

Traitement des déchets urbains. Une unité de compostage des ordures ménagères dans un quartier d'habitat spontané à Yaoundé (Cameroun)

Emmanuel Ngnikam, Paul Vermande, Patrick Rousseaux

Le coût de la collecte et du transport des ordures ménagères dans les cités africaines ne cesse d'augmenter, car les villes sont de plus en plus étendues [1]. En outre, le taux de couverture du ramassage varie entre 40 et 70 %, du fait de l'enclavement de nombreux quartiers dépourvus de routes et de réseau d'assainissement [2, 3]. La technique du compostage des ordures ménagères peut alors être considérée comme une solution décentralisée particulièrement bien adaptée et peu coûteuse, à condition de prendre en compte les trois éléments suivants : concertation avec la population, formation et intéressement de la main-d'œuvre, débouchés et qualité du compost [1, 4-7].

Ces conditions ont été respectées dans le quartier de Melen III (Yaoundé, Cameroun) où l'on pouvait observer la multiplication des décharges sauvages, les rejets d'ordures ménagères dans les ruisseaux et la dégradation des conditions d'hygiène et de salubrité. La mise en place d'une installation de compostage dans ce secteur a été possible grâce à la présence de terrains maraîchers non constructibles au fond

d'un vallon. De plus, la proximité de l'École polytechnique a permis l'étude du projet, la formation du personnel et l'apport financier minimal pour en initier la réalisation.

Le quartier Melen III

Melen III occupe le fond d'un vallon en amphithéâtre sur une superficie de 6 hectares. Il est totalement enclavé car aucune route carrossable ne le traverse et il ne possède pas de réseau d'assainissement. Deux petits ruisseaux remplissent actuellement le rôle de collecteur des eaux pluviales et usées.

La population est très dense (1 200 personnes), avec 426 « ménages » dont 246 chambres d'étudiants (1/3 de la population totale).

Une enquête effectuée avant la mise en place de l'unité de compostage a permis de quantifier les modes d'évacuation des ordures ménagères :

- 63 % en décharges sauvages ;
- 24 % dans les bacs publics situés en périphérie du quartier à plus de 400 m ;
- 8 % dans les cours d'eau ;
- 5 % par enfouissement sur la parcelle même.

Au moment des fortes pluies (2 000 mm d'eau par an à Yaoundé), le pourcentage d'ordures déversées dans les ruisseaux est nettement supérieur à celui de l'enquête.

Les bas-fonds, où se rejoignent les deux ruisseaux, ne sont pas constructibles et appartiennent à l'Université ; 8 ha sont ainsi consacrés à la culture, actuellement assurée par des jardiniers de l'École polytechnique et des habitants du quartier.

Le projet

L'unité de compostage a été installée après une période d'information et de sensibilisation des habitants (enquêtes et réunions). Une « enquête-ménages » a été effectuée par quatre étudiants afin d'évaluer, d'une part, les données quantitatives et, d'autre part, les attentes et les comportements de la population.

L'objectif principal ayant été de réussir une installation de compostage qui pourrait être transposée dans d'autres quartiers ou petites villes, la dimension du projet a été modeste :

- superficie de 400 m², y compris le champ d'expérimentation de cultures maraîchères ;
- coût de la clôture et du matériel peu élevé (500 000 F CFA) ;
- personnel d'origine locale sans rémunération supplémentaire.

La qualité du compost obtenu [5] doit permettre d'améliorer les rendements des cultures et la qualité des sols. Le compost ne doit pas contenir d'éléments ou de composés toxiques, notamment de métaux lourds.

E. Ngnikam, P. Vermande : ENSP, BP 8390, Yaoundé, Cameroun.

P. Rousseaux : Laboratoire de chimie, physique appliquée et environnement, bât. 404, INSA, 69621 Villeurbanne Cedex, France.

Les déchets ménagers

L'enquête-ménage de mars 1992 a révélé une production moyenne d'ordures de 0,4 kg/hab/jour, soit une quantité totale de 500 kg/jour pour le quartier. Bien que la décharge sauvage principale ait été complètement nettoyée en avril 1992 au cours d'une journée « d'investissement humain », seuls 200 kg en moyenne arrivent quotidiennement dans les huit bacs de l'unité de compostage.

Un échantillonnage, effectué pendant quatre jours consécutifs en avril 1992, a permis de déterminer la composition des déchets ménagers. Elle a été comparée aux résultats de la campagne d'échantillonnage effectuée dans l'arrondissement de Yaoundé IV en décembre 1991 (échantillonnage de 177 kg extrait des 2,3 tonnes collectées) (tableau 1).

Les différences observées proviennent du fait que Melen III regroupe des personnes ayant un niveau de vie assez faible : elles consomment moins de produits manufacturés et rejettent davantage de matières organiques, ce qui peut expliquer partiellement l'écart observé sur la masse volumique. L'humidité de 61,3 % observée en avril, au début de la petite saison des pluies, a une influence directe sur le pouvoir calorifique inférieur (PCI) de ces ordures ménagères. Avec un tel pourcentage, elles ne peuvent être traitées par incinération car le PCI est voisin de 900 mth/kg [2]. Il en est ainsi pendant six mois de l'année à Yaoundé.

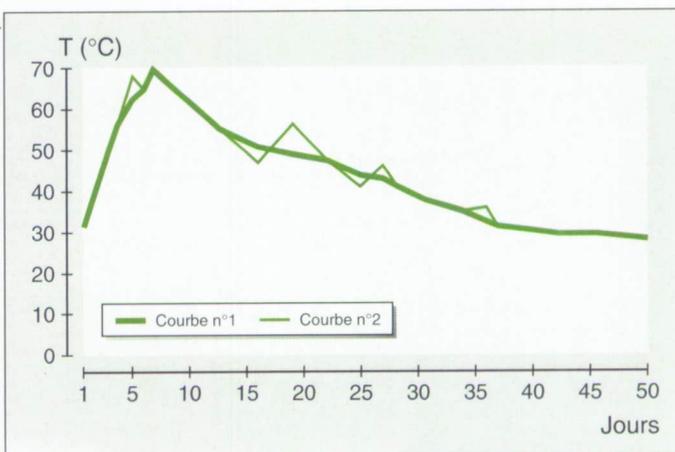
Les opérations de compostage

L'addition de divers substrats (paille, drêches des brasseries, fientes de poulets) permet d'améliorer le processus et la qualité du compost obtenu [5]. Le compost d'ordures ménagères est obtenu à l'issue des sept opérations suivantes :

1) Les ordures ménagères sont collectées dans des demi-fûts de 100 litres au fond percé pour l'écoulement de l'eau de pluie ; ils sont munis de deux poignées pour une manipulation plus facile et sont placés le long du chemin

Figure 1. Évolution de la température, influence du retournement du compost.

Figure 1. Changes in temperature and effect on compost-turning up side down.



le plus fréquenté du quartier, à un endroit fixe et à 50 m de la dernière maison.

2) Chaque matin, les déchets sont transportés à l'unité de compostage : on sépare alors les matières fermentescibles (88 %) des stériles (matières plastiques, objets métalliques, piles, verres, tissus, cuirs, etc.) qui seront évacuées vers un centre d'enfouissement technique.

3) Un hachage sommaire est effectué à l'aide d'une machette avant la mise en andains ou en tas coniques. Ceux-ci sont recouverts de feuilles de bananiers, « d'herbe à éléphant » ou de feuillages divers.

4) Le contrôle de la température est effectué régulièrement à l'aide d'un thermomètre à affichage digital (figure 1, courbe 1), la température ne devant pas dépasser 70°.

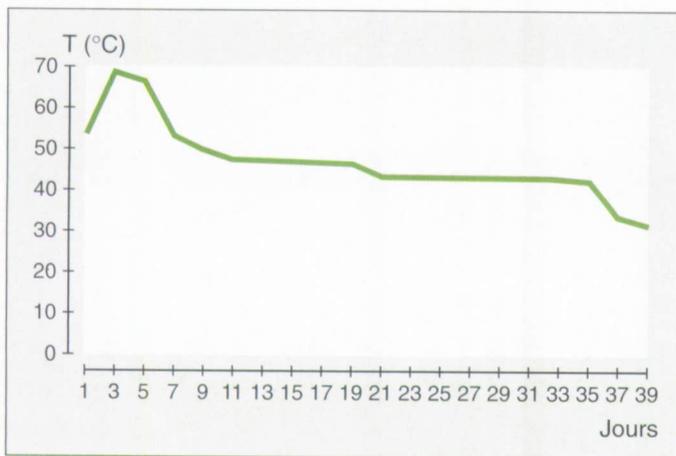
Tableau 1

Composition des déchets ménagers

Composants (% sur sec)	Melen III	Yaoundé IV
Papiers et cartons	1,0 ± 0,5	4,8
Verres et céramiques	2,5 ± 2,0	6,0
Tissus et cuirs	1,3 ± 1,3	3,6
Fer et métaux	3,5 ± 3,0	2,3
Matières plastiques et caoutchouc	4,1 ± 0,5	5,2
Matières organiques (avec bois, os, coques)	87,6 ± 2,0	78,1* (dont 34,5 % de fines < à 30 mm)
Total	100	100
Humidité (%)	61,3 ± 4,2 (avril)	49,4 (décembre)
Masse volumique (10 ³ kg/m ³)	0,35 ± 0,15	0,21

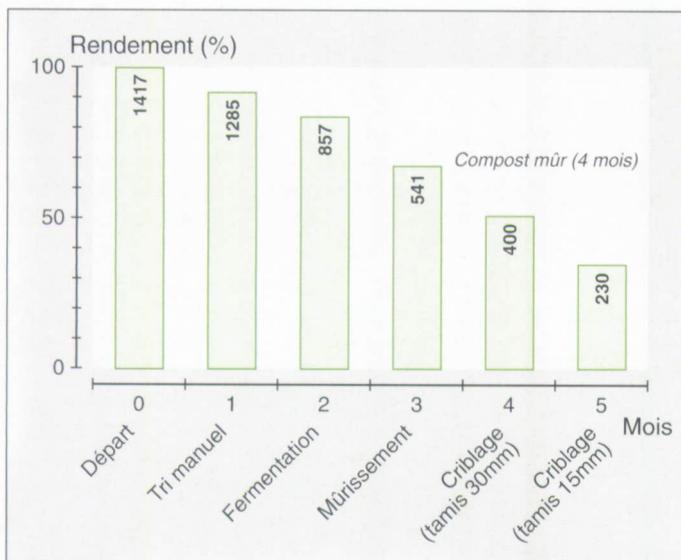
* Les lixiviats s'échappant des tas de compost en cours de fermentation doivent être drainés et ne peuvent pas s'écouler dans le ruisseau voisin.

Composition of household waste



◀ **Figure 2.** Évolution de la température, mélange avec 25 % de drêches.

Figure 2. Changes in temperature, mixed with 25 % brewery returns.



◀ **Figure 3.** Rendement matière en fonction du temps.

Figure 3. Yield according to time.

Afin de permettre une dégradation uniforme des matières fermentescibles, on procède à un retournement des tas à des moments calculés d'après les contrôles de la température soit, dans notre cas, les 6^e, 11^e, 16^e et 28^e jours. Chaque retournement provoque une augmentation de la température pendant deux ou trois jours (*figure 1*, courbe 2).

5) L'humidité est maintenue à un taux inférieur à 75 % afin d'éviter les fermentations anaérobies : des mesures régulières sont effectuées par pesée et séchage à l'étuve. L'emploi de feuilles de bananiers ou de feuilles en matière plastique permet d'éviter la pénétration de l'eau lors des fortes pluies.

6) La période de maturation dure au moins deux mois pendant lesquels les tas sont retournés deux à trois fois.

7) Avant d'être utilisé, le compost

peut être criblé pour séparer les éléments grossiers de diamètre supérieur à 30 mm.

Addition d'autres substrats et évaluation de leurs effets

Il a fallu ajouter 2 à 5 % de paille pour constituer la proportion nécessaire de matière structurante assurant une meilleure aération des andains.

Les drêches de brasseries, très polluantes, ne trouvent pas d'acquéreurs dans la région de Yaoundé. Leur incorporation au compost (de 12,5 à 35 %) permet à la fois de les éliminer et d'améliorer sensiblement, grâce à leur teneur élevée en azote, la qualité du compost. La *figure 2* montre clairement, par comparaison avec la *figure 1*, que la présence des drêches

accélère le processus de compostage. L'addition aux ordures ménagères de 12,5 % de fientes de poulet (produites en importance par les nombreux élevages régionaux) favorise le processus de fermentation et donne un compost plus riche.

Résultats

Rendement matière

Le diagramme de la *figure 3* fait apparaître un rendement de 28,7 % en compost mûr (4 mois) sur le produit criblé à la maille de 30 mm. Ce rendement est ramené à 16,5 % si on utilise une maille de 15 mm pour obtenir un compost qui pourra être commercialisé.

L'expérimentation a été réalisée sans broyage pour s'assurer qu'elle était possible avec les seuls outils conventionnels dont disposaient les maraîchers. On sait par expérience qu'un broyage après le tri manuel favorise grandement la fermentation et le mûrissement [5] : il est donc à conseiller chaque fois que possible, d'autant plus qu'il est souhaitable d'ajouter également des déchets végétaux d'élagage et de cultures. Enfin, un broyage du compost mûr est aussi possible pour une meilleure incorporation dans les sols ou pour une meilleure commercialisation éventuelle.

Analyse du compost

Les analyses physiques ont permis de déterminer que la masse volumique moyenne du compost obtenu est de $(0,62 \pm 0,12) 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Les analyses chimiques (référence matière sèche), dont les résultats sont repris dans le *tableau 2*, ont été effectuées à l'IRA de Yaoundé et au LCPAE de l'INSA de Lyon. Elles montrent une augmentation des concentrations en éléments fertilisants (N, P et K) quand le pourcentage de drêches croît.

Les composts ont une capacité d'échange élevée et permettent de fixer dans le sol les éléments nutritifs nécessaires aux plantes. De ce fait, leur association avec les engrais généralement utilisés dans le monde agricole est à recommander. Les teneurs intéressantes en azote, potassium et phosphore [4] permettent de diminuer, voire d'élimi-

Tableau 2

Analyse chimique des composts

Référence du compost	(1)	(2)	(3)	(4)	Terreau de Melen	Sol naturel
Age (jour)	60	44	40	33	—	—
Matières organiques totales (%)	17,68	18,75	21,75	30,93	11,65	3,86
Carbone (%)	10,28	10,88	12,65	17,68	6,70	2,24
Azote (%)	0,76	0,98	1,09	1,76	0,63	0,18
C/N	13,50	11,10	11,60	10,00	11,30	12,40
P ₂ O ₅ assimilable (ppm)	1 161	1 303	1 994	2 339	3 396	25
Calcium (meq/100 g)	2,86	3,49	3,46	3,27	5,06	0,42
Magnésium (meq/100 g)	5,71	5,89	5,83	5,01	4,40	0,31
Potassium (meq/100 g)	15,91	16,46	16,85	17,00	8,58	0,42
Sodium (meq/100 g)	20,61	23,00	21,82	23,00	18,00	0,48
Somme des bases	45,09	48,84	47,96	48,28	31,35	1,63
Capacité d'échange	24,32	27,21	30,63	23,61	18,00	18,19
Saturation (%)	> 100	> 100	> 100	> 100	> 100	8,9

(1) Compost à 100 % de MO

(2) Compost à 12,5 % de drêche et 87,5 % de MO

(3) Compost à 25 % de drêche et 75 % de MO

(4) Compost à 35 % de drêche et 65 % de MO

Chemical analysis of the various composts

ner la consommation d'engrais qui représente près de 50 % du coût total de la culture pour certaines plantes.

Analyse des métaux lourds

La dissémination des métaux lourds dans l'environnement est une préoccupation constante des organismes internationaux [7, 8]. De plus, l'utilisation du compost issu des déchets urbains présente des risques de transferts de ces métaux dans l'alimentation humaine [9]. C'est pourquoi une attention particulière a été portée à ces polluants potentiels du compost obtenu par traitement des ordures ménagères.

• Dans les constituants des ordures ménagères

Les objets les plus polluants de nos poubelles sont les piles électriques à

cause des métaux qu'elles contiennent : mercure, zinc, cuivre, nickel, plomb, cadmium sont présents en grandes quantités suivant les types de piles utilisées [7]. Tous les acteurs du compostage ont été informés et sensibilisés à cette question.

L'analyse de la teneur en métaux des autres constituants des ordures ménagères a été faite pour connaître les apports éventuels des différents objets au compost qu'il est prévu de fabriquer et d'utiliser. Les fractions de matières organiques fines inférieures à 30 mm (papiers cartons, textiles, matières plastiques) ont été échantillonnées, broyées et analysées. Les résultats sont donnés dans le *tableau 3*.

Les différentes fractions des ordures ménagères analysées ont des teneurs en métaux relativement faibles qui ne sont pas de nature à contaminer les composts : ceux-ci pourront être homologués et utilisés en agriculture au vu des normes européennes.

• Dans les composts

Les résultats en sont repris dans le *tableau 4*. L'hypothèse d'une faible contamination par les métaux lourds a été vérifiée dans le premier compost (ordures ménagères triées), les constituants indésirables ayant été soigneusement séparés. Toutes les concentrations sont environ deux fois plus élevées que dans les matières organiques originelles ; ceci n'a rien d'étonnant puisqu'une moitié de la matière sèche est transformée au cours de la fermentation en CO₂ et H₂O. Seule la teneur en Cd dans les matières plastiques est à surveiller.

Peut-on utiliser les composts obtenus sans tri préalable ?

L'analyse des criblés de « décharges spontanées » donne des résultats contrastés. Les teneurs en métaux lourds sont évidemment plus élevées : pour les deux premiers quartiers (Cotonou et Melen-Yaoundé) les normes sont respectées. Pour deux autres quartiers

Tableau 3

Concentration en éléments métalliques exprimée en ppm (parties par million) de matière sèche

Métal Constituant	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr
Matières organiques	3,4	19	85	12	12	25
Fines < 30 mm	2	73	260	30	nd	22
Papiers et cartons	nd	21	112	20	nd	54
Textiles	nd	33	157	18	nd	119
Matières plastiques	39	nd	18	nd	nd	nd
Normes européennes pour les composts	3 à 10	150 à 1 000	500 à 2 500	100 à 1 000	50 à 100	100 à 500

nd = non déterminé

Concentration in metal components expressed in ppm (parts per million) of dry matter

Tableau 4

Concentration en métaux lourds (exprimée en ppm de matière sèche) dans les composts issus des ordures ménagères ou des criblés de décharges spontanées

Métal Composts	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr
MO triées	3	45	156	25	44	55
Criblé Melen II, décharge sauvage	4	141	494	169	79	166
Criblé de Cotonou	7	134	269	13	23	26
Criblé Tsinga	2	2 000	560	76	49	222
Criblé Essos	12	118	2 750	251	62	134
Normes européennes pour les composts	3 à 10	150 à 1 000	500 à 2 500	100 à 1 000	50 à 100	100 à 500

Concentration in heavy metals (expressed in ppm of dry matter) in composts obtained from city wastes or spontaneous landfills

de Yaoundé (Tsinga et Essos) une contamination se manifeste : 2 000 ppm de plomb à Tsinga provenant d'une décharge qui jouxte un dépôt de ferrailles et 2 750 ppm de zinc à Essos, dus vraisemblablement à la présence de piles. Ces deux derniers criblés sont impropres à une utilisation pour des

cultures maraîchères destinées à l'alimentation humaine, mais ils peuvent cependant être employés dans des pépinières florales ou arboricoles.

Rendements culturaux

Une seule culture, la salade, a été testée durant les mois de juillet, août et

Summary

Treatment of urban waste. A centre for making compost from household refuse of the informal sector housing in a district of Yaounde, Cameroon

E. Ngnikam, P. Vermande, P. Rousseaux

A centre was set up at the National Polytechnic Institute (NPI) to enable the people in a nearby district of Yaounde to process their household waste into compost. The compost is used locally to serve the needs of adjacent farming activities. Typically, a farmer is able to treat some 200 kg of household waste per day. Treatment usually takes about two hours and involves the tools traditionally used in compost preparation. The NPI project resulted in good quality compost. Evidence of heavy metals was low by European standards. The first attempt at using the compost on salad plantations resulted in a doubling of output. The people of the district who participate in this project are now mobilised to play an active part in regulating the quality of their environment.

Cahiers Agricultures 1993 ; 2 : 264-9.

septembre 1992, ceci avec l'aide d'un jardinier qui utilise les techniques traditionnelles. D'autres essais complémentaires seront donc à exécuter.

Le tableau 5 rassemble les résultats des échantillons : A sans amendement, B avec du compost ordinaire d'ordures ménagères et C avec du compost obtenu en ajoutant des pourcentages croissants de drèches : 12,5 %, 25 % et 35 %. Il est évident que l'apport de 2,8 kg de compost à 40 % d'humidité par m² a permis de doubler la production de salades. Et plus le pourcentage de drèches est élevé dans le compost, meilleurs sont les résultats. Les analyses chimiques avaient déjà mis en évidence la qualité du produit ainsi obtenu.

Tableau 5

Résultats des échantillons

Nature de la planche	A	B	C ₁	C ₂	C ₃
Surface (m ²)	9,0	3,6	4,5	4,5	5,0
Dosage du compost (kg/m ²)	0	2,8	2,8	2,8	2,8
Référence du compost	—	1	2	3	4
Production (kg)	17,0	15,3	19,9	22,1	27,3
Rendement (kg/m ²)	1,89	4,25	4,42	4,91	5,46

Results of the samples

Conclusion

L'originalité de cette recherche expérimentale réside dans la synergie de plusieurs partenaires qui ont réussi, avec peu de moyens financiers, à améliorer l'environnement d'un quartier. Ils ont traité les ordures ménagères, tout en produisant un compost utilisé pour les cultures maraîchères et ont diminué sensiblement le taux de pollution des eaux de ruissellement. Cette expérience est actuellement menée dans d'autres quartiers et dans plusieurs petites villes loin du secteur universitaire : il faut s'assurer qu'elle puisse être reproduite par des acteurs locaux qui devront trouver leurs propres motivations et leur intérêt.

Il est fort utile pour les agriculteurs et maraîchers de pouvoir disposer d'un compost de bonne qualité ayant des teneurs très faibles en métaux lourds et en substances non biodégradables ; pour cela, le tri manuel à la source a donné d'excellents résultats dans l'expérimentation décrite et dans d'autres localités. Pour de nouvelles installations qui fonctionneraient et seraient suivies sur le même principe, il y a lieu de prévoir des analyses régulières pour éviter tout risque de contamination : les activités économiques spécifiques d'une ville ou d'un

quartier peuvent amener des polluants qu'il est nécessaire de déterminer avant la mise en place de l'unité de compostage. Enfin, des analyses annuelles de contrôle seront du plus grand intérêt pour maintenir la qualité des composts obtenus ■

Résumé

Une installation de compostage d'ordures ménagères a été mise en place à l'École polytechnique de Yaoundé, dans le but d'aider la population d'un quartier enclavé à traiter rationnellement ses déchets ménagers. Le compost obtenu est utilisé pour des cultures vivrières.

Un maraîcher traite environ 200 kg d'ordures ménagères par jour en utilisant ses outils traditionnels et en consacrant quotidiennement 2 heures aux différentes opérations de compostage.

Le compost obtenu par la nouvelle méthode est de très bonne qualité, les teneurs en métaux lourds sont très inférieures aux normes européennes. Un premier essai d'utilisation sur des champs de salades a permis de doubler le rendement cultural. Les habitants du quartier se sont mobilisés et participent à l'amélioration de leur environnement.

Références

- Gillet R. *Traité de gestion des déchets solides et son application aux pays en développement*. Copenhague : OMS-PNUD, 1986 ; 960 p.
- Ngnikam E. Deux propositions pour une gestion optimisée des ordures ménagères de Yaoundé : le compostage, stations de transit. Mémoire de fin d'études, ENSP, 1992.
- Sida A. Élimination et valorisation des ordures ménagères de la ville de Yaoundé. Mémoire de fin d'études, ENSP, 1990.
- Dupriél H, Le Leener P. *Jardins et vergers d'Afrique, Terres et Vie*. Belgique : L'Harmattan, APICA, ENDA, CTA, 1987.
- Mustin J. *Le compost : gestion de la matière organique*. Paris : Éditions F. Duboscq, 1985.
- Rexcoop. Gestion des déchets ménagers dans les pays en développement. Actes du Colloque, Paris : 9-11 septembre 1987, ministère de la Coopération.
- Rousseaux P. Les métaux lourds dans les ordures ménagères. Origines, formes chimiques, teneurs. *R & D Programme on recycling and utilisation of wastes*. Commission des communautés européennes (DG XII), 1988 ; 123 p.
- Rousseaux P, Navarro A, Vermande P. Heavy metal distribution in household waste. *Biocycle* 1989 ; 30.
- Linères M. Étude bibliographique des essais agronomiques relatifs à l'utilisation des composts urbains. Le problème des métaux lourds. *R & D Programme on recycling and utilisation of waste*. Commission des Communautés Européennes (DG XII). 1988 ; 123 p.
- Rousseaux P. Determination of trommel meshes of optimal separation of compostable fraction of municipal solid wastes from Florianopolis, sc. *Brazil Resources, conservation and recycling* 1992 ; 6 : 227-9.
- Ségura J. Le compostage des ordures ménagères et ses débouchés agronomiques. *Biofutur* 1984 ; 19-29.