



M.V.A.D.

Mission de Valorisation Agricole des Déchets

Composts de déchets verts urbains réunionnais : recherche de la source d'ETM

Nicolas PAYET

Virginie van de KERCHOVE

Février 2007



A D E M E



SOMMAIRE

I. Contexte.....	4
I.1 Le compost de déchets verts urbain	4
I.2 Le compost de déchets verts à La Réunion	4
I.3 Problématique.....	4
II. Objectifs de ce travail	6
III. Hypothèses de départ	6
IV. Identification des partenaires.....	6
V. Collecte d'informations.....	8
V.1 Enquête auprès des exploitants des plates-formes de compostage	8
V.2 Autres sources d'informations	10
V.3 Méthode de travail.....	11
VI. Analyse des résultats	12
VI.1 Analyses de l'information collectée	12
VI.1.1 Hypothèse « Présence de terre chargée en ETM dans les composts ».....	12
VI.1.2 Hypothèse « Existence de végétaux bio-accumulateurs de chrome et de nickel »	13
VI.1.3 Hypothèse « Influence du process de fabrication du compost »	13
VI.2 Résultats d'analyses en ETM de composts et de déchets végétaux bruts	13
VI.2.1 Comparabilité des résultats d'analyses :	14
VI.2.2 Analyse de la distribution de la population (n=49).....	14
VI.2.3 Comparaison des résultats par station	16
VI.2.4 Comparaison des teneurs par période de l'année	17
VI.2.5 Coefficients de corrélation	19
VI.2.6 Analyse des résultats d'échantillons de végétaux bruts	19
VII. Conclusions et perspectives	24
Annexes.....	28

I. Contexte

1.1 Le compost de déchets verts urbain

Il s'agit d'une matière organique provenant de la décomposition de la partie fermentescible de déchets végétaux broyés mécaniquement. Ces déchets végétaux proviennent de l'entretien des jardins publics et des bords de route. Ils proviennent surtout de la collecte des déchets verts réalisée par les communes (ou les communautés d'agglomérations) chez les particuliers.

Cette matière organique présente un faible pouvoir fertilisant. Sa teneur en azote et en potassium est, en effet, moyenne par rapport à l'ensemble des matières organiques produites à La Réunion. Sa teneur en phosphore est faible. Ce produit est surtout intéressant de par sa valeur amendante (200 kg d'humus par tonne de compost brut).

1.2 Le compost de déchets verts à La Réunion

En 2005, plus de 8 400 tonnes de compost de déchets verts ont été produits sur le département de La Réunion (selon les enquêtes réalisées dans le cadre de cette étude) contre 2 300 tonnes en 2000 (Source : Exploitant des plates-formes de Saint-Pierre et Sainte-Rose en 2000).

On retrouve aujourd'hui sur l'île, 3 plates-formes de compostage urbaines:

- Le Port (600 tonnes de compost sur 2005)
- Saint Pierre (7 500 tonnes de compost sur 2005)
- Sainte Rose (317 tonnes de compost sur 2005)

Un autre projet est en cours d'élaboration sur le nord de l'île.

Le compost de déchets verts urbains est actuellement peu utilisé par les agriculteurs. Or, le Cirad constate une baisse des teneurs en matières organiques des sols cultivés réunionnais. Ces informations sont issues de la comparaison de deux séries d'analyses de sol (s'étalant pour la première de 1985 à 1992 et pour la seconde de 1995 à 2006), entre lesquelles il existe une différence significative.

1.3 Problématique

Le compost de déchets verts est régi par la norme NFU 44-051, rendue d'application obligatoire. Le texte fixe un certain nombre de paramètres à respecter (dénomination,

teneurs, granulométrie...). Une version révisée de cette norme a été validée par l'AFNOR, début 2006. Elle sera très bientôt rendue, elle aussi, d'application obligatoire par la publication d'un nouvel arrêté d'application. Cette norme fixe entre autres des valeurs seuils en Eléments Traces Métalliques (ETM) que le produit ne doit pas dépasser.

Afin de mieux connaître les composts de déchets verts produits à la Réunion, la MVAD a intégré, dans sa base de données (créée en 2003) les valeurs agronomiques de 58 résultats d'analyses, issues essentiellement de composts urbains. Y sont intégrés des résultats provenant d'échantillons prélevés par la MVAD ainsi que des résultats provenant d'autres organismes (Communautés d'Agglomérations et Cirad, essentiellement). En ce qui concerne les teneurs en ETM de ces composts de déchets verts, la base de données de la MVAD contient trois résultats issus de prélèvements qu'elle a réalisés elle-même et dix résultats issus d'études que le Cirad a réalisées pour la MVAD. En 2005, suite à l'analyse des résultats en ETM de ces composts, la MVAD a constaté que les teneurs locales en Cr et en Ni des composts dépassaient les valeurs seuils annoncées dans le « projet » de modification de la norme NFU 44-051. Or, ces teneurs élevées constituent un frein à la normalisation du compost réunionnais. La MVAD a alors proposé d'analyser les sources d'ETM de cette matière organique épandable en agriculture.

Ce rapport présente les résultats d'un travail relatif à la production du compost de déchets verts urbains. Il est réalisé avec une vision prospective, dans le but de fournir une matière organique amendante, de qualité, aux agriculteurs.

Tableau 1 : Composition en éléments traces métalliques du compost de déchets verts (mg/kg de m. s). Valeurs obtenues à partir de 13 échantillons.

ETM	Cadmium (Cd)	Chrome (Cr)	Cuivre (Cu)	Mercure (Hg)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Zinc (Zn)
Valeurs moyennes	0,4	107	77,7	0,14	103,7	35,3	240
Valeurs limites NFU 44-051	3	120	300	2	60	180	600

Si l'on considère les restrictions de la norme concernée et les teneurs moyennes en ETM des 13 échantillons initiaux, les producteurs de compost de déchets verts ne pourront bientôt plus écouler leur produit pour des raisons réglementaires. Les seuils fixés dans ce texte cherchent à éviter une contamination des sols et des végétaux dans le cas d'ETM dont la présence serait liée à des activités anthropiques polluantes.

La Réunion, sur ce point, présente des caractéristiques particulières. Les sols réunionnais étudiés par le CIRAD pour la MVAD (*ETM : Inventaire pour l'île de la Réunion (sols, déchets et végétaux)*, Doelsch, Février 2004) présentent des concentrations importantes en ETM (chrome, cuivre, nickel, et zinc) « corrélées avec les compositions des roches mères » de l'île. Ces concentrations ne sont donc pas liées à une activité anthropique.

II. Objectifs de ce travail

- Les constatations de dépassement des seuils réglementaires ont été réalisées grâce aux résultats d'analyse de 13 échantillons de compost de déchets verts.

- *Améliorer la représentativité des échantillons par rapport au gisement de compost de l'île dans le but de confirmer ou d'infirmer les premiers résultats.*

- Pour pouvoir écouler ce produit sur l'île, il est dans notre cas indispensable de capitaliser un maximum d'informations sur ces éléments. Il est, à notre niveau, primordial de mettre à jour l'origine de ces ETM dans ces composts :

- *Mieux comprendre le phénomène d'accumulation de chrome et de nickel dans les composts de déchets verts locaux. Cibler les sources de cette accumulation.*

Ces informations pourront également être utilisées par les exploitants des plateformes de compostage dans le cas d'une démarche d'homologation du produit.

III. Hypothèses de départ

Plusieurs hypothèses quant à la provenance de ces éléments traces ont été avancées :

1. Présence de terre chargée en ETM dans les composts ;
2. Influence du process de fabrication du compost (dégradation des garnitures des engins intervenant dans la fabrication / manipulation du compost) ;
3. Existence de végétaux bio-accumulateurs de chrome et de nickel ;

Remarque : l'ordre d'apparition des hypothèses n'est pas lié à leur importance supposée dans la problématique traitée.

IV. Identification des partenaires

La MVAD, pour mener à bien cette action, a identifié les partenaires à impliquer en définissant leur rôle.

En tant que productrices de la matière organique concernée et propriétaires des plates-formes de compostage, les **communautés d'agglomérations** se positionnent comme des acteurs incontournables. Ces organismes disposent en effet des informations de base nécessaires à l'avancement de l'action.

Ont donc été associés à l'action :

- La Communauté Intercommunale Réunion Est (CIREST) : plate-forme de Sainte Rose qui accueille les déchets verts et la fraction fermentescible des ordures ménagères (FFOM) des communes de St André et **Sainte-Rose** ;
- le Territoire de la Côte Ouest (TCO) : plate-forme du Port qui accueille les déchets verts des communes, Saint-Paul, Le Port et La Possession. Le TCO comprend également les communes de Saint-Leu et Trois-Bassins, dont les déchets verts sont acheminés vers la plate-forme de broyage de Saint-Leu.
- la Communauté Intercommunale des Villes Solidaires (CIVIS) : plate-forme de Saint-Pierre qui accueille les déchets verts des communes de Cilaos, l'Etang-Salé, St Louis, Saint-Pierre et Petite-Île.

Dans le même esprit, une communauté d'agglomération ayant en projet de développer une plate-forme de compostage (boue et déchets verts) sur son territoire (comme la Communauté Intercommunale du Nord de la Réunion (CINOR) regroupant les communes de St Denis, Ste Marie et Ste Suzanne) a été associée à ce travail.

Les **prestataires de services retenus par les communautés d'agglomérations** pour gérer leurs stations de compostage constituent également des partenaires : How-Choong Environnement (HCE) pour les plates-formes ouest et sud et CGEA ONYX pour Sainte-Rose.

Ces acteurs disposent de la matière première. Ils sont le plus à même de nous fournir des informations sur le process de fabrication du compost : zones et périodes de collecte, volumes collectés par types de déchets verts, techniques et conditions de compostage, de stockage, ...

Les résultats de cette étude pourraient influencer la valorisation d'un déchet important en terme de tonnage pour notre territoire. Aussi avons-nous associé un partenaire scientifique à ce travail, dans l'objectif de réaliser une étude rigoureuse : le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (**CIRAD**).

Les résultats de cette étude devront être relayés auprès de la préfecture par les structures locales compétentes en matière réglementaire : la Direction de l'Agriculture et de la Forêt (DAF), la Direction Régionale de l'Environnement (**DIREN**) voire la Direction Régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement (**DRIRE**).

Par ailleurs, des expériences d'autres territoires pratiquant la technique de compostage de déchets verts ont été prises en compte. L'interlocuteur centralisateur de celles-ci a été l'Assemblée permanente des Chambres d'Agriculture (**APCA**), en tant que représentante des Chambres d'Agriculture régionales et départementales de France, mais aussi l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'énergie (**ADEME**).

V. Collecte d'informations

Pour en apprendre davantage sur les sources d'accumulation en ETM des composts de déchets verts urbains, un certain nombre de démarches ont été entreprises.

V.1 Enquête auprès des exploitants des plates-formes de compostage

Les exploitants des plates-formes ont été interrogés sur leurs pratiques, le déroulement de leur process de fabrication de compost et les difficultés qu'ils rencontrent. Le questionnaire ainsi que les comptes rendus détaillés des enquêtes sont joints en annexes 1 et 2.

Pour les stations du Port et de Saint-Pierre, la majeure partie des végétaux provient de la collecte en porte à porte, auprès des habitants (environ 80% en masse). 19% de la masse collectée correspond à des végétaux amenés par des entreprises d'égavage, d'espaces verts ou par les services techniques des communes. Le pourcent restant correspond aux déchets verts déposés par les particuliers directement en déchetterie.

Sur Sainte-Rose, 63% (en masse) des déchets verts proviennent de la collecte en porte à porte. 20% des végétaux proviennent de la déchetterie de Bras-Panon (au sein de laquelle les déchets verts issus de la collecte en porte à porte et autres sources de déchets verts sont mélangés). 5% proviennent d'autres déchetteries de la zone, 11% correspondent à la FFOM et 0,4% environ sont apportés par des professionnels travaillant sur des espaces verts.

En résumé, ces questionnaires nous apprennent que les process de fabrication du compost sur les 3 stations sont quasiment identiques. Les étapes de fabrication et les différences de process sont détaillées ci-dessous :

- a- Arrivée des déchets végétaux: réception et contrôle. Sur Saint-Pierre et le Port il y a émission d'un bon précisant l'origine du chargement.
- b- Stockage puis tri : tri manuel et mécanique (tractopelle, « Bell »)
- c- Broyage
- d- Mise en andain des broyats de végétaux et début du processus de compostage : phase de « montée en température ». Sur Sainte-Rose les végétaux sont mélangés à la FFOM (Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères). La station de Sainte-Rose est équipée d'un système de souffleries qui évite le retournement des andains pendant les 3 premiers mois. Sur les stations du Port et de Saint-Pierre, les andains sont retournés tous les mois et arrosés. Sur Sainte-Rose, cette dernière opération n'est pas nécessaire étant donné la pluviométrie importante.
- e- Phase de maturation : sur Saint-Pierre et Le Port, les andains ne sont plus arrosés, ni retournés durant trois mois. Du fait de la pluviométrie, le compost de Sainte-Rose n'est pas arrosé.

- f- Etape intermédiaire pour la station de Sainte-Rose avant criblage : stockage du compost sous hangar pour faciliter son séchage et permettre son criblage.
- g- Criblage : les refus repartent dans le processus de fabrication de compost.
- h- Stockage du compost criblé
- i- Vente ou cession du compost

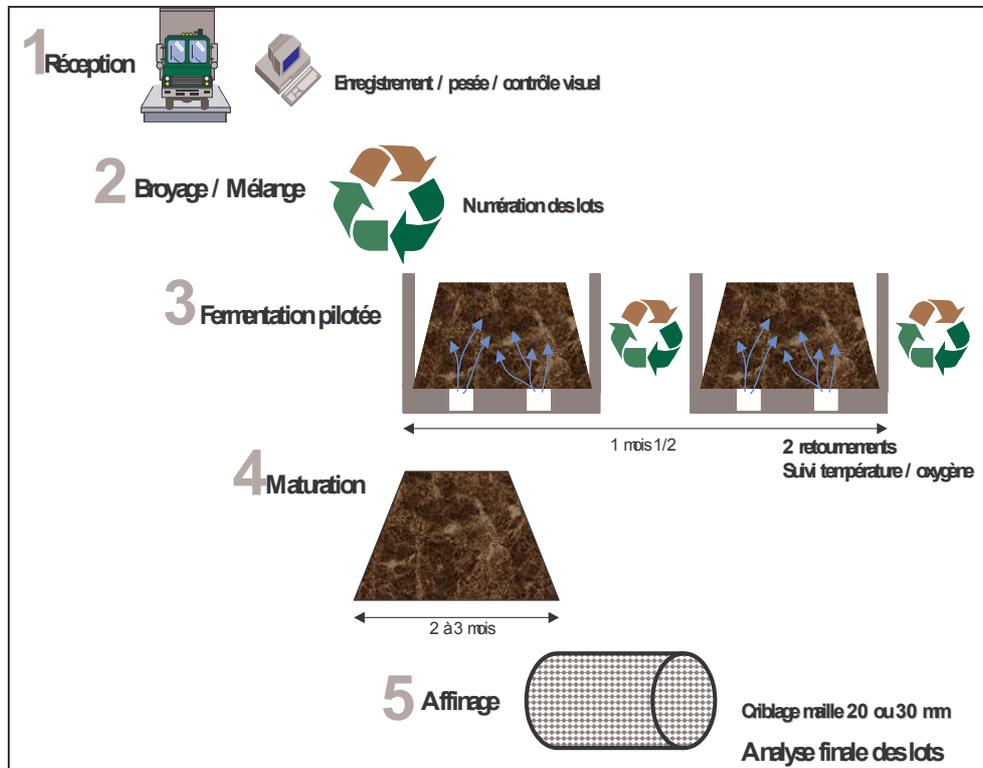


Schéma n°1 : Exemple d'étapes de fabrication du compost

Le processus dure en moyenne six mois au Port et à Saint-Pierre contre huit mois à Sainte-Rose. Dans cette dernière station, après la phase de maturation, une phase de séchage sous hangar de deux mois est nécessaire afin de pouvoir cribler le compost.

Les 3 plates-formes disposent d'un sol recouvert d'un enrobé.

Les engins utilisés sont quasiment identiques : chargeur à griffe, pelle mécanique, broyeur « Metallic ».

Les matériaux qui composent les garnitures de ces engins sont composés essentiellement de carbure de tungstène et de manganèse.

La fréquence de changement des garnitures est identique entre Saint-Pierre et le Port (changement tous les 20 000m³).

La fréquence de changement est la même toute l'année, c'est à dire qu'il n'y a pas d'influence des caractéristiques des végétaux (abrasion, par exemple) sur celle-ci.

Sur Sainte-Rose, les garnitures n'ont été changées qu'une fois depuis l'existence de la plate-forme (2003).

Ces fréquences de changement sont comparables à celles des plates-formes de métropole.

D'après les exploitants des plate-formes, le coefficient de réduction massique est de l'ordre de 0,68 (68% : soit, une tonne de déchets verts produit 320 kg de compost) pour les stations du Port et de Saint-Pierre et de 0,84 (84%) pour Sainte-Rose (FFOM compris).

Sur Saint-Pierre, le coefficient de réduction volumique est de 0,92 (92% : soit, 1 m³ de déchets verts produit 0,08 m³ de compost).

V.2 Autres sources d'informations

La principale source d'information scientifique sur le sujet est un article de intitulé « Sources of Cd, Cu, Pb and Zn in biowaste » publié dans la revue « The Science of the Total Environment » par Adrie Veecken et Bert Hamelers (2002).

Pour ce qui est de la recherche des espèces accumulatrices d'ETM, plusieurs ouvrages sur les flores de l'île et les jardins créoles ont également été consultés (« Mon jardin tropical » de Aline Ternisien, Fabrice Le Bellec, Eric Leroy, « Arbres et arbustes exotiques à la Réunion » de Jean-Noël Eric Rivière, « Mon jardin à la Réunion » de Yvon Payet, Marie Drean, Yann Bouquerel, Marie-Bernadette Prud'homme).

De nombreux échanges ont été entrepris avec les organismes suivants :

- Le CIRAD métropole et Réunion
- Les EPCI
- L'APCA et la Chambre d'Agriculture de la Creuse
- Le CEREGE
- L'IRD
- L'Université de la Réunion (Laboratoires de biologie végétale et de géologie)
- La SREPEN et le Conservatoire Botanique des Mascareignes
- Le bureau d'études ECOTECHNA
- L'association des Jardins Créoles
- Les 4 principaux pépiniéristes de l'île.

Il en ressort que peu de données existent sur les espèces végétales accumulatrices réunionnaises. Les travaux menés sur les espèces végétales « hyper-accumulatrices » en Nouvelle Calédonie par exemple, sont très difficilement extrapolables au contexte réunionnais du fait d'un taux d'endémisme néo-calédonien de plus de 80%.

Certaines espèces végétales réunionnaises sont toutefois identifiées comme accumulatrices de chrome ou de nickel (pensée d'eau, luzerne, tournesol, Saule pleureur, le genre *Azolla* sp (fougères aquatiques) et les filaos). Mais ces espèces sont peu présentes dans les jardins créoles réunionnais d'où proviennent 80% des végétaux qui servent à fabriquer le compost des stations, d'après les exploitants.

V.3 Méthode de travail

Les exploitants des plates-formes sont réglementairement tenus d'effectuer régulièrement des analyses ETM des composts produits. Nous avons ainsi pu récupérer 36 résultats d'analyses qui, ajoutés aux 13 résultats d'analyses de la MVAD, nous a permis de constituer une base de 49 données, nous évitant ainsi une campagne d'échantillonnage et d'analyse. L'accent a été mis sur d'autres types de matières organiques (végétaux, broyats de déchets verts).

En effet, face à la difficulté d'obtenir des informations précises, notamment sur les espèces bio-accumulatrices, la MVAD a prélevé dans les stations, et sur différents arrivages, des échantillons par groupe de végétaux. Trois grandes classes ont été identifiées : les palmiers, les feuillus et les herbacées. Pour chaque station, chaque groupe de végétaux a fait l'objet de trois prélèvements. Trois échantillons de broyats de végétaux mélangés ont également été prélevés sur chacune des stations de l'île. Ceci représente 12 échantillons par stations, soit au total 36 analyses d'ETM dans des végétaux non compostés. (Cf. protocole d'échantillonnage de végétaux bruts en annexe 3).

En dépit de l'identification d'espèces précises, ces prélèvements permettent d'alimenter l'étude autour de l'hypothèse « végétaux bio-accumulateurs » et d'évaluer sa plausibilité.

VI. Analyse des résultats

VI.1 Analyses de l'information collectée

VI.1.1 Hypothèse « Présence de terre chargée en ETM dans les composts »

Dans l'article « Sources of Cd, Cu, Pb and Zn in biowaste », Veeken et Hamelers (2002) nous apprennent que plus de 50% des déchets organiques (en poids par rapport à la matière sèche) sont composés de minéraux (argiles, silicates, oxydes de fer...) qui proviennent du sol. Ceci signifie que dans des déchets organiques transformés en compost, le pourcentage de minéraux du sol (par rapport à la matière sèche) serait au minimum de 50%, étant donné le phénomène de réduction massique au cours du processus de compostage.

Un calcul (présenté ci-dessous) sur les quantités de sol nécessaires aux niveaux d'accumulation auxquels nous sommes confrontés pour le chrome et le nickel, nous montre que le facteur sol pourrait quasiment être, à lui seul, responsable des teneurs élevées des composts en ETM.

En effet, si l'on considère les valeurs médianes en chrome et en nickel des sols réunionnais données par le CIRAD (Doelsch, 2004) :

- Si l'on considère que 1 kg de sol contient (en médiane) 166 mg de chrome (valeur médiane) et que un kg de compost contient (en médiane également) 98 mg Cr (valeur médiane), il faudrait apporter 590 g de terre (soit 60%) pour obtenir cette teneur en Cr dans le compost ;
- pour le nickel le calcul se pose différemment puisque le compost (94 mg Ni/ kg) et le sol (92 mg Ni / kg) présentent des teneurs médianes proches. Par contre, si l'on considère la moyenne des sols réunionnais (206 mg Ni/ kg), le compost devrait être composé de 45% de terre pour atteindre une teneur de 94 mg / kg de nickel.

Si l'on considère par ailleurs une expérience métropolitaine, le territoire de la Creuse a été également concerné par un problème de teneurs très élevées de leur compost en chrome et en nickel. Or, le compost était fabriqué sur une plate-forme de terre tassée. Les techniciens de la Chambre d'Agriculture de la Creuse ont résolu le problème en installant une plate-forme bétonnée sur le sol de la plate-forme de compostage.

VI.1.2 Hypothèse « Existence de végétaux bio-accumulateurs de chrome et de nickel »

Les teneurs élevées des composts en chrome et nickel pourraient provenir d'espèces accumulatrices. La bibliographie (source : site Internet de l'IRD) réalisée dans le cadre de cette étude nous apprend en effet que le nickel s'accumule facilement dans les parties aériennes des végétaux pour un climat tropical de type Néo-Calédonien. En outre, plusieurs espèces de plantes locales (filaos, fougères, ...) ont été identifiées comme accumulatrices de chrome et de nickel (à partir de la bibliographie et des contacts liés avec des personnes ressources).

Enfin, il est intéressant de souligner que dans le cadre des enquêtes menées auprès des exploitants des plates-formes sur la question « Quelle est selon vous l'origine de l'accumulation des ETM dans les composts ? » la réponse est toujours en faveur de l'hypothèse des végétaux bio-accumulateurs.

VI.1.3 Hypothèse « Influence du process de fabrication du compost »

Les composants des garnitures des engins participant à la fabrication du compost sont le manganèse et le carbure de tungstène. Il est également probable que s'y trouvent du cobalt et du molybdène, autant d'éléments différents des métaux lourds, chrome et nickel, qui nous concernent dans le cadre de cette étude.

Par ailleurs, hormis les traditionnels « Bell » ou « bib » utilisés localement, les pelles mécaniques et les broyeurs utilisés sont des plus courants et très répandus en métropole. Si la dégradation des garnitures de ces engins était à l'origine des teneurs élevées en chrome et nickel des composts et comme la fréquence de remplacement de ces garnitures est la même qu'en métropole, la situation peut être considérée comme identique à celle rencontrée en métropole.

Face à ces différentes observations, le process de fabrication du compost ne serait donc pas responsable de l'accumulation d'ETM dans les composts.

VI.2 Résultats d'analyses en ETM de composts et de déchets végétaux bruts

Les exploitants des stations de compostage nous ont fourni 36 résultats d'analyses ETM de composts, que nous avons ajoutés aux 13 résultats initiaux (base de données de la MVAD, 2005).

VI.2.1 Comparabilité des résultats d'analyses :

Les résultats peuvent être considérés comme comparables d'un point de vue protocoles et matériel d'analyses, puisque les 49 analyses d'échantillons de compost de déchets verts ont été réalisées par le CIRAD.

VI.2.2 Analyse de la distribution de la population (n=49)

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des variables chrome et nickel grâce aux indicateurs suivants :

	Chrome	Nickel
Minimum	0,33	30
1^{er} décile	49,8	48,2
1^{er} quantile	68,6	64,8
Médiane	97,7	93,9
3^{ème} quantile	127	125
9^{ème} décile	182	146
Maximum	268	176

Moyenne	103	97
Ecart type	48	36

Tableau 2 : Caractéristiques des populations chrome et nickel des composts

Nous pouvons représenter graphiquement ces données par le biais du schéma de boîtes à moustache suivant :

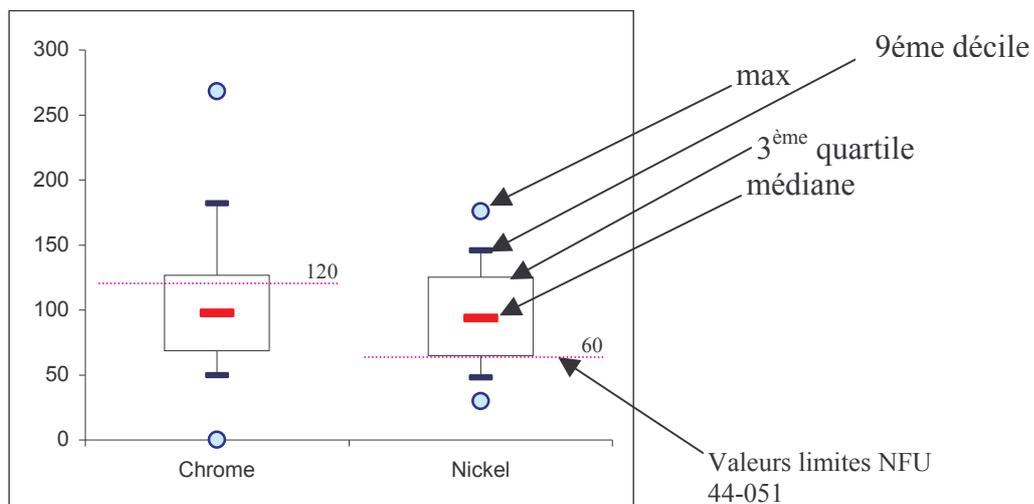


Schéma 2 : Distributions des populations de chrome et nickel dans les composts

Les deux schémas suivants nous permettent, pour chaque élément, de mieux visualiser la distribution de la population, notamment par rapport aux valeurs limites réglementaires.

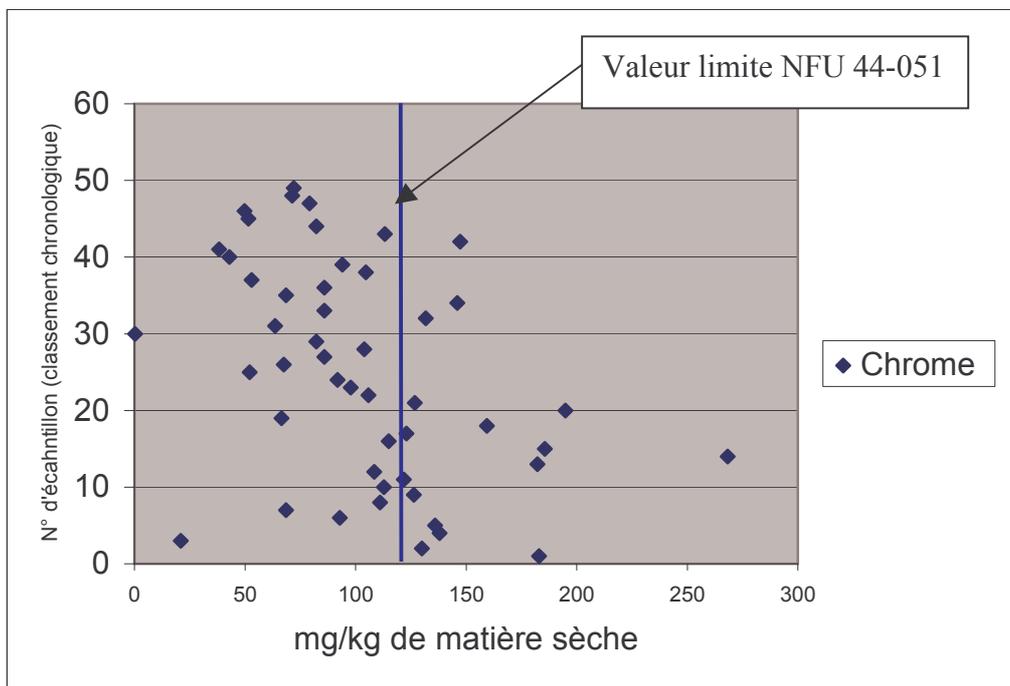


Schéma 3 : Concentration en chrome des composts

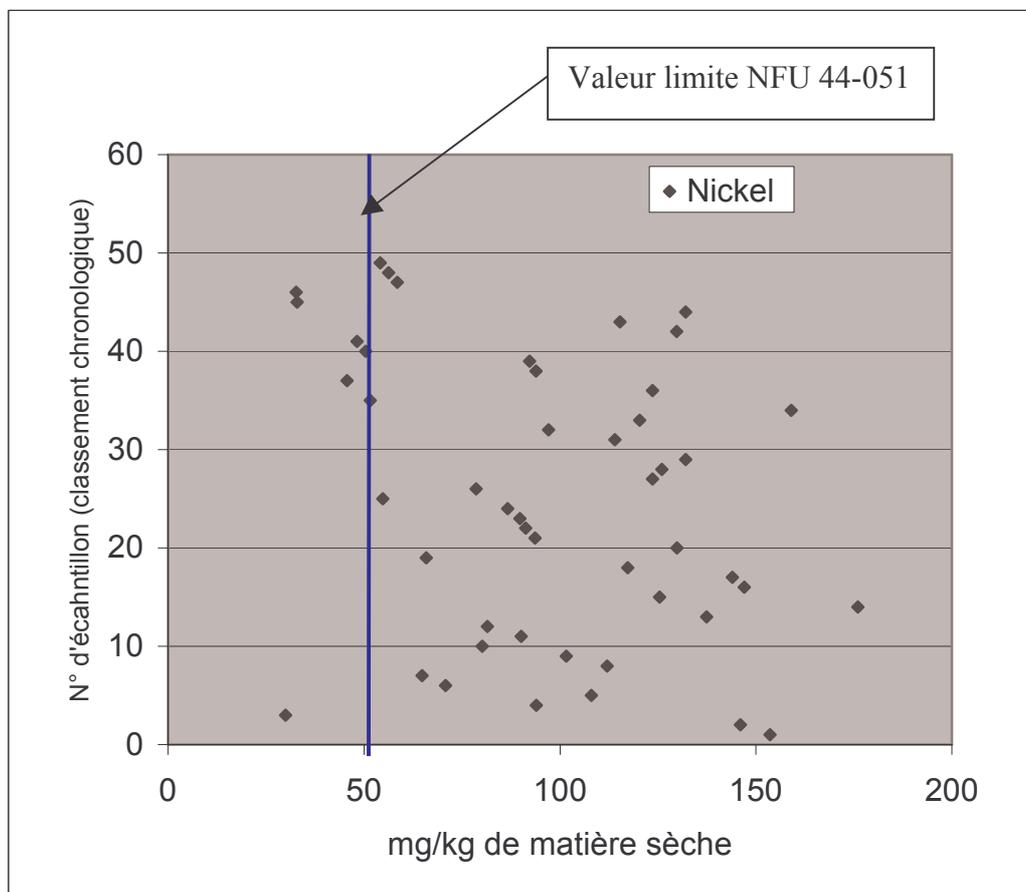


Schéma 4 : Concentration en nickel des composts

Les deux métaux lourds qui nous concernent présentent des situations différentes.

Pour le chrome, 35% des échantillons affichent des teneurs supérieures à la valeur limite NFU 44-051, mais la moyenne (103 mg/kg) comme la médiane (98 mg/kg) fournissent, pour cet élément, des résultats en deçà de la valeur réglementaire de 120 mg/kg.

En revanche, 80% des échantillons de compost sont contaminés en nickel et les résultats moyens (97 mg/kg) et médian (94 mg/kg) dépassent largement la valeur réglementaire de 60 mg/kg.

VI.2.3 Comparaison des résultats par station

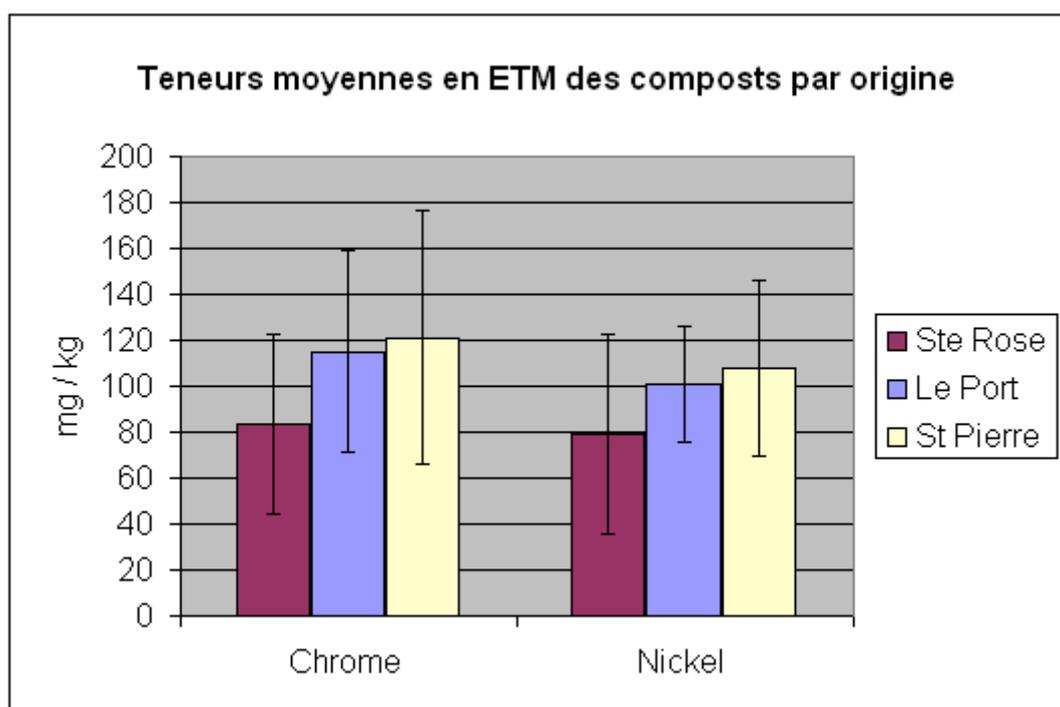


Schéma 5 : Teneurs moyennes en ETM des composts par origine

Sur le graphique ci-dessus, nous observons que les teneurs moyennes des composts en ETM ne sont pas égales d'une station à l'autre. Les statistiques, par le biais d'un test de variance ($\alpha=0,05$), nous permettent de dire que, pour le chrome, les teneurs de Saint-Pierre ne sont pas significativement différentes des teneurs du Port. Elles sont en revanche toutes les deux supérieures aux teneurs de Sainte-Rose :

$$[\text{Cr}]_{\text{St. P}} = [\text{Cr}]_{\text{Po.}} > [\text{Cr}]_{\text{Ste. R.}}$$

Pour le nickel, il n'y a statistiquement pas de différence significative pour les trois stations :

$$[\text{Ni}]_{\text{St. P}} = [\text{Ni}]_{\text{Po.}} = [\text{Ni}]_{\text{Ste. R.}}$$

Les différences sont très peu marquées, hormis pour une des trois stations dans le cas du chrome. Cette absence de différence peut être liée au fait que toutes les stations ne disposent pas du même nombre d'échantillons (pour la station de Saint-Pierre n=17, pour Le Port n=12 et pour Sainte-Rose n=20) ou que ceux-ci n'ont jamais été prélevés au même moment ou par la même personne.

Pour le cas du Chrome sur la station de Sainte-Rose, plusieurs explications peuvent être à l'origine de cette observation. Rappelons tout d'abord que Sainte-Rose est la seule plate-forme où déchets verts et FFOM sont mélangés. Le facteur pluviométrie, pourrait également influencer, par exemple, les quantités de sol présentes en surface des végétaux.

VI.2.4 Comparaison des teneurs par période de l'année

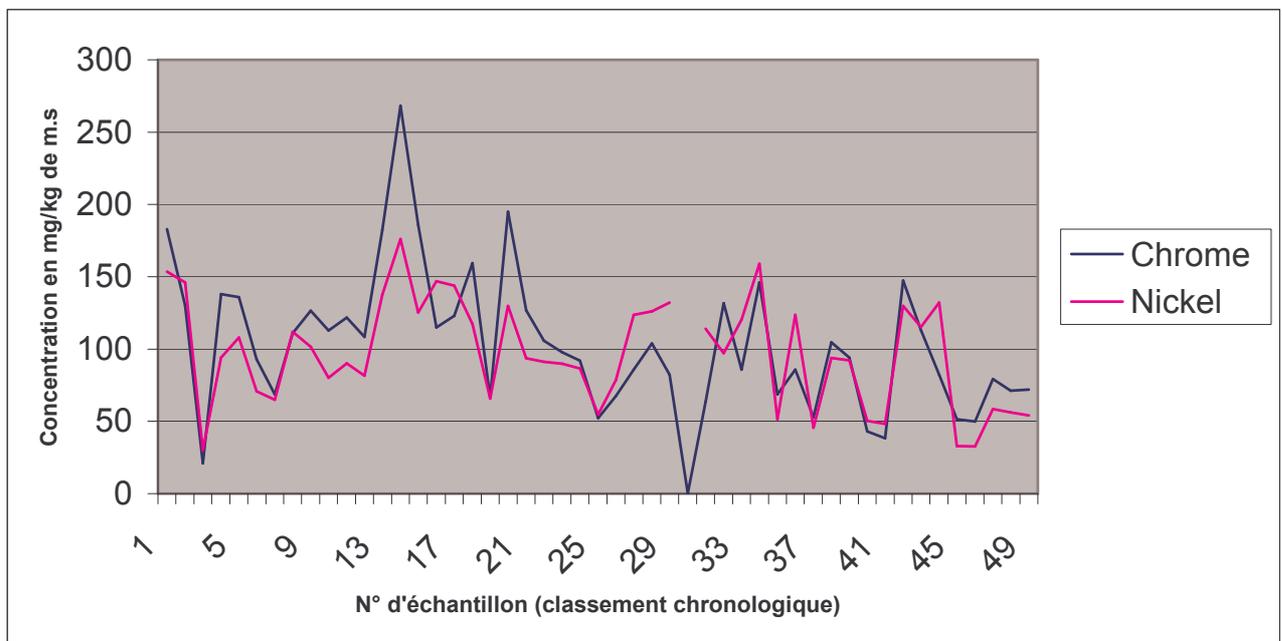


Schéma 6 : Evolution chronologique des concentrations en ETM des composts

On observe sur le graphique ci-dessus une excellente concordance entre les courbes des deux éléments. Ces correspondances des teneurs au cours du temps nous amènent à dire que d'une part la source d'ETM pourrait varier dans le temps et que d'autre part les deux éléments chrome et nickel sont fortement liés.

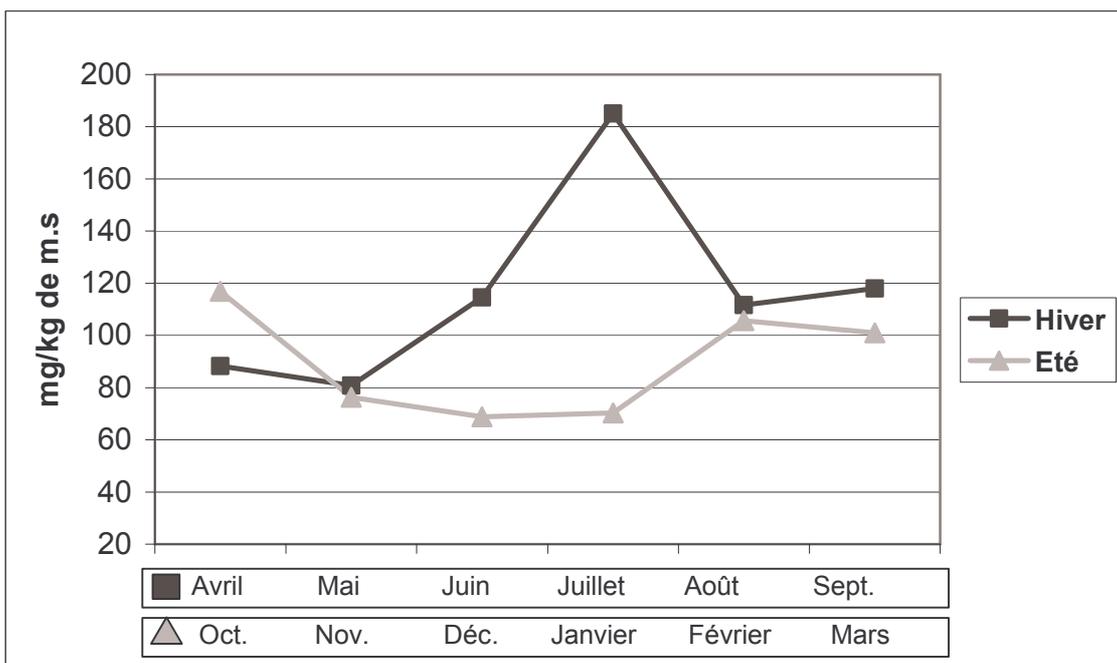


Schéma 7 : Comparaison hiver / été des teneurs moyennes en chrome des composts

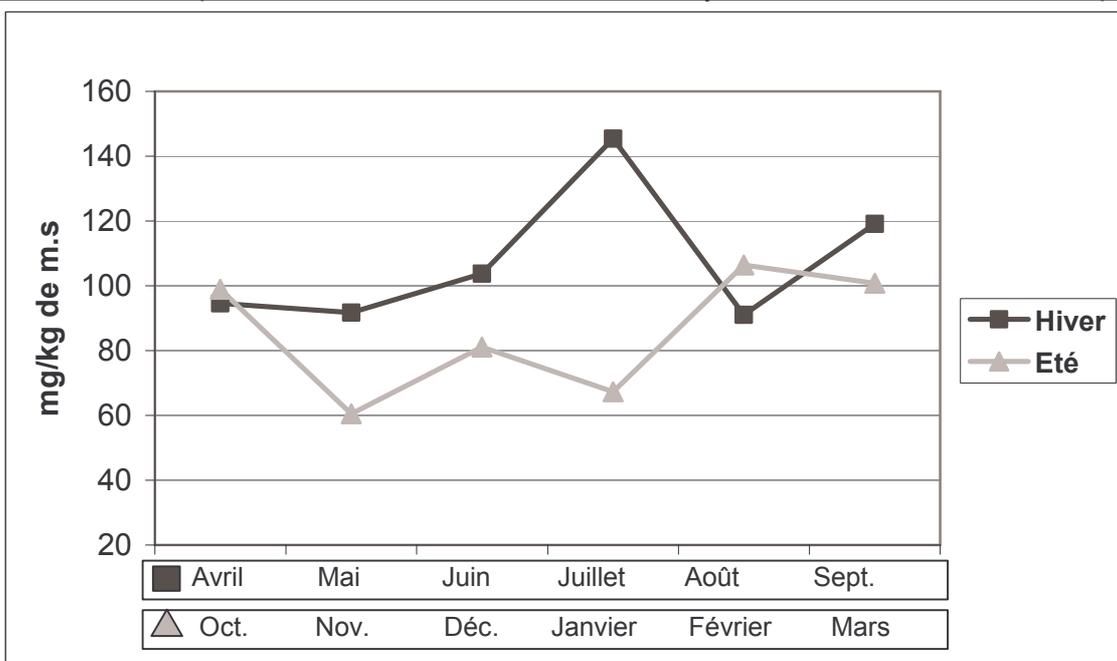


Schéma 8 : Comparaison hiver / été des teneurs moyennes en nickel des composts

On constate, sur les schémas 7 et 8, que les teneurs moyennes pour les deux éléments ne sont pas égales entre l'hiver et l'été. Mais là encore, un test de variance ($\alpha=0,05$) sur la totalité des valeurs été et hivers nous permet de dire que pour le chrome, il n'y a pas de différence significative entre l'hiver et l'été. Pour le nickel, les teneurs été sont légèrement supérieures aux teneurs hiver.

Rappelons que, du fait de la durée du process, les teneurs d'hiver correspondent à des composts fabriqués à partir de végétaux récoltés 6 mois auparavant. Ceci est également valable pour les résultats d'été.

La période de collecte des végétaux n'aurait donc pas d'influence marquée sur les teneurs en chrome et nickel des composts.

VI.2.5 Coefficients de corrélation

Deux facteurs (accumulation liée à la présence de sol et accumulation liée aux plantes accumulatrices) semblent donc être à l'origine des teneurs en ETM élevées dans les composts.

Il est intéressant d'évaluer l'importance de chacun d'entre eux.

Le schéma n°6 nous fournit à ce titre des pistes de réflexions. En effet les similitudes observées entre les deux courbes laissent à penser à l'existence d'un coefficient de corrélation relativement important entre les concentrations en chrome et nickel des composts. Le calcul et la comparaison des coefficients de corrélations Cr et Ni des composts, sols et végétaux à la Réunion (données issues de l'étude du CIRAD *ETM : Inventaire pour l'île de la Réunion (sols, déchets et végétaux)*, Doelsch, Février 2004), peuvent nous renseigner sur l'importance relative de chacun de ces deux facteurs sur le phénomène d'accumulation d'ETM dans les composts. Ce coefficient compare deux plages de données et fournit un résultat compris entre 0 et 1. Plus le résultat est proche de 1, plus les données sont corrélées.

	Compost	Sols	Végétaux
Cr et Ni	0,76	0,59	0,27

Tableau 3 : Coefficients de corrélations chrome et nickel

Le coefficient de corrélation chrome et nickel est environ deux fois plus important dans les sols que dans les végétaux. Par ailleurs les coefficients de corrélation chrome et nickel pour les composts et les sols sont relativement proches.

Il semblerait donc que, parmi les deux facteurs principaux, le sol soit responsable d'une teneur en ETM plus importante que les végétaux. La partie suivante renforce cette observation.

VI.2.6 Analyse des résultats d'échantillons de végétaux bruts

A défaut de pouvoir identifier les espèces accumulatrices en tant que telles, trois groupes principaux de végétaux ont été prélevés et analysés. Le broyat (produit du broyage des végétaux mélangés) a également été analysé.

	Cr	Ni
Palmiers	5,64	3,78
Feuillus	7,94	6,15
Herbacées	8,68	9,60
Broyat DV	24,61	28,68

Tableau 4 : Concentrations moyennes en Cr et Ni par groupe de végétaux

Les résultats d'analyses (mg / kg de matière sèche) figurant dans le tableau ci-dessus nous permettent de dire que le groupe de végétaux le plus concentré en Cr et Ni serait celui des herbacées, devant le groupe des feuillus et enfin des palmiers. Cette observation est valable pour les deux ETM qui nous concernent.

Remarque : il convient de nuancer ce propos. En effet, l'étude « *ETM : Inventaire pour l'île de la Réunion (sols, déchets et végétaux)*, Doelsch, Février 2004 » nous indique que pour de telles teneurs, les végétaux devraient présenter des signes de toxicités.

On constate également que le broyat est particulièrement riche en ETM et même plus riche que les trois groupes de végétaux cumulés. Plusieurs éléments pourraient expliquer cela. Tout d'abord on ne peut pas considérer que l'échantillonnage de trois groupes de végétaux soit représentatif de l'ensemble des espèces végétales réunionnaises concernées par le compostage. Par ailleurs, au moment des prélèvements de végétaux bruts sur les stations, l'observation suivante a été réalisée. Les prélèvements de végétaux ont été effectués sur des parties aériennes de végétaux et dans des zones où les tas de déchets verts n'étaient pas en contact avec le sol. Pourtant, une fois les échantillons réduits, mélangés et conditionnés, une quantité importante de particules assimilables à de la terre se retrouvait au fond des bassines d'échantillonnages.

On peut donc dire que les végétaux « transportent » en surface une certaine quantité de terre, sous forme de poussière.

Les résultats des analyses de végétaux bruts, pour les trois stations de l'île, figurent dans le tableau ci-dessous et sont donnés en mg / kg de matière sèche.

	Station Saint-Pierre		Station du Port		Station de Sainte-Rose	
	Cr	Ni	Cr	Ni	Cr	Ni
Palmiers	11,053	5,068	2,995	2,714	7,169	6,122
	13,144	3,077	2,355	3,22	2,526	2,764
	6,201	3,311	2,231	2,961	3,048	4,755
Feuillus	10,543	7,698	6,671	4,397	1,073	1,5
	5,732	3,911	1,757	1,639	2,548	2,568
	3,435	1,882	6,349	4,556	33,337	27,23
Herbacées	3,77	3,62	7,954	8,679	26,753	31,944
	14,441	12,35	3,703	5,198	1,614	3,642
	4,291	3,691	9,689	8,168	5,884	9,122
Broyat	9,857	7,898	34,061	39,114	17,044	24,619
	41,184	43,378	15,265	12,771	39,279	39,079
	28,676	28,277	2,868	8,119	33,259	54,836
Moyenne	12,69	10,35	7,99	8,46	14,46	17,35

Tableau 5 : Teneurs en ETM des végétaux bruts par station

Au regard de ces données, on ne peut pas dire que les teneurs en chrome et nickel dans les végétaux bruts soient égales entre les stations. Toutefois, un test de

variance sur ces données (avec $\alpha=0,05$) ne permet pas de distinguer de différences significatives entre les données des trois stations, et ce pour chacun des éléments.

Ces données sont tout de même intéressantes à exploiter. En effet, grâce au coefficient de réduction massique de 0.68 (68%) calculé par rapport aux données des stations de compostage de Saint-Pierre et du Port (le coefficient de réduction de Sainte-Rose pouvant être différent par l'ajout de la FFOM), on est à même de calculer un coefficient de concentration. Ce coefficient permet, à partir d'une concentration en ETM des végétaux, d'estimer la concentration en ETM du compost issu de ces mêmes végétaux. Le tableau ci-dessous présente ainsi les teneurs moyennes des composts en Cr et Ni, dans le cas théorique où la seule source d'apport d'ETM serait les végétaux et où les trois groupes de végétaux auraient le même coefficient de réduction massique.

	Cr	Ni
Palmiers	17,58	11,78
Feuillus	24,77	19,20
Herbacées	27,07	29,96
Moyennes	23,14	20,31

Tableau 6 : Teneurs moyennes en Cr et Ni des composts, liées aux végétaux

On peut, à partir de ces résultats, calculer la quantité de sol permettant d'atteindre les niveaux des teneurs que nous rencontrons dans nos composts et confronter ces valeurs à la bibliographie scientifique, afin d'évaluer la plausibilité du phénomène.

	Cr	Ni
Teneurs moyennes compost en mg/kg	102,86	97,07
Teneurs moyennes végétaux en mg/kg	23,14	20,31
Teneur d'une autre source d'ETM en mg/kg	79,72	76,76
Teneurs sols en mg/kg	165,9	146,1
Pourcentage de sols nécessaire (en poids)	48,05%	52,54%

Tableau 7 : Evaluation du pourcentage de terre nécessaire pour atteindre les teneurs trouvées dans les composts.

Les résultats ci-dessus correspondent bien aux observations faites par Adrie Veeken et Bert Hamelers, dans l'article scientifique intitulé « Sources of Cd, Cu, Pb and Zn in biowaste », qui précise que 50% (massique) des déchets organiques est formé de particules minérales provenant du sol.

Dans le cas des composts de déchets verts réunionnais, les teneurs élevées en chrome et nickel du compost proviennent donc d'une origine multi-factorielle

sol / végétaux, avec 20% des ETM apportés par les végétaux (23,14 mg/kg pour le Cr et 20,31 mg/kg) et 80% par le sol.

Soulignons que les végétaux bruts analysés dans le cadre de cette étude n'ont pas fait l'objet d'un nettoyage préalable à l'analyse. Or, ces végétaux, comme mentionné précédemment, transportent de la terre et le pourcentage d'ETM qu'ils apportent pourrait être, dans la réalité, inférieur à 20%.

VII. Conclusions et perspectives

La production de compost de déchets verts à la Réunion est en augmentation nette : 3,7 fois plus de production en 2006 par rapport à 2000. Aussi, l'écoulement d'un gisement de matières organiques de plus de 8000 tonnes sur le marché local doit être organisé. Or cette mise sur le marché est liée aux caractéristiques intrinsèques du produit, au regard de la norme NFU 44-051 révisée.

Au commencement de cette étude, la composition du compost réunionnais était problématique, notamment au regard de deux ETM (chrome et nickel), dont les concentrations dépassaient les valeurs limites réglementaires.

Le premier objectif de cette étude, consistant en une amélioration de nos connaissances sur le produit, est atteint. En effet, nous disposons aujourd'hui d'une base de 49 résultats d'analyses comparables entre eux.

Les premiers résultats indiquent que l'on ne peut pas parler, en tant que tel, de teneurs très élevées du compost en chrome, puisque l'analyse des données fournit un résultat moyen comme médian, inférieur de 20 points à la valeur limite fournie par la norme NFU 44-051. 35% des échantillons analysés dépassent malgré tout la valeur seuil de 120 mg/kg de matière sèche. Mais cette norme ne parle ni de « résultats moyens » ni de pourcentage de résultats d'analyses ne devant pas dépasser les seuils indiqués. Il est en revanche fait mention de flux maximum annuel et décennal, autrement dit d'une quantité maximale à l'épandage en fonction des fréquences d'utilisation.

Les teneurs des composts de déchets verts en nickel peuvent être considérées comme élevées, puisque près de 80% des échantillons analysés dépassent la limite des 60 mg/kg de matière sèche.

Pour ce qui est des hypothèses émises en début d'étude, le process de fabrication ne peut être mis en cause dans le phénomène d'accumulation d'ETM dans le compost.

Nous avons montré en revanche, que la source d'accumulation est vraisemblablement multi-factorielle. Les sources d'ETM seraient par ordre d'importance le sol, puis les végétaux. Autrement dit, ces teneurs élevées en ETM sont d'origine naturelle, liées au fond géochimique de notre territoire et à une activité biologique normale des végétaux évoluant sur un tel substrat.

En outre, les teneurs en ETM du compost semblent n'être influencées ni par le facteur géographique (c'est à dire la station d'où provient le compost) ni par le facteur saison (période de l'année à laquelle le compost est produit).

Toutefois, les analyses de végétaux bruts (non compostés) fournissent des concentrations très élevées en ETM, pour lesquelles les végétaux devraient développer des toxicités, phénomène qui n'a pas été constaté. De plus, les prélèvements de végétaux bruts ont mis en évidence la présence de terre à la surface des végétaux. Aussi, la source d'ETM des composts pourrait provenir d'une part plus importante des sols que celle constatée à partir de végétaux bruts (non

lavés) issus des tas de déchets verts des stations de compostage. Donc, dans les 20% d'ETM provenant théoriquement des végétaux, une partie proviendrait de la terre déposée sur ces végétaux.

Il serait donc pertinent de réaliser une seconde étude sur des végétaux lavés de leur terre, afin d'évaluer de manière bien plus précise l'importance du facteur « végétaux bio-accumulateurs » dans le phénomène d'accumulation d'ETM dans les composts de déchets verts réunionnais.

Liste des tableaux et schémas

Tableaux

- 1 : Composition en éléments traces métalliques du compost de déchets verts (mg/kg de m.s). Valeurs obtenues à partir de 13 échantillons.....p5
- 2 : Caractéristiques des populations chrome et nickel des composts.....p14
- 3 : Coefficients de corrélations chrome et nickel.....p19
- 4 : Concentrations moyennes en Cr et Ni par groupe de végétaux.....p19
- 5 : Teneurs en ETM des végétaux bruts par station.....p20
- 6 : Teneurs moyennes en Cr et Ni des composts, liées aux végétaux.....p21
- 7 : Evaluation du pourcentage de terre nécessaire pour atteindre les teneurs trouvées dans les composts..... p21

Schémas

- 1 : Exemple d'étapes de fabrication du compost.....p9
- 2 : Distributions des populations chrome et nickel dans les composts.....p14
- 3 : Concentration en chrome des composts.....p15
- 4 : Concentration en nickel des composts.....p15
- 5 : Teneurs moyennes en ETM des composts par origine.....p16
- 6 : Evolution chronologique des concentrations en ETM des composts.....p17
- 7 : Comparaison hiver / été des teneurs moyennes en chrome des composts.....p18
- 8 : Comparaison hiver / été des teneurs moyennes en nickel des composts.....p18

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire plate-forme de compostage de déchets verts

- 1- Quelles sont les étapes de la fabrication du compost sur votre plate-forme ? D'où provient la méthodologie ? Combien de temps durent ces étapes ? Quel est le temps de fabrication du compost sur votre plate forme ? Quels sont les volumes mensuels produits ?
- 2- Comment se déroule la collecte :
 - a. Quels sont les outils utilisés (faucheuse, griffe...) ? Quelle est la part de l'intervention humaine (travail manuel des agents ou griffe) ?
 - b. **D'où proviennent les végétaux (en %) : de quelles zones géographiques ?** De quelles sources (particuliers, bord de route...) en % ?
 - c. **Quelles sont les espèces collectées par période, en % ?**
- 3- Comment se déroule l'arrivée des végétaux sur la plate-forme (cheminement empruntés par les végétaux et types de support (terre ou béton))?
- 4- Comment se déroule le broyage (nombre de passage...) ? Quelles sont les machines utilisées sur votre plate-forme (marque, modèle)? D'où proviennent-elles (fournisseur) ? Quelles sont les fréquences de changement des garnitures par machine ? Ces fréquences diffèrent-elles en fonction du type de végétaux ou de la période de collecte?
- 5- Comment se déroule la phase de maturation en tant que telle ? Sur quels facteurs agissez vous ? Quelle est la fréquence de retournement des tas ? Quels sont les outils / engins intervenant dans le retournement des tas ?
- 6- **Quel est le volume de réduction ?** Quels sont les paramètres qui l'influencent (type de végétaux, temps de maturation...) ?
- 7- Une fois le compost prêt, que devient-t-il ?
- 8- Quel est votre avis personnel sur la source de ces ETM ?

Annexe 2 : Résultats des enquêtes menées auprès des exploitants des plates-formes :

Compte rendu d'entretien

Station de compostage de Saint Pierre et du Port

Personne enquêtée : M. Alain Menneteau, pour le compte d'HCE, exploitant des deux plates-formes).

1- *Quelles sont les étapes de la fabrication du compost sur votre plate-forme ? D'où provient la méthodologie ? Combien de temps durent ces étapes ? Quel est le temps de fabrication du compost sur votre plate forme ? Quels sont les volumes mensuels produits ?*

a- Arrivée : réception et contrôle :

Emission d'un bon avec l'origine du chargement.

Contrôle propreté avec élimination des déchets de type batteries, cadavres d'animaux... Au dessus de 20% de refus → chargement refusé.

b- Tri : tri manuel et mécanique (Bell, tracto-pelle) de l'inorganique, qui lui part pour le CSDU (Centre de Stockage des Déchets Ultimes).

c- Broyage : les végétaux triés sont collectés par une griffe et placés dans la trémie du broyeur. Il s'agit d'une trémie avec un fond mouvant qui amène les végétaux vers le rotor sur lequel sont montés des marteaux. L'endroit où les végétaux broyés tombent est équipé d'un système d'aspersion. Ceci permet une humidification plus efficace que celle réalisée lorsque les végétaux sont déjà en andain.

d- Mise en andain des végétaux et fermentation : création d'un andain tous les 15 jours avec dénomination et suivi. Retournement tous les mois pendant 3 mois. Taux d'humidité maintenu à 60 / 65%. Réalisation de relevés hebdomadaires de température et d'oxygène. Saisie informatique de toutes les données par andain, c'est à dire par origine.

e- Maturation : pas d'arrosage, pas de retournement pendant 3 mois.

f- Criblage : les refus repartent dans le processus de fabrication de compost.

Durée totale du process de 6 mois

Sur le produit fini, après criblage, il n'y a plus de tri de l'inorganique.

Quantités produites en 2005 :

Pour la plate-forme de St Pierre : 24 000 tonnes de déchets verts entrants sont transformées en 7 500 tonnes de compost, soit environ 200 000m³ de déchets verts produisent 15 000m³ de compost.

Pour le Port : 1200 m³ soit 600 tonnes de compost produit.

2- Comment se déroule la collecte :

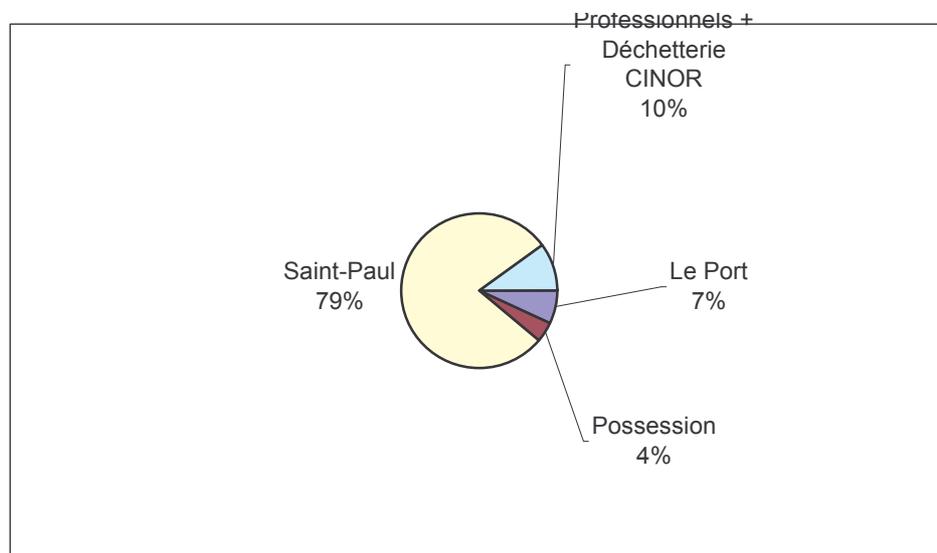
- a. Quels sont les outils utilisés (faucheuse, griffe...) ? Quelle est la part de l'intervention humaine (travail manuel des agents ou griffe) ?
- b. **D'où proviennent les végétaux (en %) : de quelles zones géographiques ? De quelles sources (particuliers, bord de route...) en % ?**
- c. **Quelles sont les espèces collectées par période, en % ?**

a- Collecte réalisée par grappin. Faible part de l'intervention humaine. Pour plus d'information, voir la CIVIS.

b- Pour Saint-Pierre et le Port, 80% de la collecte = porte à porte (chez les particuliers). 20% de la collecte correspond à des végétaux amenés par des entreprises d'élagage, d'espaces verts ou par les services techniques des communes. La déchetterie amène 1% du volume (végétaux déposés par les particuliers en déchetterie). Le volume amené par la DDE (entretien des bords de route) représente moins de 1%.

Les végétaux, d'un point de vue géographique, proviennent de l'ensemble des communes de la CIVIS (St Pierre, St Louis, Petite-Ile, Etang-Salé, St Philippe. Pour les volumes par commune voir collecteur (CIVIS : M. Babonneau ou M. Touard).

Sur le Port, HCE est collecteur depuis le 01 avril 2006. Pour les volumes par commune du TCO, voir le TCO (M. Hazard François).



Origine des réceptions TCO

c- Espèces : Beaucoup de palmiers (moitié des apports). Dans une proportion moins importante, les feuillus (résidus de taille). Enfin, les herbacées, surtout des cannes fourragères (surtout en été), mais cela ne représente quasiment rien.

Sur l'année, pas d'évolution au niveau des espèces.

Grosse période de collecte (au niveau volume) en été : de janvier à mai : période où les feuillus sont bien plus importants en terme de volume et un petit peu plus importants pour les palmiers.

En été : collecte de 2 500 à 3 000 tonnes par mois. Le reste de l'année, 1 500 tonnes par mois.

Auparavant, les particuliers taillaient surtout en approche de période cyclonique. Ceci n'est plus vrai depuis 5-6 ans. On observe une meilleure répartition des apports sur l'année.

3- Comment se déroule l'arrivée des végétaux sur la plate-forme (cheminement empruntés par les végétaux et types de support (terre ou béton))?

Les déchets verts arrivant sur la plate-forme sont triés et/ou broyés le jour même ou le lendemain de l'arrivée.

Les végétaux, tout au long du process, se trouvent sur un support de type grave, fourni par la SCPR. Il s'agit d'un matériau équivalent à celui utilisé pour fabriquer les routes, mais dépourvu de bitume.

4- Comment se déroule le broyage (nombre de passage...) ? Quelles sont les machines utilisées sur votre plate-forme (marque, modèle) ? D'où proviennent-elles (fournisseur) ? Quelles sont les fréquences de changement des garnitures par machine ? Ces fréquences diffèrent-elles en fonction du type de végétaux ou de la période de collecte?

Le broyage se déroule en un seul passage. Il s'agit d'un appareil très commun sur les plates-formes de compostage et utilisé partout en Europe.

Il s'agit de la même marque de broyeur sur St Pierre (450 Cv) et sur Le Port (400 Cv) mais avec des puissances différentes.

Sur la griffe du chargeur qui dépose les végétaux dans la trémie, il y a une contre-lame (riche en manganèse), changée une fois par an (Caterpillar, TH62).

Fréquence de changement des garnitures du broyeur :

- St Pierre : toutes les 100 heures, soit 20 000m³, changement de tous les marteaux et d'un des deux axes.
- Le Port : changement toutes les 250 heures, mais pour un volume équivalent, c'est à dire 20 000m³.

Remarque : Au Port : 80m³ de végétaux / h broyés, contre 200 sur St Pierre.

Au Port, les végétaux sont manipulés via un chargeur après broyage (une opération supplémentaire par rapport à St Pierre), indépendamment de l'opération de mise en andain.

Composition des garnitures : carbure de tungstène et manganèse.

La fréquence de changement est la même toute l'année, c'est à dire qu'il n'y pas d'influence des caractéristiques des végétaux sur celle-ci.

5- Comment se déroule la phase de maturation en tant que telle ? Sur quels facteurs agissez vous ? Quelle est la fréquence de retournement des tas ? Quels sont les outils / engins intervenant dans le retournement des tas ?

C'est un chargeur qui retourne les tas (grosse pelle).
Fermentation aérobie (travail des bactéries). Forte montée en température. Contrôle de l'humidité (arrosage) et de l'oxygène (retournement).

Remarque : seulement 5% du compost est stocké en casiers, à Saint-Pierre.
Au Port, il n'existe pas de casiers de stockage du compost.

6- *Quel est le volume de réduction ? Quels sont les paramètres qui l'influencent (type de végétaux, temps de maturation...) ?*

Le taux de réduction volumique est de 92,5% (rapport entre les 200 000m³ entrants et les 15 000 m³ de compost produits).

Remarque : le produit au cours du process est très arrosé (25 à 30 000 m³ pour traiter tout ce volume). Il est possible que cela entraîne un effet de lessivage des ETM.

Si on avait plus de feuillus, le coefficient de réduction serait plus important. En effet, les palmiers contiennent beaucoup de carbone.

Remarque : le volume est réduit par 3 au moment du broyage pour ce qui est des résidus d'élagage.

7- *Une fois le compost prêt, que devient-t-il ?*

Le compost n'est jamais stocké plus de 2 mois.

La majorité est utilisée pour les espaces verts (entreprises privées d'espaces verts : 30%, collectivités : 50%).

Les 20% restants sont consommés par des professionnels de types maraîchers et pépiniéristes.

Au Port, 80% de la consommation de compost est réalisée par la commune du Port.

8- *Quel est votre avis personnel sur la source de ces ETM ?*

Avis de M. Menneteau : existence de végétaux bio-accumulateurs, probablement les palmiers.

Compte rendu d'entretien

Station de compostage de Sainte-Rose

Personne enquêtée : Melle Isabelle DUFOUR, pour le compte de la CGEA-ONYX, exploitante de la plate-forme

1- *Quelles sont les étapes de la fabrication du compost sur votre plate-forme ? D'où provient la méthodologie ? Combien de temps durent ces étapes ? Quel est le temps de fabrication du compost sur votre plate forme ? Quels sont les volumes mensuels produits ?*

a- Réception : les végétaux arrivent sur la plate-forme et peuvent être stockés plusieurs mois avant d'entrer dans le processus de fabrication.

b- tri

c- broyage

d- Mise en andain des végétaux broyés + FFOM : fermentation / maturation

e- Criblage : avec tri de l'inorganique qui retourne dans les andains de fermentation

f- Stockage jusqu'à livraison

Durée du processus : 8 mois.

Tonnages produits sur 2005 : 1982 tonnes de produits bruts entrants (1773 tonnes de déchets verts + 209 tonnes de FFOM), 317 tonnes de compost produit.

La plate-forme existe depuis fin 2003. En 2004, toute une partie de l'année se déroule sans production de compost. Un équilibre dans la production émerge en 2005.

2- *Comment se déroule la collecte :*

a. *Quels sont les outils utilisés (faucheuse, griffe...) ? Quelle est la part de l'intervention humaine (travail manuel des agents ou griffe) ?*

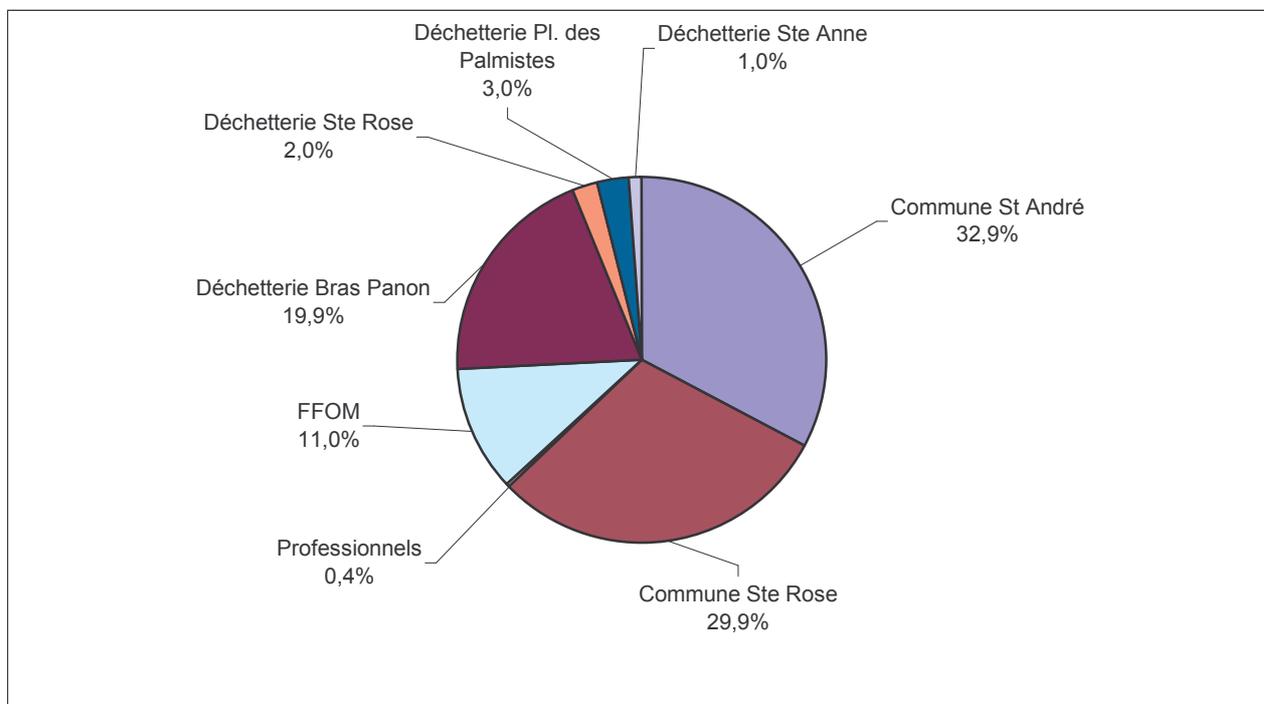
b. ***D'où proviennent les végétaux (en %) : de quelles zones géographiques ? De quelles sources (particuliers, bord de route...) en % ?***

c. ***Quelles sont les espèces collectées par période, en % ?***

a- Une partie de la collecte en porte à porte est réalisée depuis avril 2006 au grappin. Elle était auparavant manuelle.

Les déchets verts provenant de la commune de Ste Rose (espaces verts) sont coupés à la machine (débroussailluse, tronçonneuse) et ramassés à la main. Pour ce qui est des déchetteries, les particuliers y amènent leur résidus d'entretien de jardin : coupe manuelle et mécanique mélangées.

b-



ORIGINE DES RECEPTIONS 2005

La zone géographique couverte est large sur 2005 : de St André (origine absente sur 2006) à Ste Rose :

- porte à porte : territoire habité de la commune de Ste Rose
- Mairies : territoires habités
- Déchetteries : territoires habités des communes qui livrent
- ONF : Bois-Blanc
- Entreprise d'élagage : tout le territoire de la CIREST
- Association Bélier : Ste Rose
- FFOM : Ste Rose.

c- Espèces :

- palmiers : surtout du cocos
- manguiers / letchis : élagage toute l'année, avec plus de branches en fin de saison
- papaye
- un petit peu de bananier
- feuillus divers
- peu de résidus de tontes (surtout la mairie)
- pas de cannes fourragères.

3- Comment se déroule l'arrivée des végétaux sur la plate-forme (cheminement empruntés par les végétaux et types de support (terre ou béton))?

La plate-forme dispose d'un support de type enrobé.

- 4- *Comment se déroule le broyage (nombre de passage...) ? Quelles sont les machines utilisées sur votre plate-forme (marque, modèle)? D'où proviennent-elles (fournisseur) ? Quelles sont les fréquences de changement des garnitures par machine ? Ces fréquences diffèrent-elles en fonction du type de végétaux ou de la période de collecte?*

Broyeur « Metallic » 180 à couteaux, moteur thermique à gasoil.
Le broyage se déroule en un seul passage. Un déférailleur (aimant) est disposé à la sortie du broyeur.

Changement des garnitures tous les deux ans : couteaux et axe.
Un seul changement depuis l'existence de la plate forme.

- 5- *Comment se déroule la phase de maturation en tant que telle ? Sur quels facteurs agissez vous ? Quelle est la fréquence de retournement des tas ? Quels sont les outils / engins intervenant dans le retournement des tas ?*

Sur Ste Rose, l'arrosage est naturel. Les systèmes d'aspersion existent mais ne sont jamais utilisés. Sous les andains se trouve un système de ventilation forcée. Le retournement n'est donc effectué que lorsqu'il faut déplacer l'andain.
Avant criblage, le produit est rentré sous hangar de stockage pour favoriser l'aération naturelle mais surtout pour le protéger de la pluie afin de faire chuter le taux d'humidité.
Le stock est très faible et très rapidement consommé.

- 6- **Quel est le volume de réduction ?** *Quels sont les paramètres qui l'influence (type de végétaux, temps de maturation...)?*

Le coefficient de réduction volumique n'a jamais été calculé. Théoriquement, on évoque 2/3.
Coefficient de réduction massique : 84% entre les entrants 2005 (1982t., y compris FFOM) et le compost 2005 (317t.).

- 7- *Une fois le compost prêt, que devient-t-il ?*

Le compost fini est vendu à la tonne en vrac et en sacs à 35€ la tonne. Le producteur d'amendement et de fertilisant JPP (Jean Pierre Payet) en prend la plus grosse partie.

- 8- *Quel est votre avis personnel sur la source de ces ETM ?*

Existence de végétaux bio-accumulateurs. Contamination liée au fond géochimique.

Remarque : Véolia réalise une analyse agronomique et ETM par mois depuis l'existence de la station.

Annexe 3 : Fiches d'échantillonnage

Fiche d'échantillonnage : végétaux bio-accumulateurs

Objectif : Identifier, parmi les trois groupes de végétaux principaux (palmiers, feuillus, herbacées), celui ou ceux qui influencent le plus les teneurs en ETM du compost.

Méthode de travail : Analyser les teneurs en ETM des groupes, séparément.

Comparaison :

Broyat

Echantillon par groupe

Nombre d'échantillons à prélever : 3 échantillons pour 3 groupes par plate-formes, soit 27 échantillons. Constitution de 27 échantillons témoins.

Matériel utilisé :

- sécateur neuf (pour éviter une contamination par la rouille, l'usure...)
- bassines pour stocker les végétaux collectés avant réduction
- bassine de couleur différente pour stocker les végétaux réduits
- sacs plastiques pour stockage des échantillons
- glacière et pains de glace pour conservation des échantillons.

Protocole d'échantillonnage :

Réaliser le prélèvement dans un lot correspondant à une livraison de végétaux. Observer la forme du tas et la localisation à première vue des différents groupes. Effectuer le prélèvement grâce à un sécateur sur les parties les plus courantes et pouvant faire l'objet d'une réduction manuelle et d'un broyage. Prélever au minimum en 6 endroits du tas par groupe. Réduire les échantillons suivant la méthode des quartiers décrite dans la **norme U 44-101**, pour au final obtenir deux échantillons homogènes représentatifs du initial. Le premier échantillon est destiné à l'analyse en laboratoire. Le second restera stocké en tant qu'échantillon de secours. Les étiqueter suivant les critères définis au point 6.6 : « Procès verbal d'échantillonnage ».

Il y a trois échantillons à prélever par groupe et par livraison. Déterminer avec l'exploitant les 3 tas les plus représentatifs de l'activité coutumière de la station. En cas de gros tas, solliciter l'aide des agents de la station pour le déplacement mécanique (Bell) des végétaux.

Collecter **1 kilogramme** de végétaux par échantillon.

Résultats : faire analyser les teneurs en Chrome et Nickel dans les échantillons.

Fiche d'échantillonnage : broyat de déchets verts

Objectif : Obtenir des données représentatives, pour ce qui est des teneurs en ETM des broyats, avant compostage.

Méthode de travail : Analyser les teneurs en ETM du broyat

Nombre d'échantillons à prélever : 3 échantillons par plate-formes, soit 9 échantillons.
Constitution de 9 échantillons témoins.

Matériel utilisé :

- sécateur neuf (pour éviter une contamination par la rouille, l'usure...)
 - bassines pour stocker les végétaux collectés avant réduction
 - bassine de couleur différente pour stocker les végétaux réduits
 - sacs plastiques pour stockage des échantillons
 - glacière et pains de glace pour conservation des échantillons.
-

Protocole d'échantillonnage :

Le prélèvement est effectué en une dizaine de points répartis sur l'ensemble du tas. Les couches de surface sont retirées avant prélèvement.

Réduire les échantillons suivant la méthode des quartiers décrite dans la **norme U 44-101**, pour au final obtenir deux échantillons homogènes représentatifs du initial. Le premier échantillon est destiné à l'analyse en laboratoire. Le second restera stocké en tant qu'échantillon de secours. Les étiqueter suivant les critères définis au point 6.6 : « Procès verbal d'échantillonnage ».

Collecter **1 kilogramme** de broyat par échantillon.

Résultats : faire analyser les teneurs en Chrome et Nickel dans les échantillons.