET MATIÈRE SOLIDE VOLATILE (MSV)

La détermination de la matière sèche (MS) est effectuée selon le protocole normalisé [6] qui consiste à la réalisation d'un séchage du 100g du déchet organiques à 105°C jusqu'au poids constant (plus de 24 heures).

La détermination de la matière solide volatile (ou perte au feu, MSV) est également une méthode gravimétrique basée sur la perte de masse de l'échantillon sec (échantillon issu de la détermination de la MS) dans un four à moufle à 600°C pendant 4 heures [6,7]. Après calcination de l'échantillon, la matière résiduelle est considérée comme la Matière Minérale (MM) et la matière disparue comme Matière Organique (MO). La cendre obtenue permet de déterminer le carbone total, les ions et métaux présents dans les fientes de poulets de chair.

2.3.3 CARBONE ORGANIQUE TOTALE

L'évaluation des teneurs en carbone organique totale des amendements organiques peut se faire avec une bonne précision à partir de la détermination de la matière organique par perte au feu à condition d'utiliser le bon facteur de proportion du carbone [8]. Le facteur de 2,0 est plus approprié que le facteur 1,724 [8]. Ainsi le carbone total a été déterminé par la relation suivante :

$$COT = MSV/2,$$

Où COT indique carbone organique totale, MSV indique la matière solide volatile.

2.3.4 AZOTE TOTAL

La technique utilisée pour la détermination de la teneur en azote est la méthode Kjeldahl [9].

2.3.5 IONS ET MÉTAUX LOURDS

Les analyses ont été menées au centre national de recherche scientifique et technique (CNRST) de Rabat. Les échantillons sont filtrés sur des membranes de porosité 0,45 µm puis minéralisés à chaud par l'eau régale (3 volumes de HCl pour 1 volume de HNO₃) afin d'éviter les interactions de la matrice organique. Les concentrations en ions métalliques ont été déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique four VARIAN Spectra 800 disposant d'un système de correction Zeeman de l'absorption de la matière organique. La limite de détection est de l'ordre de 0,1 µg.L⁻¹ et varie selon l'élément à doser. Les cations et les anions majeurs (Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄³⁻ et SO₄²⁻) ont été dosés par chromatographie ionique sur un appareil DIONEX de marque DX-120 après avoir été dilués et filtrés sur une membrane en nitrate de cellulose de porosité 0,2µm. Le détecteur est de type conductimétrique. Le principe consiste à injecter une partie de l'échantillon à l'intérieur d'un flux éluant. Les différents ions traversent alors une colonne qui va les séparer en fonction de leur affinité avec les sites échangeurs. Un détecteur conductimétrique associé à un ordinateur permet l'enregistrement de chromatogrammes présentant des pics d'élution à différents temps spécifiques d'un ion donné. Un étalonnage journalier permet d'associer la surface du pic à la concentration de l'ion considéré. La précision est de ± 5%.

2.4 ANALYSE MICROBIOLOGIQUES

La détermination de la flore microbienne a été sur plusieurs milieux de cultures. On a effectué des triplés pour chaque milieu :

- Milieu Plate Count Agar (PCA), permet de dénombrer les FMAT (Flore Mésophile Aérobie Totale) après incubation de 48 heures à 37°C.
- Milieu Chapman, milieu sélectif utilisé pour le dénombrement des staphylocoques, l'incubation se fait à 37°C et la lecture après 48 heures.
- Les coliformes totaux sont dénombrés sur milieu Désoxycolate Citrate Lactose Agar [DCL] après incubation 24 heures à 37°C.
- Gélose (SS), Salmonella-Shigella est utilisée pour dénombrement des salmonelles et des shigelles et l'incubation à 37°C pendant 48 heures.
- Les levures sont dénombrées sur le milieu PDA (Potato Dextrose Agar) glucosé à 10 % et l'incubation se fait 24 heures à 30°C.

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 TYPOLOGIE DE DÉCHET ÉTUDIÉ

D'après la bibliographie utilisée, les classifications relatives aux déchets sont multiples. Il existe différents critères de classification qui varient selon leurs objectifs de l'utilisation. Lors d'une synthèse bibliographique (Tableau 1), on opte pour une classification multicritères. Donc, les fientes de poulets de chair sont considérées comme un déchet organique, résidu putrescible et rapidement biodégradable.

Tableau 1. Classification des fientes de poulets de chair [10,11,12,13].

Classification	Critères de classification	Propriété du déchet	Catégorie du déchet
Landva et Clark (1990)	Fraction Organique	Matière organique (28 %)	Déchet organique
Kölsch (1995)	Matériau fibreux et Taille des éléments	Taille inférieure à 120 mm	Résidus putrescibles
Grisolia et al. (1995)	Déformabilité	Déchet évoluant rapidement à la fois en termes de composition et de consistance.	Dégradable
Aguilar-Juarez (2000)	Vitesse de biodégradation	Biodégradabilité par fermentation méthanique	Rapidement biodégradable

3.2 PRODUCTION ANNUELLE DES FIENTES

Après 10 jours d'élevage, on a trouvé que la production moyenne des fientes de poulets de chair atteint (0,8 ± 0,01 kg de fientes/kg de viandes produites).

D'après, les derniers chiffres publiés par le ministère de l'agriculture et de la pêche maritime marocaine en 2013, le Maroc produit 649670 Tonnes de viandes réparties dans les 16 régions du royaume (Tableau 2). Par conséquent, on peut estimer la production nationale des fientes vers 519736 tonnes selon l'équation suivante : $Q_n = \Sigma(Q_r \times 0,8)$

Q_n : Quantité nationale de fientes produite (en Tonnes).

Σ : Somme de la quantité de fientes produite.

Q_r : Quantité de viandes produite par régions (en Tonnes).

Tableau 2. Répartition géographique des fientes au Maroc

Régions du Maroc	Production de volailles en 2013 (en Tonnes)	Production des fientes en 2013 (en Tonnes)
Chaouia- Ouardigha	121000	96800
Marrakech -Tensift-Al Haouz	108936	87149
Meknès-Tafilalet	74313	59450
Doukkala-Abda	52167	41734
Fès - Boulemane	48000	38400
Rabat-Salé-Zemmour-Zaër	45517	36414
Grand Casablanca	45150	36120
Oriental (Maroc)	39800	31840
Tadla-Azilal	28000	22400
Tanger-Tétouan	27700	22160
Souss-Massa-Drâa	24600	19680
Gharb-Chrarda-Beni Hssen	21000	16800
Taza-Al Hoceima-Taounate	6240	4992
Guelmim-Es Smara	2720	2176
Laâyoune -Boujdour-Sakia el Hamra	4294	3435
Oued Ed-Dahab-Lagouira	233	186

Le Maroc produit une grande quantité des fientes de poulets de chair dont plus de 95 % se jette dans l'environnement comme source d'amendement pour les agriculteurs, 5 % vers les décharges publiques. En plus cette production (519736 Tonnes) est considérée comme une production nationale minimale. Étant donnée que la production de l'aviculture traditionnelle dans tout le royaume reste moins exacts [14].

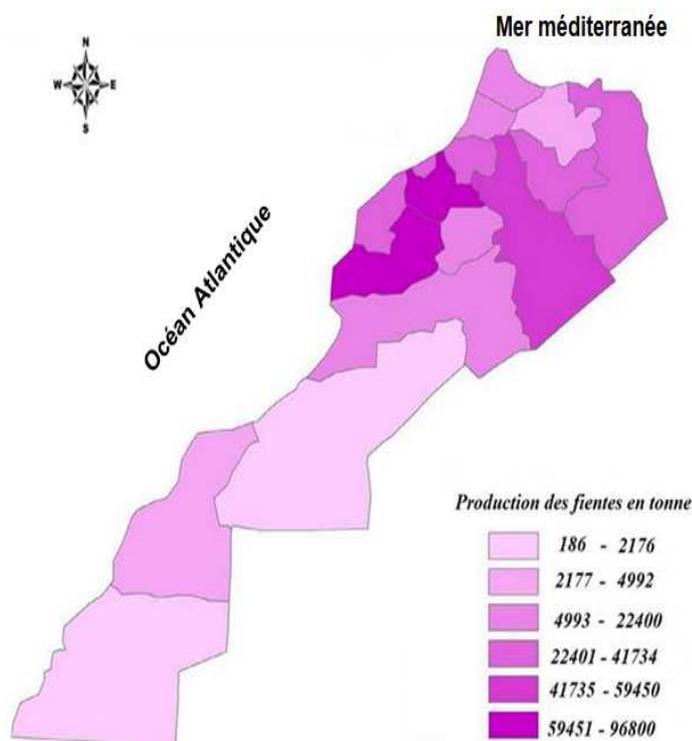


Fig. 2. Cartographie de la répartition géographique des fientes au Maroc

3.3 ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUES

3.3.1 CAPACITÉ DE RÉTENTION D'EAU

Le déchet étudié présente une capacité de rétention importante de l'ordre de 1,68 L/Kg MS. Cette teneur représente la quantité maximale d'eau que le déchet est capable de retenir à l'équilibre. Donc lorsque ce déchet reçoit une faible quantité de précipitation (inférieur à 1,68 L/Kg MS), le déchet organique s'égorge d'eau ce qui favorise la prolifération de la flore bactériennes. Ce qui provoque le risque de contamination des eaux par les bactéries pathogènes. Lorsque le déchet de poulet de chair reçoit une grande quantité des eaux pluviales supérieures à la capacité de rétention obtenue. L'eau est drainée sous l'influence de la gravité [4]. Cette eau potentiellement chargée des pathogènes, de la matière organique et des éléments minéraux se draine vers les ressources superficielles et souterraines. Par conséquent, elle peut polluer les ressources d'eaux proches des zones d'accumulation des fientes de poulets de chair.

3.3.2 ANALYSE DE LA CHARGE ORGANIQUE

D'après le tableau 3, les fientes de poulet de chair présentent une teneur assez élevée de matière sèche de l'ordre 32 %. Lorsque ce déchet organique arrive aux ressources d'eau, il provoque une augmentation importante de la matière en suspension (MES). Par conséquent une réduction de l'activité photosynthétique par réduction de la luminosité puis la diminution d'oxygénation des eaux. Cette teneur de 32% peut augmenter avec la présence d'une fraction importante de sciure de bois qui est utilisé comme litière, cette dernière est considérée comme non-biodégradable (présence de la lignine) ce qui conduit à une augmentation du risque d'asphyxie par colmatage des branchies des poissons. Ainsi le rejet des fientes dans les zones de ruissellement peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous compromettre le développement des œufs, réduire le stock de nourriture disponible et limiter ainsi le développement ichtyologique en créant des déséquilibres entre les diverses espèces [15]. Donc, ce type de déchet est considéré comme une des sources de pollution des eaux non-précises.

Tableau 3 : Caractéristiques physico-chimiques de déchet étudié.

Capacité de rétention (L/kg MS)	1,68 ± 0,1
Humidité (%)	67,5 ± 1,6
Matière Sèche (%)	32,5 ± 1,6
Matière Sèche Volatile (%)	28,77 ± 0,8
Carbone Organique Totale (% MS)	16,53
Azote Totale (% MS)	4,48

3.3.3 CARBONE ORGANIQUE TOTAL

La présence dans les eaux de composés organiques biodégradables favorise la dégradation de la qualité de l'eau. La réglementation française actuelle demande la mesure du carbone organique propose une référence de qualité de 2 mg/L, aucun changement anormal ne devant être enregistré [15].

Notre déchet est un déchet biodégradable qui atteint 16,5 % du carbone organique totale dans sa matière sèche. Lorsqu'il coule dans une source d'eau, cette fraction organique est utilisable comme substrat nutritif par les microorganismes hétérotrophes présent dans les eaux superficielles et souterraines. Cette quantité élevée de carbone est potentiellement assimilable par les microorganismes qui peuvent provoquer des proliférations bactériennes, responsables de la contamination des eaux circulantes par des bactéries pathogènes ou des parasites. Il a été montré que de très faibles teneurs en carbone organique biodégradable (0,1 à 0,5 mg/L, et parfois même de l'ordre de 0,05 mg/L) étaient suffisantes pour soutenir un développement bactérien dans les eaux [15]. Donc, les fientes de poulets de chairs présentent un risque potentiel d'accélérer la prolifération et la contamination des eaux par les pathogènes et les parasites.

Ainsi, cette charge carbonique peut nuire à l'atmosphère en se transformant en biogaz par l'action des méthanogènes en conditions anaérobiques. Ce biogaz comporte le méthane et le dioxyde de carbone qui sont considérés comme des gaz à effet de serre. Certains travaux estiment la production de biogaz à partir des déchets organiques d'élevage [16]. Par conséquent les fientes de poulets de chairs peuvent provoquer une pollution atmosphérique qui peut être considéré comme un risque annexe.

3.3.4 AZOTE TOTALE

Dans la pratique, l'azote Kjeldahl est un indicateur de pollution du milieu et son contrôle permet de suivre l'évolution des contaminations. Azote Kjeldahl représente l'ensemble de ses formes réduites organiques et ammoniacales dans les fientes de poulets de chair. Lorsque ces déchets organiques se trouvent dans les eaux superficielles, très rapidement, la majeure partie de ces composés s'hydrolyse en donnant de l'ammoniaque [15]. À titre indicatif, les anciennes directives du Conseil des communautés européennes recommandaient pour les eaux douces superficielles destinées à la production d'eau de consommation humaine, le respect de valeurs guides variant de 1 à 3 mg/L selon les traitements mis en œuvre (groupe A1 à A3). Dans notre déchet organique l'azote Kjeldahl représente 4,48 % de sa matière sèche ce qui montre que le rejet et le lessivage vers les eaux superficielles peuvent les polluer.

3.3.5 IONS ET MÉTAUX

Le dosage des ions et métaux présents dans les fientes de poulets de chair montre que le zinc (Zn) occupe la première place avec 196 mg/kg suivi du cuivre (Cu), potassium (K), calcium (Ca) et de nickel (Ni) qui présente respectivement 70, 34, 30,14 mg/kg par contre les autres éléments minéraux ne dépassent pas 10 mg/kg (Tableau 4). Lors de la comparaison de ces éléments aux normes de DCCE, OMS et marocaines, on constate qu'ils présentent des teneurs très élevées par rapport aux normes, à l'exception du calcium, du sodium et du fer qui ne présentent pas de danger. Donc le rejet de ce déchet dans l'environnement conduit à un risque potentiel de dissolution de ces éléments dans les eaux pluviales ou les cours d'eau conduisant à une sursaturation par ces ions et métaux provoquant une pollution minérale.

Tableau 4 : Comparaison des teneurs des ions et métaux présentent fientes avec les normes.

Élément minérale	Déchets volailles (mg/kg)	Normes de DCCE (en mg/L)	Normes de l'OMS (en mg/L)	Normes marocaines (en mg/L)	Normes marocaines pour l'irrigation (en mg/L)
Zn	191,7 - 196,3	5	3	> 5	2
Cu	69,4 - 70,9	2	2	> 1	0,2
K	32,8 - 34,9	12	-	pv	-
Ca	29,8 - 30,4	100	-	100	-
Ni	9,1- 14,9	0,02	0,07	> 0,05	0,2
Cr	7,967- 8,296	0,05	0,05	> 0,05	0,1
Mo	5,768- 7,533	0,07	0,07	-	0,01
Na	3,20- 3,25	200	-	-	-
Pb	2,318-2,370	0,05	0.01	> 0,05	5
Fe	0,05- 0,99	0,2	-	2 à 5	5
Co	0,072	1	-	-	0,05
Se	0,632- 1,231	0,01	-	> 0,01	0,02

3.4 ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

Les fientes de poulets sont chargées en flore bactériennes pathogènes. Principalement les staphylocoques pathogènes présentent une teneur élevée avec (114.108 UFC/g). Les entérobactéries pathogènes sont en deuxième position avec (154.106 UFC/g). Donc, le nombre des bactéries pathogènes est très élevés dans les fientes ce qui montre un risque potentiel de contamination des eaux par ces microorganismes. Les salmonelles et des shigelles restent essentiellement une préoccupation de santé publique par leur implication dans les toxi-infections alimentaires collectives. Ces bactéries sont présentes avec (57. 104 UFC/g) dans ce déchet ce qui le rend dangereux sur la santé publique.

Ces microorganismes pathogènes risquent de contaminer les eaux superficielles ou souterraines lors d'un ruissellement ou une filtration.

Tableau 5 : Caractéristiques microbiologiques des fientes de poulets de chair

Type de bactéries	Nombre des bactéries en UFC/g
Staphylocoques	114.10 ⁸
Entérobactéries	154.10 ⁷
Salmonelles et shigelles	57.10 ⁴
Champions et levures	23.10 ⁴

4 CONCLUSIONS

La production des fientes de poulets au Maroc est en progression avec l'intensification de l'élevage avicole. D'après, Les analyses physico-chimiques et microbiologiques des fientes des poulets de chair et la comparaison avec les normes internationales. On peut conclure que ce type de déchet organique présente un réel risque de destruction de la qualité des eaux et l'air atmosphérique. Ainsi, les charges bactériennes, carboniques, azotiques et minérales peuvent influencer fortement les cours d'eau superficielles et les nappes phréatiques par la suite présenter des dangers sur la santé humaine conduisant à des maladies ou des épidémies.

Cependant les risques peuvent être signalés à partir de la détermination des caractéristiques. En conclusion, ce déchet organique présent un grand problème de gestion, traitement et valorisation, ce qui ne laisse pas le Maroc à l'abri de ce problème. D'où la nécessité d'envisager dans les prochains articles la recherche d'un moyen efficace pour résoudre ce problème.

NOMENCLATURE

- COT : Carbone organique total.
- DCCE : Directives du conseil des communautés européennes.
- DCL : Désoxycolate citrate lactose.
- MES : Matière en suspension.
- MM : Matière minérale
- MO : Matière organique.
- MS : Matière sèche.
- MSV : Matière solide volatile.
- OMS : Organisation mondiale de la santé.
- PCA : Plate count agar.
- PDA : Potato dextrose agar.
- SS : Salmonella-Shigella.
- UFC : Unité formant une colonie.

REMERCIEMENTS

Ce travail est financé par la CUD de Belgique dans le cadre du projet de collaboration avec l'Université Mohamed 1er Oujda "Projet appui à la recherche scientifique P2, de 2008 - 2012".

REFERENCES

- [1] REME. Gestion des déchets organiques au Maghreb, p : 13. 2007.
- [2] Revue Filière avicole. Dynamisme permanent, 96 Agriculture du Maghreb n°46. Octobre 2010.
- [3] Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime, Conseil agricole. Une nouvelle stratégie de service pour les agriculteurs, N°9.p 26. Novembre 2011.
- [4] F. Vincent. Contribution à l'étude du fonctionnement d'une décharge –Modélisation du comportement hydrodynamique et biologique d'un déchet-type. Thèse de doctorat, Ecole des Mines de Paris, 210 p. 1991.
- [5] R.W.F. Cameron, R.S Harrison-Murray and M.A. Scott. The use of controlled waster stress to manipulate growth of container-grown Rhododendron cv.Hoppy.journal of Horticultural Science : 74 161-169. 1999.
- [6] APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington DC, USA: American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation; 1998.

- [7] APHA. Méthodes normalisées pour l'examen des eaux et eaux usées (Twentyfirst ed.) Washington DC, American Public Health Association. American Water Works Association et la Fédération Environnement de l'Eau 2005.
- [8] M. Giroux et P. Audesse; Comparaison de deux méthodes de détermination des teneurs en carbone organique, en azote total et du rapport C/N de divers amendements organiques et engrais de ferme .Agrosol. Décembre 2004, vol. 15, no 2 : 107-110. 2004 .
- [9] Bremner, J.M.. Total Nitrogen. Methods of soil analysis, 2e partie. Am Soc. Agron. Madison, Wisconsin. Pages 1149-1178. 1965.
- [10] Landva, A.O. et Clark, J.I. Geotechnics of waste fill - theory and practice, ASTM, Special Technical Publication 1070, p 86-103. 1990.
- [11] F. Kolsch. Material values for some mechanical properties of domestic waste. Proc Sardinia 95, 5th International Landfill Symposium, Cagliari, Vol. II, p 711-729. 1995.
- [12] Grisolia, M., Napoleoni, Q. et Tancredi, G. Contribution to a technical classification of MSW. Proc. Sardinia 95, 5th International Landfill Symposium, Cagliari, Vol. II, p 703-710. 1995.
- [13] Aguilar-Juarez, Analyse et modelisation des reactions biologiques aerobies au cours de la phase d'exploitation d'un casier d'un centre d'enfouissement technique, These de doctorat, Institut des Sciences Appliquees de Toulouse. 233 p. 2000.
- [14] G.Sarter. Entre beldi et roumi : préférence des consommateurs urbains et production de poulets au Maroc. Cahiers Agricultures, 13(1), 75-78. 2004.
- [15] Jean RODIER, Bernard LEGUBE, Nicole MERLET et coll. L'Analyse de l'eau. 9eme édition. ISBN 978-2-10-054179-9.
- [16] M.E.Afilal, Belkhadir, Daoudi, Elasri O. Methanic fermentation of different organic substrates J. Mater. Environ. Sci. 4 (1) (2013) 11-16. ISSN : 2028-2508.