

CARACTERISATION DE FERTILISANTS ORGANIQUES

- Etude initiée par IF20



- Participation financière : ADEME (N° de convention 0575C0012) - DDAF – Conseil Régional

ADEME



CHAMBRES
D'AGRICULTURE
BRETAGNE

Recherche Appliquée

Décembre 2006

CARACTERISATION DE FERTILISANTS ORGANIQUES

Maîtrise d'œuvre :

Pôle recherche appliquée : Agronomie et productions végétales
Chambres d'agriculture de Bretagne

Etude initiée par l'association IF20 :

Interprofession des fertilisants organiques de l'Ouest
Association regroupant les entreprises: Agronor, Apv compost, Coopagri Bretagne,
Cooperl, Cam 56, Evalis, Uca, Ukl, Terrial, et Valetec.

Financement :

ADEME – Conseil Régional – DDAF

Rédaction et coordination : Bertrand DECOOPMAN

Sommaire

I - Introduction

Les enjeux	p	8
Les choix des produits	p	8
Les principaux protocoles expérimentaux des analyses	p	10

II - Les fiches produits

Les témoins

• Fumier de bovin	p	16
• Fumier de volaille	p	19
• Fumier de bovin composté	p	22

Les produits porc

Avec ajout de carbone

• Le compost lisier de porc avec paille	p	26
• Le compost lisier de porc avec broyats végétaux	p	30
• La litière biomaitrisée (sciure de bois)	p	34

Sans ajout de carbone

• Les issues de centrifugation du traitement des lisiers de porc	p	39
• Le déshydraté de lisier de porc	p	49

Les produits volailles

• Les fientes sèches de volailles (poules pondeuses)	p	54
• Les fientes de volailles avec litière	p	61

Les produits urbains

• Le compost de déchets verts (DV)	p	81
• Le compost urbain mixte (OM issues de tri mécanique + bio déchets + compost de déchets verts)	p	85
• Le compost de MIATE (compost de déchets verts + boue de station d'épuration urbaine)	p	90

III - <u>Conclusions</u>	p	96
---------------------------------	---	----

Bibliographie et références utilisées :

- Fertiliser avec des engrais de ferme, 2001 : *Institut de l'élevage, ITAVI, ITCF, ITP*
- Produits résiduaux organiques : dossier Perspectives Agricoles N° 326 Sep 2006 : *ARVALIS, INRA,*
- Caractérisation agronomique des sous-produits : *Avril 2002 - CRAB (Edition corrigée)*
- Qualification d'amendements organiques pour les zones légumières du Nord-Bretagne : *CRAB - Décembre 2002*
- Relations entre caractéristiques de matières organiques apportées, dynamique de leur décomposition et évolution de la stabilité structurale : *INRA Décembre 2004 - Thèse de Samuel Abiven*
- Etude critique de la pertinence agronomique de la nouvelle classification normative actuelle aux vues des nouvelles données scientifiques : *SADEF Rapport n°R 01-01 Contrat ADEME n°0075050*
- L'agronomie et la fertilisation des cultures légumières : *Janvier 2002 - CA du Finistère*
- Guide des matières organiques : *2001 - ITAB*
- Composition des effluents porcins : *2005 - ITP*
- Guide de la fertilisation raisonnée : Edition France Agricole juillet 2005 sous l'égide du COMIFER
- Norme Française NF U 44 051 AFNOR : *Avril 2006*
- Norme Française NF U 42 001/A10 : *document de travail*
- Norme Française NF U 44 095 AFNOR : *Mai 2002*
- Guide pour la constitution des dossiers de demande d'homologation : *Ministère de l'Agriculture - Septembre 2005*
- Communications particulières : *ARVALIS Institut du végétal*
- Prévision de la dose d'azote : *Outil pratique de l'agriculteur CRAB - Octobre 2002*
- Gérer son capital sol : *Guide pratique - CRAB 2005*
- Le compostage à la ferme des effluents d'élevage. Faisabilité technique et valorisation agronomique : *Recueil des interventions - Décembre 1998*
- Info CTIFL novembre 2006

Collaborations :

Ce document a été réalisé par la le Pôle recherche de références : Agronomie et productions végétales des chambres d'agriculture de Bretagne avec la participation de :

La Chambre d'agriculture 22
La Sté VALETEC
COOPAGRI BRETAGNE
U. C. A.
Agronor
COOPERL
APV Compost
CAM 56
U. K. L. ARREE
Ets Terrial
NUTREA
U. G. P. B. V.

Nous remercions de leur collaboration à ce travail :

L'ADEME
La SAUR
La St GEVAL
La Chambre d'agriculture 56
La station expérimentale de Guernévez
L'ITAVI

Abréviations utilisées :

MO :	Matière organique
MS :	Matière Sèche
MB :	Matière Brute
INRA :	Institut National de la Recherche Agronomique
COMIFER :	Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée.
CAU :	Coefficient Apparent d'Utilisation
E coli :	Eschérichia coli
FB :	Fumier de Bovin
FV :	Fumier de Volaille
DV :	Déchet Vert
OM :	Ordures Ménagères
MIATE :	Matières d'Intérêt Agronomique issues du Traitement de l'Eau
LP :	Lisier de Porc
ISB :	Indice de Stabilisation Biochimique
Tr :	Taux résiduel de stabilité biochimique calculé selon la norme XPU 44- 162
N :	Azote
C :	Carbone
FFOM :	Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères
RGI :	Ray Grass Italien
Comp :	Compost
Conf :	Confirmation
IF2O :	Interprofession des Fertilisants Organiques de l'Ouest
CEP :	Conditions d'emploi préconisées
CTIFL :	Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes
LIXIM :	Outil de calcul conçu par l'INRA permettant de quantifier des cinétiques de minéralisation

Financement :

Le financement de ce travail a été réalisé par :

- Les Chambres d'Agriculture de Bretagne
- Le Conseil Régional de Bretagne
- L'ADEME
- Le Ministère de l'Agriculture (Charte Pérenne)

RESUME

Ce travail a porté sur l'étude de 10 familles de produits organiques issus principalement du traitement des déjections animales en Bretagne et de quelques produits urbains.

Chaque famille a fait l'objet d'une fiche. Certaines fiches ont pu dans certains cas, se sub-diviser en plusieurs sous familles.

Plus de 42 échantillons et 1800 tests ou analyses de laboratoire ont permis de faire ressortir à la fois :

- Des spécificités agronomiques pour chaque famille ou sous famille de produits
- Des conformités ou non aux normes « amendement et engrais » actuelles ou à venir.

En particulier nous avons mis en avant :

Le caractère d'engrais organique marqué des fientes sèches de poules, des litières (paille) de volailles compostées, des issus de centrifugation du lisier de porc et du déshydraté de lisier de porc.

Le caractère d'amendement organique pour des produits comme les composts de fumier de bovin, de lisier de porc avec paille ou déchets verts, et la litière bio-maîtrisée.

Deux produits sont dans une situation de limite entre ces deux normes : les issus de centrifugation de lisier de porc compostées avec du DV, et la litière (copeaux) de volailles compostée.

Pour chacun de ces produits nous avons identifié des spécificités agronomiques à mettre en valeur, mais aussi quelques non conformités vis à vis des normes actuelles ou plutôt à venir qui entraîneront des travaux ultérieurs sur les process de fabrication.

Pour caractériser agronomiquement ces produits nous avons effectué des analyses chimiques de type agronomique classique (N, P_2O_5 , K_2O ...) mais aussi des analyses sur la solubilité du P_2O_5 dans l'eau et le citrate, sur les oligo-éléments...

Nous avons également, comme préconisé dans la norme amendement, réalisé des analyses de type caractérisation biochimique de la matière organique et minéralisation du carbone et de l'azote. De plus, pour cerner la disponibilité du phosphore, des tests de bio-disponibilité en laboratoire ont été réalisés.

Pour vérifier l'innocuité de ces produits nous avons réalisé des analyses d'Eléments Traces Métalliques (ETM), micro-biologiques, de phytotoxicité et de présence d'inertes.

En croisant à la fois ces résultats, les références disponibles sur des produits proches et les besoins des cultures nous avons proposé des préconisations de doses d'épandage de ces produits.

I - INTRODUCTION

L'origine de cette étude remonte aux travaux du plan d'action de la charte de l'agriculture pérenne. Il était ressorti des groupes de travail que la création d'une structure interprofessionnelle sur la valorisation des fertilisants organiques Bretons était indispensable au développement d'une filière. La structuration des opérateurs a abouti à la création d'IF20 fin 2004. La première action lancée en 2005 par IF20 en partenariat et avec une maîtrise d'œuvre CRAB/ Pôle agronomie, est l'action de caractérisation des fertilisants organiques.

L'objectif premier de cette étude est de mieux connaître les produits afin de soutenir la mise en marché des engrais et amendements organiques. Les résultats de cette étude devront permettre aux opérateurs sur les marchés organiques :

- 1- d'acquérir les connaissances pour situer les produits organiques par rapport aux critères de la normalisation (NFU 44051 en attente d'application obligatoire et révision en cours de la 42001)
- 2- fournir des références pour constituer des dossiers techniques afin d'alimenter les débats aux comités de normalisation.
- 3- avoir des données fiables sur le comportement agronomique afin de bâtir des argumentaires pour mieux positionner ces fertilisants organiques sur les marchés et mieux conseiller les utilisateurs.

Cette première action pour caractériser nos fertilisants organiques s'inscrit dans l'approche globale menée par IF20 et ses partenaires (CRAB, UGPVB, ITP, ITAVI, ADEME, CEMAGREF ...)

Les conclusions seront importantes pour les orientations à prendre sur l'action « 3 : Amélioration des techniques de transformation des produits organiques porcs et volailles ».

II - METHODOLOGIE

L'objectif de ce travail est de commencer à donner des réponses d'ordre agronomique à ces nouveaux produits transformés qui, la plupart, ont comme vocation d'être normalisés (ou homologués), afin de pouvoir être exporté hors de Bretagne, principalement.

Il ne s'agit pas de faire un état des lieux de l'existant de la composition des déjections animales ayant subi une transformation qui aurait permis de faire une caractérisation moyenne, mais bien, après sélection des divers procédés de traitement qui paraissent susceptibles de produire des matières fertilisantes de qualité, de connaître leurs spécificités afin de mieux les utiliser.

De ce fait, seuls certains procédés de traitement et certains sites de production ont été sélectionnés.

Sélection des produits étudiés

A côté des produits traditionnels issus des élevages (fumiers, lisiers, fientes), sont apparus ces vingt dernières années de nombreux autres produits également à base de déjections animales résultant de nouvelles conduites d'élevage ou de la mise en œuvre de procédés destinés à transformer ces déjections animales. Les mesures réglementaires visant à résorber les excédents structurels d'azote d'origine animale dans les secteurs à forte densité d'élevage ont notamment conduit un nombre croissant d'éleveurs à mettre en œuvre des techniques de « traitement » des déjections animales avec production de fertilisants organiques solides destinés bien souvent à être transportés et utilisés en dehors de ces zones d'élevage.

Les produits d'origine animale retenus pour cette étude ont été sélectionnés en tenant compte de l'importante des tonnages qu'ils représentent et des techniques de transformation mis en œuvre.

Il s'agit de :

→ 5 produits ou co-produits de la filière porcine,.

Issues de centrifugation de lisier de porc (transformés selon différentes techniques),
Déshydraté de lisier de porc,
Compost lisier de porc avec paille
Compost de lisier de porc avec déchet vert,
Litière de porc à base de sciure.

→ 2 produits issus de la filière avicole ;

Les fientes de poules déshydratées,
Les fientes de volaille avec litière compostées.

Parallèlement, les produits organiques d'origine urbaine évoluent et l'offre de composts de différentes nature se développe. En concertation avec l'ADEME, 3 produits ont été retenus

Ces produits sont : Le compost de déchet vert,
Un compost urbain mixte issu du tri mécanique des OM avec ajout de compost de déchet vert et de bio déchet.
Un compost de boue de station d'épuration urbaine avec déchet vert.

Afin de pouvoir comparer ces nouveaux produits avec des références connues, et, par analogie et rapprochement en particulier pour les analyses de caractérisation et d'efficacité agronomique, 3 produits « traditionnels » ont été également retenus dans l'étude comme témoins.

Ces produits sont : Le fumier de bovin,
Le fumier de volaille (poulet sur paille),
Le compost de fumier de bovin.

Sélection des sites de production et échantillonnage

Dans un second temps, une recherche des sites de production a été entreprise en liaison avec les membres d'IF2O pour ce qui est des produits d'origine agricole, et de l'ADEME pour les produits d'origine urbaine. Le choix s'est porté en priorité sur des sites où la technique de transformation est mise en œuvre depuis plusieurs années et correctement maîtrisée.

Afin que les échantillons prélevés soient le plus représentatif possible de l'état du produit le jour du prélèvement, la prise d'échantillon a fait l'objet d'un soin poussé.

La méthodologie de prélèvement ADEME a été choisie.

Tous les produits (sauf VB2) étaient sous la forme d'un tas plus ou moins important le jour du prélèvement.

Le principe est de faire deux à trois ouvertures dans le tas au chargeur.

A chaque ouverture, sur la tranche, 8 à 10 échantillons élémentaires sont prélevés à trois niveaux : 1/3 du haut, milieu du tas et 1/3 du bas.

Ces échantillons sont mélangés puis le mélange est divisé plusieurs fois en deux avec un diviseur spécifique jusqu'à obtention de la quantité requise.

(Pour VB2 l'échantillonnage c'est fait en prélevant 30 prises élémentaires de 1 kg pendant ½ heure à la sortie du granulateur).

Les échantillons envoyés à l'analyse micro-biologique ont été prélevés dans des seaux au préalable désinfectés puis expédiés au laboratoire par chronopost avec un bloc réfrigérant afin que ce dernier reçoive le colis sous 24 h.

Les échantillons envoyés au laboratoire d'analyse agronomique ont été regroupés par lots puis expédiés par transporteur.

Analyses et tests mis en oeuvre

Pour mieux caractériser ces produits trois grands types d'analyse ont été réalisés :

- A) Analyses de la composition chimique des principaux paramètres habituellement retenues pour connaître la valeur de ces fertilisants solides. Ces analyses sont regroupées dans le module A. Tous les échantillons ont fait l'objet de cet ensemble d'analyse.

Le module B regroupe d'autres analyses chimiques moins classiques qui permettent de mieux connaître la composition de ces produits (exemples : phosphore soluble, oligo-éléments...). Par mesure d'économie seule une partie des échantillons ont fait l'objet de ce module d'analyses.

- B) Comme l'objet de ce travail était aussi de vérifier le degré d'innocuité de ces fertilisants, les analyses demandées dans le cadre des normes voire de l'homologation ont été réalisées.

C'est le cas en particulier pour l'innocuité vis à vis de la présence d'éléments trace métalliques (E T M) réalisés sur tous les échantillons sauf les témoins,

Pour les micro-organismes pathogènes, les analyses retenues ont été celles demandées soit par l'homologation (module engrais) soit par la norme « version mars 2005 : 44 051 amendement organique ». En fonction de la connaissance que l'on avait du produit (plutôt engrais, plutôt amendement) les produits ont fait l'objet d'analyses ciblées. (soit module engrais soit module amendement.)

Aucune analyse d'éléments trace organique n'ont été réalisées, car ces dernières ne sont demandées que pour les produits rentrant dans la norme NFU 44 095. Dans ce travail seul le compost de boue avec déchets verts était concerné.

L'analyse d'inertes demandée dans le cadre de la norme NFU 44 051 n'a été réalisée que sur les produits supposés « à risque » qui contiennent des déchets verts : Les déjections d'élevage avec ou sans leur litière étant considérées comme non polluées par ces indésirables.

Des preuves d'absence de phytotoxicité étant demandées dans le cadre de l'homologation ces tests ont été réalisés sur trois produits phare.

- C) Dans le cadre de la révision de la norme amendement organique de 2000 à 2005 a eu lieu au niveau national un débat sur les méthodes les plus facilement reproductibles, rapides et d'un coût abordable, pouvant permettre d'appréhender la qualité d'un amendement organique et son efficacité agronomique.

Les tests au champ sont les seuls pouvant faire foi de par leurs effets sur les plantes. Mais leurs limites, tant financières que de reproductibilité et de variabilité des résultats ont été soulignées.

Une acquisition classique de références agronomiques sur ces produits étudiés aurait nécessité la mise en place d'essais de plein champ qui aurait mobilisé une charge en travail et des coûts directs trop élevés, pour un résultat seulement accessible au bout de plusieurs années, donc longtemps après le moment où la réponse est souhaitée.

De ce fait il a été préféré, comme le préconise le cadre des normes, de classer l'efficacité des fertilisants en fonction d'analyses de laboratoire. Le lien avec le sol devant être fait par les organismes de recherche (INRA, ARVALIS, CTIFL, Chambres d'Agriculture.).

Trois principales analyses sont en cours de normalisation afin de caractériser au laboratoire l'effet d'un fertilisant :

La Caractérisation biochimique de la matière organique. (XP U 44-162)

La Minéralisation de l'azote et du carbone (XPU 44-163)

Un test de phyto-disponibilité du phosphore a été choisi pour appréhender l'aspect phosphore important pour les déjections animales.

Les résultats d'analyses ou tests de laboratoire doivent être pris avec beaucoup de précaution pour passer d'une valeur labo à une valeur agronomique.

Par contre, par comparaison avec des produits connus, nous nous permettrons de donner des premières valeurs possibles au champ.

Après appel d'offre auprès de laboratoires d'analyses agréés COFRAC, ont été retenu :

Le laboratoire d'analyse de l'Aisne pour la première vague d'analyses agronomiques et pour les analyses micro biologiques.

La SADEF pour les analyses agronomiques de la 2^{ème} vague.

COMPOSITION CHIMIQUE

Les produits ont été caractérisés quant à leur composition par analyse des principaux paramètres habituellement retenus pour les fertilisants organiques solides.

Analyses « Agronomiques classiques » (module A)

Paramètre	Méthode d'analyse
PH	NF EN 13037
Masse volumique compactée	NF EN 13040
MS	NF EN 13040
MO	NF EN 13039
C organique	NF U 44-161
Azote total	NF EN 13654-2
Azote organique	Calcul N total – N minéral (NH ₄ , NO ₃ , Uréique)
Azote – NH ₄	NF EN 13652 extr. Eau 1/5 + colo
Azote – NO ₃	NF EN 13652 extr. Eau 1/5 + colo
Azote uréique	Colorimétrie PDAB
Phosphore total	Miné. par voie sèche + HCl dosage ICP ou AAS
Potassium total	Miné. par voie sèche + HCl dosage ICP ou AAS
Calcium total	Miné. par voie sèche + HCl dosage ICP ou AAS
Magnésium total	Miné. par voie sèche + HCl dosage ICP ou AAS
Soufre total	Miné. par voie sèche + HCl dosage ICP ou AAS

Analyses « Agronomiques » complémentaires (module B)

Sur certains échantillons (un ou deux par process retenus et après vérification au préalable de la cohérence des données du module A), les analyses suivantes ont été pratiquées :

Paramètre	Méthode d'analyse
Phosphore soluble citrate neutre	CEE 3-4-4 adapté
Phosphore soluble eau	Extraction eau 1/5 dosage colorimétrique
Potassium soluble eau	Extraction eau 1/5 dosage colorimétrique
Bore total	Miné. par voie sèche dosage ICP AES NF ISO 11885
Fer total	Miné. par voie sèche dosage ICP AES NF ISO 11885
Manganèse total	Miné. par voie sèche dosage ICP AES NF ISO 11885
Molybdène total	Miné. par voie sèche dosage ICP AES NF ISO 11885
Cobalt	Miné. par voie sèche dosage ICP AES NF ISO 11885

INNOCUITE

Comme un des objectifs de ce travail est de vérifier si ces produits répondent bien à une norme (ou homologation), des analyses d'innocuité ont été réalisées sur tous les échantillons pour les éléments-traces métalliques (ETM) et la microbiologie. (sauf témoins fumiers)

Éléments traces métalliques analysés (ETM)

Paramètre	Méthode d'analyse
Cuivre total :	NF EN 13650
Zinc total :	NF EN 13650
Arsenic :	NFX 31-151 dosage AAS hydrures
Cadmium :	NF EN 13650
Chrome :	NF EN 13650
Mercure :	combustion soude O ₂ et dosage AAS
Nickel :	NF EN 13650
Plomb :	NF EN 13650
Sélénium :	miné. HNO ₃ dosage AAS hydrures

Micro-organismes pathogènes

Module amendement organique (base : critères norme NFU 44 051)

Paramètre	Méthode d'analyse
Dénombrement E Coli :	V 08-053
Dénombrement Entérocoques	NPP : T 90-432
Recherche Salmonella :	V 08-052
Recherche Listéria monocytogènes. :	V 08-055
Œufs d'Helminthe viable (triple flot) :	XPX 33-017
Dénombrement des entérobactéries (fert) :	V 08-054

Module engrais organique (base : critères d'homologation)

Paramètre	Méthode d'analyse
Dénombrement E Coli sur TBX :	V 08-053
Dénombrement Entérocoques fécaux NPP :	NF EN ISO 9899-1
Recherche Salmonella dans 25g :	V 08-052
Dénombrement micro. orga. aérobies à 30°C :	NF V 0 8-051
Dénombrement de Staphylocoques à coagulase :	NF V 057-1
Dénombrement de Clostridium perfringennns :	NF V 08-056 mod
Recherche Listéria monocytogènes dans 25g. :	V 08-055
Recherche Œufs nématodes dans 25g :	MgSO ₄
Dénombrement des entérobactéries (fert) :	V 08-054
Dénombrement des levures et moisissures :	NV V 08-059
Dénombrement d'Aspargilus :	LV 02-9701
Recherche de larves de nématodes :	LV 02-9201

Conformément à la demande explicitée dans le dossier de demande d'homologation, des analyses de nématologie et de recherche de parasites végétaux ont été réalisées que sur un échantillon qui présentait des larves.

Analyse des inertes

Sur 5 échantillons qui, dans la plupart des cas avaient des déchets verts dans leur composition (ou des copeaux), des analyses d'inertes ont été réalisées selon la norme XP U 44 164.

Elle portaient sur la présence quantifiée des : Films et PSE > 5 mm
Plastiques durs > 5 mm
Verres et métaux > 2 mm

Il y a, en plus, la possibilité de quantifier les indésirables totaux

Test de croissance sur orge et cresson (selon XP U 44-167, norme à paraître)
(ce test est aussi appelé « test de phytotoxicité »)

Le principe de ce test est d'évaluer les risques d'inhibition de l'émergence et de la croissance de l'orge et du cresson (parties aériennes) suite à l'apport d'effluents.

Dans des pots sous serre avec 4 répétitions, la croissance des plantes est évaluée selon des doses croissantes d'apport.

Il y a 4 modalités (témoin sans apport, dose 1, dose 2, et dose 10) et 2 variables étudiées (taux d'émergence à 7 jours de culture et production de MB).

Les doses apportées ont été de :

VD1 (litière de dinde + copeau compostée): 12,5 T/ha, 25 T/ha et 125 T/ha

PA2 (issue de centrifugation): 10,5 T/ha, 21 T/ha et 105 T/ha

PD2 (composte de DV + lisier de porc): 21 T/ha, 42T/ha et 210 T/ha

CARACTERISATION DE « L'EFFICACITE AGRONOMIQUE »

Test de phyto-disponibilité du phosphore :

Le phosphore étant une des grandes problématiques liée à ces produits, il importait d'avoir des références sur la bio-disponibilité de cet élément.

L'objet de ce test vise à approcher un CAU du phosphore par mesure de la croissance d'un RGI.

Est mesurée la production de biomasse (3 coupes) et la mobilisation du P₂O₅ de la culture.

Les essais sont conduits en pots de 800 g de terre de limon carencée en P₂O₅ (88 ppm JH) avec trois répétitions pendant 28 jours, aux doses suivantes :

Témoin minéral :	0 Kg/ha, 70 kg/ha, et 140 kg/ha.
Fumier de bovin :	70 kg/ha.
Fientes de poules :	70 kg/ha, et 140 kg/ha.
Issues centrif. porc :	70 kg/ha, et 140 kg/ha.

Caractérisation biochimique de la matière organique. (XP U 44-162)

Ce test, mis au point par l'INRA en 1993, puis modifié par D Robin en 1997, fait l'objet d'une norme expérimentale depuis 2004.

Il consiste à mesurer les composés de la MO du produit. Ces dernières se divisent en : composés solubles (SOL), composés hémicellulosiques (HEM), composés cellulosiques (SEL), composés ligneux (LIC). Un résidu (CEW) est pris en compte pour le calcul de l'ISB mais pas du Tr.

L'ISB (Indice de Stabilité Biochimique) est une valeur issue des résultats des analyses des divers composés avec des coefficients multiplicateurs. Il varie entre 0 et 1. Quand l'ISB est proche de 0 le produit laisse peu de carbone stable dans le sol. Quand l'ISB est proche de 1 le produit est très stable dans le sol.

Le Tr est un indice qui intègre la fraction minérale du produit dans son calcul en plus des autres composés de la MO, mais sans prendre en compte le résidu (CEW). Il est donnée sous forme de quantité de MO stable par tonne de produit. Le Tr est donc donné sur MS.

Souvent on préfère le Tr/MO qui est donné en pourcentage de la MO du produit.

Par analogie (travail INRA, CTIFL, CRAB..) des corrélations ont été établies entre ces résultats du Tr (ou ISB) et le K1 des produits selon la définition de Hénin - Dupuis.

Cette corrélation est plutôt bonne pour les produits classiques (fumier de bovin, boue de traitement urbain..), par contre elle s'avère mauvaise pour quelques produits comme ceux contenant certains tourteaux ou soies de porc.

Minéralisation de l'azote (XPU 44-163)

Ce test se déroule en laboratoire dans des conditions contrôlées et optimales pour le développement d'une bonne activité microbienne du sol.

- Les produits organiques sont séchés, broyés jusqu'à passage par une grille de 1 mm, puis incorporés au sol à dose agronomique.
- Le sol choisi est un limon de référence décrit dans la norme. Il n'y a pas de culture.
- Dans les conditions de l'expérience (28°C et pF de 3) on estime que les vitesses de minéralisation sont 5 fois plus rapides qu'au champ (INRA Laon).
- Les prélèvements et analyses sont fait à 0 jour, 7 jours, 21 jours, 49 jours et 91 jours. Il y a trois répétitions.
- Sont mesurées, les teneurs en N-NH₄ et en N-NO₃. De ces mesures, le pourcentage de minéralisation du produit est déduit.
- Les produits contenant du N-NH₄ voient la concentration du mélange sol/MO baisser au profit de l'N-NO₃, sauf si des phénomènes de réorganisation pompent le N-NO₃ pour le transformer sous forme organique.
- Le passage des données de ces courbes de minéralisation en coefficient d'efficacité de l'azote utilisable par les producteurs est délicat, car de très nombreux phénomènes au champ interfèrent.
- Une méthode indirecte par comparaison, entre les produits étudiés en laboratoire et des produits de référence (pour lesquels des références agronomiques classiques ont été produites) peut permettre d'approcher ces coefficients rapidement et à moindre frais. Mais ces références seront toujours critiquables car n'ayant pas fait l'objet de validation in-situ.

Minéralisation du carbone (XPU 44-163)

Ce test se déroule en laboratoire dans des conditions contrôlées et optimales pour le développement d'une bonne activité microbienne du sol.

- Les produits organiques sont séchés, broyés jusqu'à passage par une grille de 1 mm, puis incorporés au sol à dose agronomique.
- Le sol choisi est un limon de référence décrit dans la norme. Il n'y a pas de culture.
- Dans les conditions de l'expérience (28°C et pF de 3) on estime que les vitesses de minéralisation sont 5 fois plus rapides qu'au champ (INRA Laon).
- Sont mesuré les quantités de carbone libérées sous forme de CO₂.
- Les points de mesures sont fait aux temps de : 0 jour, 1 jour, 3 jours, 7 jours, 14 jours, 21 jours, 28 jours, 49 jours, 70 jours et 91 jours. Il y a trois répétitions.

L'ISB (ou le Tr) révèle un potentiel de stabilité (donc ce qui reste dans le sol 3 à 4 ans après l'apport), et la minéralisation du carbone indique la vitesse de dégradation du produit dans le sol les premiers mois après l'incorporation.

LA DOSE AGRONOMIQUE

Dans les dossiers de demande d'homologation des matières fertilisante il est demandé de préciser l'efficacité des produits à la CPE (Condition d'Emploie Préconisée)

La dose à la CEP est faite pour mieux approcher l'efficacité réelle du (des) produit(s) étudié(s) et de les comparer entre eux. De ce fait une dose de référence à été proposée pour chacun.

Cette dose à été élaborée en prenant en compte plusieurs facteurs . Elle est issue d'un compromis entre le (les) facteur(s) limitant(s) et l'effet positif agronomique souhaité.

En effet il est apparu non cohérent de comparer par exemple des indices de stabilité biochimique entre deux produits si en fait, pour un des produits, un facteur agronomique ne permettait pas de le mettre à même dose que l'autre produit.

Les comparaisons ont donc été faites à dose agronomique (ou dose pivot) sachant que cette dernière peut varier en fonction de paramètres spécifiques à l'utilisateur.

II – LES FICHES PRODUITS

1 – LES TEMOINS

Le fumier de bovin

Le fumier de volaille

Le compost de fumier de bovin

LE FUMIER DE BOVIN

A) Nature et origine du produit

- Matières premières entrant dans la composition du produit : paille et déjections bovines
- Echantillon(s) analysé(s) :
 - L'échantillon **T1** a été prélevé en juin 2006 sur le site de la ferme de CRECOM à St Nicolas du Pélem (22)
 - Autres données et références utilisées :
Les Chambres d'Agriculture de Bretagne disposent de nombreuses références sur ce produit

Procédé(s) de fabrication

- Caractérisation du tas prélevé :
 - Fumier pailleux issu d'une aire de couchage de vaches laitières(dernière vidange avant l'été) ayant subi environ un mois de stockage.
Ce fumiers de stabulation, issu du couchage des animaux la nuit, a été produit par des vaches qui étaient alimentées le jour à l'herbe de printemps.
- Référence de l'analyse : **T1**

B) Composition et caractéristiques du produit

Les résultats détaillés sur MS et MB figurent dans les tableaux en annexe.

1- Eléments majeurs

Tableau N°1

Principaux éléments/ MB	Observations	Commentaires et comparaison avec d'autres références
MS : 20,9 %	Teneur en MS faible pour ce type de produit	La teneur en matière sèche peut varier de 15 à 40 %
MO : 15,9 %	Teneur en MO faible mais pas aberrante pour ce type de produit. En lien avec la teneur élevée en eau	La teneur moyenne en MO se situe plutôt autour de 18 %.
Azote total 5,8 kg/T dont azote organique 4,5 kg/T C/N = 7.3	Teneur en azote élevée pour ce type de produit, non en rapport avec la teneur faible en MS. On parle plutôt de 5.5 kg/T en moyenne régionale. Est ce dû à l'aliment « herbe de printemps » ? L'azote est organique à 77%	C/N un peu faible du fait de la teneur élevée en N
P ₂ O ₅ : 3,05 kg/T		La référence régionale est de 2.5 kg/T
K ₂ O : 9,72 kg/T	Produit très riche en potasse	La référence régionale est de 8 kg/T
CaO : 5,6 kg/T MgO : 1,72 kg/T		Les références régionales sont plutôt de 5 kg/T pour le CaO et 1.5 kg/T pour le MgO
SO ₃ : 2,2 kg/T		Les références Institut de l'Elevage sont de 1 à 2.5 kg/T

2- Disponibilité du phosphore

Les essais SADEF en pots (R 05 29 b et c) montrent que sur RGI et dans un sol de limon neutre à faible teneur en P_2O_5 , la phyto-disponibilité du phosphore de ce fumier de bovin est d'environ 75 % celle d'un super18. (cf : voir aussi : issues de centrifugation du lisier de porc)

3- Eléments Traces Métalliques (ETM)

L'échantillon n'a pas été analysé car les références existantes par ailleurs sur cette déjection nous montre qu'elle est conforme aux critère de la norme amendement organique.

4 - Inertes (XPU 44 164)

L'échantillon n'a pas été analysé car les références existantes par ailleurs sur cette déjection nous montre qu'elle est au moins conforme aux critères de la norme amendement organique.

5- Agents pathogènes

L' échantillon n'a pas été analysé car cette déjection brute d'élevage ne fait pas généralement l'objet de demande de normalisation

6- Caractérisation biochimique de la matière organique (XPU 44 162)

Tableau N°2

	T1	Etude CRAB avril 2002	Etude CRAB décembre 2002
ISB	0,27		0,41
Tr/MB	55 kg/T		
Tr/MO	34,6%	36% et 31%	44%

- Commentaire du laboratoire SADEF : Produit de type **résidus végétaux** présentant un potentiel d'humus stable faible par rapport aux références de ce type de produit.
- Les autres références dont nous disposons (base SADEF études CRAB de 2002) font état d'un Tr/MO moyen pour le fumier de bovin frais de 36% avec un coefficient de variation de 26%
- La fraction LIC de la MO considérée comme représentant la partie la plus stable est de 16 %.

7- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 99)

- **Minéralisation de l'azote :**
- 32% de l'azote est immédiatement disponible,
8 % disponible à moyen terme,
60 % disponible à long terme (non disponible à court et moyen terme).
- Le tableau des pourcentages des fractions azotées des différents engrais de ferme (Ziegler 1983) donne pour le fumier de bovin, 10 % d'N immédiatement disponible (N minéral), 25 % azote organique minéralisable dans l'année, et donc 65 % d'azote organique minéralisable les années suivantes.

Ce fumier n'est donc pas, pour l'N, conforme aux références. La nature de la déjection des animaux alimentée à l'herbe de printemps est une explication possible des différences observées entre cet échantillon et le fumier classique.

Cette courbe de minéralisation met en exergue une phase de réorganisation qui est en fait masquée par la présence d'N minéral dans ce produit étudié. Cette minéralisation de l'N est conforme aux références existantes (CRAB) et n'est pas aberrante vis à vis des données diffusées issues de références (coefficient d'équivalence engrais sur maïs en Bretagne : 25 %).

PS : le coefficient d'équivalence varie en fonction de la date d'apport de la déjection. Par exemple pour un fumier de bovin de type « fumier de raclage » avant maïs, ce coefficient varie de 30% à 20% selon que le produit est apporté en février ou fin avril.

- **Minéralisation du carbone** : Elle est moyenne (22 % durant toute la phase d'incubation) et conforme à nos connaissances de ce produit (cf études CRAB)

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

- Ce produit n'est à priori pas prévu pour être mis en état sur le marché.
En règle générale il n'est pas conforme à la norme NFU 44051 pour deux paramètres : la teneur en MO/MB (< 20 %) et la présence d'œufs d'Helminthes et (ou) salmonelles.
- La connaissance que nous avons sur le produit nous permet d'avancer que pour les autres paramètres agronomiques et autres critères d'innocuités, le fumier de bovin est conforme à la norme NFU 44051.
- Le C/N est généralement > à 8. Il est classé en type I dans le cadre de la directive nitrate.

C) Commentaires sur la valeur fertilisante et son usage agronomique

- Ce produit est considéré comme l'amendement organique de référence dont les intérêts premiers sont : l'apport à la fois des éléments fertilisants : un peu d' azote, riche en K_2O et équilibré en P_2O_5 , mais aussi de la matière organique.
Les doses d'apport sont à raisonner en fonction du besoin des cultures (cf plan de fumure). Elles sont, en général, de 20 à 30 T/ha
Cet échantillon est moyennement représentatif des fumiers de bovin.
- L'action du fumier de bovin sur les sols de limon a été décrit dans diverses études (CRAB décembre 2002, Thèse S Albivin...). Elle est principalement remarquable à moyen terme sur la stabilité structurale des sols de limon et le développement de la biomasse microbienne.
A la dose de 30 à 35 T/ha/an le fumier de bovin frais permet, en culture maraîchère, juste au mieux à entretenir le taux de MO du sol (Etudes CATE, CTIFL/SERAIL ...).La persistance dans le sol du carbone provenant d'un fumier de bovin peut être considérée comme moyenne (2 T/ha d'humus stable par apport à la dose agronomique selon l'analyse XPU 44 162)
- La composition en éléments fertilisants, la disponibilité moyenne de l'N et son efficacité sur la stabilité structurale des sols de limon en font la « référence amendement organique » par excellence. Mais la grande variabilité de sa composition freine la pertinence des comparaisons entre produits.

LE FUMIER DE VOLAILLE

A) Nature et origine du produit

- Matières premières entrant dans la composition du produit : pailles de blé broyées et fientes de poulets
- Echantillon(s) analysé(s) :
 - L'échantillon **T2** a été prélevé en juin 2005 sur un élevage de poulet du Nord-Finistère
- Autres données et références utilisées :
 - Les chambres d'agriculture de Bretagne et l'ITAVI possèdent un nombre important d'analyses de ce type de produit.

Procédé(s) de fabrication

L'échantillon a été prélevé le jour de la vidange du poulailler
59 T de poulets ont été produits sur 2000 m² de bâtiment en 37 jours pour les mâles et 50 jours pour les femelles

Référence de l'analyse : T2

B) Composition et caractéristiques du produit

Les résultats détaillés sur MS et MB figurent dans les tableaux en annexe.

1- Eléments majeurs

Tableau N°3

Principaux éléments/ MB	Observations	Comparaison avec les autres analyses
MS : 54 %	Teneur en MS faible pour ce produit	La teneur en matière sèche est généralement de 65 à 70%
MO : 44 %	Teneur en MO un peu faible pour ce type de produit	Teneur moyenne en Bretagne de 50 %
Azote total 20,7 kg/T dont azote organique 14,5 kg/T C/N = 11	Teneur en azote total assez faible pour ce produit. L'azote est organique à 70%	La teneur en N tot de ce type de produit est plus autour de 25 à 30 kg/T/MB
P ₂ O ₅ : 16 kg/T	Teneur faible	La teneur en P ₂ O ₅ de ce type de produit est de plus 25 kg/T/MB
K ₂ O : 20 kg/T	Teneur moyenne	
CaO : 20,2 kg/T MgO : 5,8 kg/T	Teneur en CaO faible, mais normale pour MgO	Les valeurs des analyses CaO dont nous disposons varient de 20 à 60 kg/T MB de CaO pour 4 à 6 kg/T pour le MgO
SO ₃ : 8,2 kg/T	Teneur élevée	Référence ITAVI 2001 : 3,7 kg/T

2- Eléments Traces Métalliques (ETM)

L'échantillon n'a pas été analysé car les références existantes par ailleurs sur cette déjection nous montre qu'elle est conforme aux critère de la norme amendement organique.

3- Inertes (XPU 44 164)

L'échantillon n'a pas été analysé car les références existantes par ailleurs sur cette déjection nous montre qu'elle est conforme aux critères de la norme amendement organique.

4- Caractérisation biochimique de la matière organique (XPU 44 162)

Resultats : ISB = 0,15 ; Tr/MB = 120 kg/T ; Tr/MO = 27,2 %

Commentaire du laboratoire SADEF : Produit de type **engrais organique** avec un potentiel d'humus stable élevé pour ce type de produit

- L'autre référence dont nous disposons fait état d'un Tr/MO de l'ordre de 22 % (Etude CRAB avril 2002)
- La fraction LIC de la MO considérée comme la plus stable dans le sol est de 9,7%.

5- Agents pathogènes

L'échantillon n'a pas été analysé car cette déjection brute d'élevage ne fait pas généralement l'objet de demande de normalisation

6- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 99)

→ **Minéralisation de l'azote :**

26% de l'azote est immédiatement disponible,
35 % disponible à moyen terme,
39 % disponible à long terme (non disponible à court et moyen terme).

Le pourcentage d'azote total minéralisé à court et moyen terme est donc de 61 % de l'azote du produit.

(Les références CRAB d'avril 2002 qui portaient sur une durée d'incubation de 105 jours faisaient état d'une minéralisation de +54 % de l'N du produit). D'autres références nous donnent des pourcentages de minéralisation plus élevés (70 %) du fait principalement d'une teneur en azote minéral + uréique plus élevée (parfois jusqu'à 50 %). Nota : % d'N minéral dans cette étude de 2002 = 20%

Le tableau des pourcentages des fractions azotées des différents engrais de ferme (D. Ziegler) donne pour le fumier de volaille, 70 % d'N immédiatement disponible (minéral), 20 % azote organique minéralisable dans l'année, et donc 10 % azote organique minéralisable les années suivantes.

L'estimation de l'effet direct en situation d'équilibre humique (Sluijmans et al 1978) se fait en sommant l'N minéral (moins la part des pertes) et une fraction de l'N minéralisée à court terme.

- **Minéralisation du carbone :** en fin d'incubation, le carbone minéralisé représente 48.3 % du carbone apporté. L'essentiel de ce carbone a été minéralisé dans les 30 premiers jours de l'incubation.

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

Sans compostage ce produit n'est pas destiné à être mis sur le marché.

Sur les critères de composition (MO, N,P,K), cet échantillon T2 répond aux critères de la norme NFU 44051 révisée, mais en étant proche des limites (N+P+K <7% et N minéral < 33% de N total). Les fumiers un peu plus secs, affichent par contre une somme N+P+K supérieure à 7%, ce qui les exclut de la catégorie des amendements.

Au plan agronomique, de part sa disponibilité élevée de l'azote à court et moyen terme, le fumier de volaille se positionne plutôt comme un engrais organique.

Le C/N est souvent > à 8. Du fait cette disponibilité de l'azote, il a été classé en Bretagne dans le cadre de la directive nitrate en type I bis, apparenté au type II sur le plan des périodes d'interdiction d'épandage.

C) Commentaires sur la valeur fertilisante et son usage agronomique

Ce produit est avant tout un engrais organique N, P, K, Ca, dont l'apport de matière organique reste moyen compte tenu des doses limitées qui peuvent être apportées.

Comparaison fumier de volaille et fumier de bovin à dose d'environ 170 kg/N total/apport

Tableau N°4

	Fumier de volailles Dose : 7 T/ha	Fumier de bovins Dose : 30 T/ha	Commentaires sur le fumier de volailles en comparaison au fumier de bovin
Matière organique Potentiel « d'humus stable » calculé au laboratoire (Tr/MO)	3,5 T/ha 0,9 T/ha	5 T/ha 2 T/ha	Sur la base de 170 kg d'N le fumier de volailles a un effet « amendement » deux fois plus faible que le fumier de bovin
Azote total	170* kg/ha	165 kg/ha	* N du fumier de volaille est disponible à court terme (65 % de disponibilité sur maïs)
Phosphore	175 kg/ha	90 kg/ha	Dose de phosphore élevée adaptée aux parcelles carencées). Le fumier de volaille en sol normalement pourvu ne peut être apporté qu'une fois tous les 2 ou 3 ans
Potassium	140 kg/ha	285 kg/ha	Le fumier de bovin est riche en K ₂ O
Calcium	150/200 kg/ha	170 kg/ha	
Magnésium	35 kg/ha	50 kg/ha	
Soufre	30/50 kg/ha	65 kg/ha	

Le fumier de volailles . Données agronomiques complémentaires :

- La courbe de minéralisation de l'N nous apprend que pour cet échantillon T2, 26% de l'N est disponible immédiatement, 35% à moyen terme et donc 39% ne sera disponible qu'à long terme. soit environ 60% dans les mois suivants l'apport. Même si le lien doit être fait avec prudence, la minéralisation de l'N de cet échantillon selon la norme XPU 44 163 est un peu faible au regard des coefficients d'efficacité de l'N publiés par les Chambres d'Agriculture de Bretagne (0.65% de l'N du fumier de volailles apporté avant un maïs) mais pas aberrante.
- L'évolution de la matière organique de ce produit est rapide dans le sol (près de 50 % de carbone minéralisé en 15 mois d'équivalence au champ) et la persistance du carbone apporté dans le sol est faible (9% de fraction LIC de la MO)
- Il est difficile de quantifier l'action de ce produit sur les propriétés physiques du sol car nous n'avons pas de référence
L'apport d'humus stable est faible à une dose agronomique de 7 T/ha (0,9 T/ha d'humus stable selon la norme XPU 44 162) mais non négligeable.
- Le facteur limitant l'utilisation de ce produit est en fait plus le phosphore que l'azote.
L'intérêt de ce produit est donc bien avant tout de fertiliser les cultures principalement en N et P₂O₅ .

LE FUMIER DE BOVIN COMPOSTE

A) Nature et origine du produit

- Matières premières entrant dans la composition du produit : pailles de blé et déjections bovines de vaches allaitantes
- Echantillon(s) analysé(s) :
→ L'échantillon T3 a été prélevé en juin 2005 sur un élevage des côtes d'Armor
- Autres données et références utilisées :
Les Chambres d'Agriculture de Bretagne et l'Institut de l'Elevage possèdent un nombre important d'analyses de ce type de produit.

Procédé(s) de fabrication

L'échantillon a été prélevé dans un tas de 60 m³

Le fumier de litière accumulée sorti de la stabulation a été mis en andain (60 m), puis a été retourné deux fois à l'aide d'un retourneur d'andains (composteuse). Lors de la prise d'échantillon, soit 2,5 mois après la vidange du fumier, on notait une réduction de moitié du volume initial.

Référence de l'analyse : T3

B) Composition et caractéristiques du produit

Les résultats détaillés sur MS et MB figurent dans les tableaux en annexe.

1- Eléments majeurs

Tableau N°5

Principaux éléments/ MB	Observations	Comparaison avec les autres analyses (Institut de l'Elevage 1994 à 1998)
MS : 18%	Teneur en MS faible pour ce produit	La teneur en matière sèche est généralement de 20 à 30% Les références utilisées (CRECOM/ARVALIS Jallière...) sont de 23%
MO : 13%	Teneur en MO faible pour ce type de produit même sur MS	La teneur moyenne est de 20%
Azote total 5,9 kg/T dont azote organique 5 kg/T C/N = 14	Teneur en azote total un peu faible. L'azote est organique à 85% ce qui est étonnant pour un compost	La teneur moyenne en N tot est de 8 kg/T mais avec de très grandes fluctuations (3,3 à 10 Kg/t) Le C/N et le % NH4 est conforme aux références.
P ₂ O ₅ : 4,7 kg/T	Teneur normale	La teneur moyenne en P ₂ O ₅ de ce type de produit est de 5 kg/T/MB
K ₂ O : 11,2 kg/T	Teneur normale	La teneur moyenne en K ₂ O est de 14 kg/T
CaO : 4,2 kg/T MgO : 1,95 kg/T	Teneur en CaO faible, mais normale pour le MgO	Les valeurs des analyses CaO dont nous disposons varient de 10 à 15 kg/T MB de CaO pour 1 à 3 kg/T pour le MgO
SO ₃ : 2,3 kg/T	Teneur normale	Référence 1 à 3 kg/T

2- Eléments Traces Métalliques (ETM)

L'échantillon analysé est comparable aux références disponibles.

Selon les analyses disponibles, tous les éléments traces sont à des concentrations plus faibles que la norme NFU 44 051 d'un facteur 10 à 100, sauf pour le Zn (facteur 2)

3- Inertes (XPU 44 164)

L'échantillon n'a pas été analysé car les références existantes par ailleurs sur cette déjection nous montre qu'elle est conforme aux critères de la norme amendement organique.

4- Caractérisation biochimique de la matière organique (XPU 44 162)

Tableau N°6

	T3	Références CRAB avril 2002	Etude SADEF/ADEME
ISB	0,38		
Tr/MB	48 kg/T		
Tr/MO	35,9%	39%	34% moyenne 6 échantillons

- Commentaire SADEF : Produit de type **engrais organique** avec un potentiel d'humus stable moyen pour ce type de produit
- Le ratio Tr/MO est comparable aux résultats antérieurs. Il est sensiblement plus élevé que celui du fumier frais T1 (27%).
- La fraction LIC de la matière organique considérée comme la plus stable dans le sol représente 19.4% de cette MO. Elle est légèrement plus élevée que pour le fumier de bovin seul (16.6%) (effet du compostage ?)

5- Agents pathogènes

- Module d'analyses réalisées de type : amendement organique.
Conformité par rapport à la norme NFU 44051 vis à vis de l'agent pathogène Salmonelles, mais pas pour les Oeufs d'Helminthes viables dans 1,5 g. Cet échantillon présente, une valeur inférieure au seuil pour un indicateur de traitement comme l'E. Coli, et une valeur limite du seuil pour l'autre indicateur (Entérocoques)

6- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 99)

- **Minéralisation de l'azote :**
17% de l'azote est immédiatement disponible,
12 % disponible à moyen terme,
71 % disponible à long terme (non disponible à court et moyen terme)

La proportion d'azote immédiatement disponible est en rapport avec un teneur en azote ammoniacal encore relativement élevée dans ce fumier en cours de compostage (15%). Le pourcentage d'azote total immédiatement disponible et minéralisable à moyen terme est de 29 % de l'azote total du produit.

La valeur CRAB d'avril 2002 donnait 1,4% d'azote immédiatement disponible et 16% minéralisé à moyen terme (sur une durée d'incubation de 105 jours), mais pour un produit, beaucoup plus sec (37% de MS) qui était pratiquement dépourvu d'azote ammoniacal.

Le tableau des pourcentages des fractions azotées des différents engrais de ferme donne pour le compost de fumier de bovin, 0 % d'N immédiatement disponible (minérale), 20 % azote organique minéralisable dans l'année, et donc 80 % azote organique minéralisable les années suivantes.

La dernière étude du CTIFL (Novembre 2006) nous confirme que selon le model d'ajustement de LIXIM le pourcentage d'azote minéralisé par le compost de fumier de bovin est de 14% (210 jours normalisés à 15°C)

- **Minéralisation du carbone** : en fin d'incubation, le carbone minéralisé ne représente 14 % du carbone apporté. Cette référence est conforme à la référence CRAB 2002 (13 %)

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

Ce produit rentre dans le cadre d'une des dénomination de la norme : NFU 44 051 mais cet échantillon ne peut y prétendre car sa teneur en MO / MB est trop faible (il faudrait 20% !) et il ne présente pas toutes les garanties d'hygiène

Le C/N est > à 8. Il est classé en type I dans le cadre de la directive nitrate.

C) Commentaires sur la valeur fertilisante et son usage agronomique

Ce produit est avant tout un amendement organique dont l'effet fertilisant est à prendre en compte

Comparaisons : fumier de bovin composté et fumier de bovin frais à dose d'environ 170 kg/N total/apport

Tableau N°: 7

	Compost de fumier de bovin Dose : 25 T/ha	Fumier de bovins Dose : 30 t/ha	Commentaires sur le compost de fumier de bovin en comparaison au fumier de bovin frais
Matière organique Potentiel « d'humus stable » calculé au laboratoire (Tr/MO)	5 T/ha 1,75 T/ha	5 T/ha 2 T/ha	Sur la base de 170 kg d'N le fumier de bovin composté a un effet « amendement » proche du fumier de bovin frais
Azote total	170* kg/ha	165 kg/ha	L'N du fumier de bovin composté est un peu moins disponible à court terme que le fumier de bovin frais.
Phosphore	125 kg/ha	90 kg/ha	Dose de phosphore bonne pour les grandes cultures, élevée pour les cultures légumières (sauf parcelle carencée)
Potassium	300 kg/ha	285 kg/ha	Produits riche en K ₂ O
Calcium	125/300 kg/ha	170 kg/ha	Richesse en CaO très variable
Magnésium	50 kg/ha	50 kg/ha	
Soufre	50 kg/ha	65 kg/ha	

Le fumier de bovin composté. Données agronomiques complémentaires :

- La courbe de minéralisation de l'N nous apprend que pour cet échantillon T3, 17% de l'N est disponible à court terme, 12% à moyen terme et donc 71% ne sera disponible qu'à long terme.
- La minéralisation de l'N de cet échantillon selon la norme XPU 44 163 (29 % de disponibilité) est plus élevée que la référence CRAB (17 %) ainsi que les coefficients d'équivalence engrais N des Chambres d'Agriculture de Bretagne (10 % sur maïs).
Il importe pour 'caler' les références de ce produit vis à vis des autres, de disposer d'autres courbes de minéralisation, car rien dans les analyses agronomiques de cet échantillon ne peut expliquer cette différence mis à par un compostage un peu rapide.
- A la dose de 25 T/ha ce produit a un effet fertilisant fort en tous les éléments.
- L'évolution de ce produit est lente dans le sol (près de 15 % de carbone minéralisé en 15 mois d'équivalence au champ) et la persistance du carbone apporté au sol n'est qu'un peu plus élevée que pour un fumier de bovin frais.
A cette dose ce produit a également un effet amendant moyen (1,7 T d'humus stable selon analyse XPU 44 162). Au vu des analyses nous pouvons imaginer que l'action de ce produit sur les propriétés physiques du sol sera étalée dans le temps et portera principalement sur la flore et faune microbienne mais aussi sur la stabilité structurale.
Son action sera d'autant plus faible sur ces deux paramètres que le compost sera mûr.

2) LES PRODUITS ISSUS DU TRAITEMENT DU LISIER DE PORC

Les produits porc avec ajout de carbone

Le compost de lisier de porc avec paille

Le compost de lisier de porc avec broyats végétaux

Le compost de litière bio maîtrisée

Les produits porc sans ajout de carbone

Les issues de centrifugation du traitement des lisiers de porc

Le déshydraté de lisier de porc

LE COMPOST DE LISIER DE PORC AVEC PAILLE

A - Nature et origine du produit

- Matières premières entrant dans la composition du produit : paille et lisier de porc
- **Echantillon(s) analysé(s) :**
 - L'échantillon **PC1** a été prélevé en juin 2006 dans une exploitation du Finistère et l'échantillon **PC2** a été prélevé également à la même date à dans une exploitation des Côtes d'Armor.
- **Autres données et références utilisées :**
 - ITP : Composition des effluents porcins (1). (Les composts étudiés sont plutôt frais ou peu évolués)
 - Station expérimentale de Guernevez
 - Etude CA 29 et EDE 29 de 1997, doc : Fertiliser autrement de 2001 (2) et les Etudes CRAB (Caractérisation) d'avril 2002, et (Qualification) de décembre 2002.

Procédé(s) de fabrication

- Le procédé de compostage mis en oeuvre sur les 2 sites est du type « Guernevez », diffusé par la société Isater.
 - Déroulement
 - 1^{ère} phase : La paille mise à plat sur le sol est imprégnée de lisier par des apports (en général 3 apports) échelonnés sur 5 à 6 semaines. Des brassages mécaniques assurent l'homogénéisation du mélange et son aération. Dose de 12 m³ de lisier épais (engraissement) par tonne de paille
 - 2^{ème} phase : Mise en andain du fumier ainsi constitué, conduisant à un compostage dans la masse. Durée : 4.5 mois (**PC1**) à 6 mois (**PC2**)
 - Plate forme aménagée couverte: permettant de traiter 500 à 2500 M³ lisier/an.
 - Caractérisation des tas prélevés :
 - 20 T environ chacun
 - Référence des analyses : **PC1** et **PC2**

B - Composition et caractéristiques du produit

Les résultats détaillés sur MS et MB figurent dans les tableaux en annexe.

1- Eléments majeurs

Tableau N°8

PC 1 : Principaux éléments/ MB	PC 2 : Principaux éléments/ MB	Observations	Comparaison avec les autres analyses ou références existantes
MS : 21,3 %	MS : 21,1 %	Faible teneur en MS pour un compost	La teneur en matière sèche moyenne est d'environ 24%(1) mais d'autres références donnent plus de 30% sur ce type de produit (2)
MO : 13,5 %	MO : 14,3 %	Teneur en MO faible (moins de 20%)	Teneur conforme à la moyenne des analyses (1)
Azote total 5,9 kg /T dont azote organique 5,7 kg /T C/N = 12	Azote total 6,5 kg /T dont azote organique 6,4 kg /T C/N = 11,6	Teneur en azote classique pour ce type de produit L'azote est organique à 97%. Le compostage à permis de réorganiser l' NH_4 du lisier	Teneur en N tot conforme à la moyenne des analyses (1), par contre la teneur en NH_4 est plus faible (1.7 kg/ NH_4 /T (1)) C/N moyen (1) est de 15,7
P_2O_5 : 11,1 kg /T dont : 10,3 kg /T soluble citrate neutre dont : 2,52 kg /T soluble eau	P_2O_5 : 9,99 kg /T	La solubilité, au citrate neutre est de 92% et de 22% soluble eau Le P_2O_5 de ce produit est donc fortement disponible	La moyenne des analyses P_2O_5 /MB est de 8.8 kg /T selon (1) et de 15 kg /T selon (2)
K_2O : 6,6 kg /T dont 6,31 kg /T soluble eau	K_2O : 11,7 kg /T	Grande variation dans la teneur en K_2O Solubilité à l'eau du K_2O très élevée (95%)	La moyenne des analyses K_2O (ref 1) est de 7,4 à 8,7 kg /T MB et 10,5 (ref 2)
CaO : 13,5 kg /T MgO : 4,9 kg /T	CaO : 9,89 kg /T MgO : 4,64 kg /T		La moyenne des analyses CaO (ref 1) est de 12,8 kg /T MB et de 6,2 en MgO
SO_3 : 2,8 kg /T	SO_3 : 3,9 kg /T		La moyenne (1) des 3 analyses est de 4,1 kg /T

Ces échantillons analysés apparaissent être représentatifs de ce type de composts de lisier de porc avec paille.

- La faible teneur en matière sèche en fait un produit peu transportable à longue distance.

2- Eléments Traces Métalliques (ETM)

- Les 2 échantillons analysés nous montrent que ces composts sont largement en dessous des seuils ETM de la norme NFU 44 051 (de facteur 5 à 20) pour les éléments polluants comme l'As, le Cd... mais par contre sont au seuil pour le Cu voire le dépasse pour le Zn .
- Les références ITP de 2005/2006 (8 échantillons) montraient une moyenne légèrement plus élevée que la norme pour le Cu mais très légèrement plus basse pour le Zn.
- L'étude de la station de Guernevez nous montre également que le compost frais issu de lisier provenant d'animaux ayant été engraisés avec des aliments à faible teneurs de Cu et Zn présente des teneurs très acceptables en Cu (44 mg/kg/MS) et en Zn (444 mg/kg/MS)

3- Inertes (XPU 44 164)

- . De part l'origine des matières entrant dans sa composition, ce type de produit ne contient pas (ou très peu) d'inertes indésirables (plastique, verres, métaux...)

4- Agents pathogènes

- Module d'analyses réalisées de type : amendement organique.
Non conformité par rapport à la norme NFU 44051 vis à vis des agents pathogènes, du fait de la présence d'Œufs d'Helminthes viables dans les 2 échantillons.(mais absence de Salmonelles)
Conformité limite pour les deux indicateurs de traitement (E Coli, Entérocoques).
On remarquera la présence de Listéria sur un des 2 échantillons (PC1).

5- Caractérisation biochimique de la matière organique (XPU 44 162)

Tableau N°9

	Echantillon PC1	Etude CRAB avril 2002	Etude CRAB décembre 2002	CA 29 et Station de Guernevez
I S B	0,32		0,68	Moyenne de 3 analyses : 0,52
Taux résiduel Tr/MB	41 Kg/T			
Taux résiduel Tr/MO	30%	34% (comp de 3 mois) 21% (comp de 1 an)	37%	

Ce produit n'appartient à aucun groupe référencé pour le CBM (cf commentaire SADEF)

Les références Tr/MO semblent assez cohérentes entre échantillons (30/37% pour des composts de 3 à 6 mois) ; en revanche l'ISB semble très variable (passage du simple au double)

- La fraction LIC de la MO (partie de la matière organique considérée comme la plus persistante dans le sol) est de 14% (20 à 30% pour les autres références)

6- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 38)

- **Minéralisation de l'azote (PC1)**
- 6% de l'azote est immédiatement disponible,
18 % disponible à moyen terme,
76 % disponible à long terme (non disponible à court et moyen terme)

Les autres références (CRAB) font état de minéralisation nette (immédiate + moyen terme) de 15 à 22% selon que le produit est vieux (1 an) ou jeune (3 mois).

Les chambres d'agricultures de Bretagne ont donné un coefficient d'équivalence engrais variant de 45% à 10% sur maïs pour ce compost selon qu'il est jeune (moins de 4 mois) ou vieux (1 an).

- **Minéralisation du carbone** : en fin d'incubation, le carbone minéralisé représente 12 % du carbone apporté.
(Les références CRAB font état d'une minéralisation du carbone apporté de 5 à 10 %).

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

Ce produit qui rentre dans une des dénominations de la norme NFU 44051 a besoin pour être éventuellement normalisé d'être plus travaillé sur au moins 3 paramètres : le taux de MO/MB, et les dépassements de seuils pour deux critères d'innocuité (microbiologie et ETM).

Le C/N est toujours > à 8. Il est donc du type I dans le cadre du classement de la directive nitrate.

C - Commentaires sur la valeur fertilisante et son usage agronomique

Ce produit est plutôt de type amendement organique dont l'intérêt premier est en fait l'apport d'éléments fertilisants.

Comparaison compost de lisier de porc avec paille et fumier de bovin

Tableau N°10

	Compost paille + LP Dose : 20 T/ha	Fumier de bovins Dose : 30 T/ha	Commentaires sur le compost de paille + LP en comparaison au fumier de bovin
Matière organique Potentiel «d' humus stable » calculé au laboratoire (Tr/MO)	2,6 T/ha 1 T/ha	5 T/ha 2 T/ha	Même si on apportait ses deux produits à même dose le compost de paille + LP a un effet « amendement » plus faible que le fumier de bovin
Azote total	120 kg/ha	165 kg/ha	N moins disponible à court terme pour le compost de LP que le fumier de bovin si le produit est vieux
Phosphore	200 kg/ha	90 kg/ha	Phosphore très bio-disponible dans les 2 cas
Potassium	180 kg/ha	285 kg/ha	Le fumier de bovin est riche en K ₂ O
Calcium	240 kg/ha	170 kg/ha	Apport de CaO non négligeable par le compost de paille + LP
Magnésium	100 kg/ha	50 kg/ha	Apport de MgO non négligeable par le compost de paille + LP
Soufre	70kg/ha	65 kg/ha	

Le compost de paille + lisier de porc . Données agronomiques complémentaires :

- Le coefficient d'efficacité de l'azote de ce produit varie en fonction de la durée de compostage. Plus elle est longue plus l'NH₄ du lisier se transforme en forme organique à potentiel de minéralisation lent .
- PC1 apparaît comme un compost jeune qui présente une minéralisation moyenne de l'N (24%) du fait de sa fraction ammoniacale faible .
- L'évolution de ce produit est très lente dans le sol (12 % de carbone minéralisé en 15 mois d'équivalence au champ)

Son action sur les propriétés physiques du sol sera étalée dans le temps et portera plus sur une légère amélioration de la stabilité structurale et autres paramètres (rétention d'eau, infiltration...).

L'apport d'humus stable est moyen à faible à une dose agronomique de 20 T/ha (1 T/ha d'humus stable selon la norme XPU 44 162).

L'apport de soufre à dose agronomique conseillée est aussi importante que les 30 t du témoins FB)

LE COMPOST DE LISIER DE PORC ET DECHETS VERTS

A) Nature et origine du produit

- Matières premières entrant dans la composition du produit : Broyat de déchets verts et lisier de porc
- **Echantillon(s) analysé(s) :**
 - Les échantillons **PD1** et **PD2** ont été prélevés en juin 2005 dans deux exploitations du Finistère.
- **Autres données et références utilisées :**
 - ITP : Composition des effluents porcins (1).
 - Natural : Dossier d'agrément CERAFEL (2002), Prestor : dossier de demande de transfert
 - Chambre d'agriculture du Morbihan.

Procédé(s) de fabrication

- Le procédé de compostage mis en oeuvre sur les 2 sites est le même.
 - Déroulement
 - Etalement du broyat sous hangar en forme d'andains
 - Ce dernier est équipé de caniveaux pour récupération des jus et de ventilateur afin d'insuffler de l'air
 - Apport de lisier pendant 3 semaines lors des retournements (2 fois par semaine)
 - Dose 1 m³ de lisier environ par tonne de broyat de végétaux. Moyenne 2005 des GIE : lisier (M3) / DV (T) : PD1 : 71%. PD2 : 85%.
 - Phase de compostage sous hangar (6 à 8 semaines)
 - Maturation / stockage sans retournements (mis à part le retournement lors du déplacement) : 4 mois après transfert sur une plate forme de maturation non couverte
 - Criblage : grille carrée de 40 X40 cm
 - Le refus de criblage est réinjecté dans le process de compostage. Il est mis en décharge après 3 ou 4 passages (fonction de l'état de salissure)
 - Plate formes aménagées : PD1 et PD2 : Plate forme couverte : 3260 m² permettant de traiter environ 8 à 9000m³ lisier chacune.
 - Caractérisation des tas prélevés :
 - 150 m³ et un seul mois de maturation pour **PD1** et 10 m³ avec 6 mois de maturation pour **PD2**
 - Référence des analyses : **PD1** et **PD2**

B) Composition et caractéristiques du produit

Les résultats détaillés sur MS et MB figurent dans les tableaux en annexe.

1- Eléments majeurs

Tableau N°11

PD 1 : Principaux éléments/ MB	PD 2 : Principaux éléments/ MB	Observations	Comparaison avec les autres analyses ou références existantes
MS : 55,5 %	MS : 45,1 %	Teneur en MS pour un compost fini (PD2) faible (objectif : plus de 50 % ?)	La teneur en matière sèche moyenne est d'environ 50 % (1)
MO : 24.4 %	MO : 19,1 %	Teneur en MO limite (au moins = à 20%)	Teneur conforme à la moyenne des analyses (1)
Azote total 9,3 kg/T Dont azote organique 9,1 kg/T C/N = 13,8	Azote total 8,1 kg/T dont azote organique 7,2 kg/T C/N = 12,4	Teneur en azote un à deux points plus élevée qu'un compost de DV L'azote est organique à plus de 90%. Le compostage a permis de réorganiser une grande partie de l' NH_4 du lisier	PD1 teneur en N total conforme à la moyenne (1) des analyses = 9,6 kg/T Un peu faible pour PD2 Le C/N moyen (1) est de 11
P_2O_5 : 6,9 kg/T	P_2O_5 : 6,07 kg/T dont : 4,59 kg/T soluble citrate neutre dont : 0,27 kg/T soluble eau	La solubilité, au citrate neutre est de 75% et de 4% soluble eau Le P_2O_5 de ce produit est donc fortement moins disponible qu'un comp de paille + lisier. Sa teneur est le double d'un comp de DV	La moyenne des analyses P_2O_5 /MB est de 6,4 kg/T (1)
K_2O : 7,8 Kg / t	K_2O : 6,77 kg/T dont 3.79 kg/T soluble eau	Solubilité à l'eau du K_2O faible (55%) plus proche des composts urbains que des produits animaux	La moyenne des analyses K_2O (1) est de 7,4 kg/T MB
CaO : 15,9 kg/T MgO : 5 kg/T	CaO : 15,3 kg/T MgO : 4,55 kg/T		La moyenne des analyses CaO (ref 1) est de 17.6 kg/T MB et de 4,4 en MgO
SO_3 : 3,5 kg/T	SO_3 : 3,1 kg/T		ABS de références autres

- L'échantillon **PD2** analysé apparaît être représentatif de ces composts de lisier de porc avec DV composté au moins 6 mois malgré une humidité un peu élevée.

2- Eléments Traces Métalliques (ETM)

- Les 2 échantillons analysés nous montrent que ces composts sont largement en dessous des seuils ETM de la norme 44 051 (de facteur 5) pour les polluants comme le Pb, le Cd, le Hg...
- Il sont en dessous du seuil d'un facteur 2 pour le Cu et Zn
- Par contre nous observons sur un échantillon un doublement du seuil en As et sur l'autre un doublement en Ni. Ces deux échantillons étudiés ne sont donc pas conforme à la norme. Par contre les trois autres références disponibles nous permettent de conclure que ces dépassements ne sont pas fréquents.

3- Inertes (XPU 44 164)

- L'échantillon PD2 a été analysé
- Absence de film et PSE > 5 mm
Faible présence de plastique dur > à 5 mm et verre et métaux > 2mm.
Par contre la teneur en inertes totaux est élevée (32% sur MS) ce qui explique la faible teneur en MO de cet échantillon PD2.

4- Agents pathogènes

- Module d'analyses réalisées de type : amendement organique.
Conformité par rapport à la norme 44051 vis à vis des agents pathogènes (absence d'œufs d'Helminthes viables et de Salmonelles dans les 2 échantillons)
Conformité pour les deux indicateurs de traitement (E Coli, Entérocoques).

5- Phytotoxicité du compost DV+LP (norme à paraître : XPU 44 167)

Test SADEF N°S 05-29-3

Le test ne fait apparaître aucune phytotoxicité sur la germination et la croissance de l'orge et du cresson même à des doses de 125t/ha. Au contraire ce test met en évidence l'effet positif, sur ces deux cultures, des doses croissantes d'apport.

6- Caractérisation biochimique de la matière organique (XPU 44 162)

Tableau N°12

	Echantillon PD2 : compost de 6 mois	Natural : compost de 4 mois
I S B	0,66	
Taux résiduel Tr/MB	81 kg/T	85 kg/T
Taux résiduel Tr/MO	44 %	

Ce produit est du type **riche en matières minérales** avec un potentiel d'humus stable moyen pour ce type de produit (cf commentaire SADEF)

- La fraction LIC de la MO (partie de la matière organique considérée comme la plus persistante dans le sol) est de 42%
- Ces données comparées à d'autres sources semblent variables d'un procédé à un autre. Cela peut s'expliquer en parti par l'hétérogénéité du déchet vert, des doses de lisier et des durées de compostage différentes.

7- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 38)

- Minéralisation de l'azote (PD2) : Libération immédiate faible (5%) et minéralisation à moyen terme peu élevée (12%).
Les autres références : Natural (4 mois de compostage) fait état d'une minéralisation nette (immédiate + moyen terme) de + 5% et + 10%. D'autres références nous apprennent qu'il peut y avoir une minéralisation de - 5% (faim d'N).
- Minéralisation du carbone : en fin d'incubation, le carbone minéralisé représente 5 % du carbone apporté pour Natural

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

Ce produit est généralement conforme à la norme NFU 44051 mais pas ces deux échantillons. Les exploitants doivent cependant surveiller le taux de MO (élever le taux de MS ?) et d'ETM (Ni et As).

Le C/N est toujours > à 8. Il est donc du type I dans le cadre du classement de la directive nitrate.

C) Commentaires sur la valeur fertilisante et son usage agronomique

Ce produit est un amendement organique dont l'intérêt secondaire est l'apport d'éléments fertilisants.

Comparaison compost de lisier de porc avec DV et fumier de bovin

Tableau N° 13

	Compost DV + LP Dose : 20 T/ha	Fumier de bovins Dose : 30 T/ha	Commentaires sur le compost de DV + LP en comparaison au fumier de bovin
Matière organique Potentiel « d'humus stable » calculé au laboratoire (Tr/MO)	4 T/ha 1,7 T/ha	5 T/ha 2 T/ha	A même dose le compost de DV + LP a un effet « amendement » plus élevé que le fumier de bovin
Azote total	170 kg/ha	165 kg/ha	N moins disponible à court terme que le fumier de bovin
Phosphore	130 kg/ha	90 kg/ha	Dose de phosphore élevée par rapport aux besoins des cultures
Potassium	150 kg/ha	285 kg/ha	Le fumier de bovin est riche en K ₂ O
Calcium	260 kg/ha	170 kg/ha	Apport de CaO non négligeable par le comp de DV + LP
Magnésium	100 kg/ha	50 kg/ha	Apport de MgO non négligeable par le comp de DV + LP
Soufre	75 kg/ha	65 kg/ha	

Le compost de DV + lisier de porc . Données agronomiques complémentaires :

- La vitesse de minéralisation de l'azote de ce produit semble faible (5 à 17%) inférieure à un fumier de bovin (+30 à 40%) mais supérieure à un compost de DV (0% à + 10%). La remarque concernant le biais expérimental (cf compost de déchets verts) s'applique à ce produit composé principalement de broyat de bois. Il est donc difficile d'extrapoler les résultats d'analyses (qui seront forcément plus faibles que la réalité au champ)
De ce fait, et en absence de références supplémentaires, nous pouvons avancer que le coefficient d'efficacité de l'N devrait être égale ou inférieur à un fumier de bovin.
Il peut être apporté à la dose de 20T/ha (170 kg/N total, avec 30/50 kg d'N efficace sur maïs?) tous les 2 ans.
A cette fréquence l'apport de phosphore n'est plus que de environ 60 à 70 kg/ha/an ce qui est compatible avec les besoins des grandes cultures.
- L'évolution de ce produit est très lente dans le sol (5 % de carbone minéralisé en 15 mois d'équivalence au champ)
Son action sur les propriétés physiques du sol sera étalée dans le temps et portera plus sur l'effet drainant et apport de plasticité de ses éléments grossiers que sur les paramètres comme la stabilité structurale ou le développement de la biomasse microbienne.
L'apport d'humus stable est bon à une dose agronomique de 20 T/ha (1.7 T/ha d'humus stable selon la norme XPU 44 162).
- L'apport de phosphore reste un des facteurs limitant de l'utilisation de cet amendement.
- Des études complémentaires seraient à mener afin de mieux cerner le coefficient d'efficacité N du produit au champs et la bio disponibilité du phosphore.

<p>LITIERE « BIO MAITRISEE » (FUMIER COMPOSTE DE PORC ELEVE SUR SCIURE DE BOIS)</p>

A) Nature et origine du produit

- Matières premières entrant dans la composition du produit : Sciure de bois et déjections de porc
- **Echantillon(s) analysé(s) :**
 - L'échantillon **PE1** a été prélevé en décembre 2005 dans une exploitation d' Ille et Vilaine
- **Autres données et références utilisées :**
 - ITP : Composition des effluents porcins (1).(4 références dans leur étude)
 - Coopérative Le Guessant : Communications particulières. et l'étude CRAB (Caractérisation) d'avril 2002.

(Pour l'étude CRAB le produit a été prélevé directement à la porcherie. Il n'a donc pas subi de phase de compostage/maturation)

Procédé(s) de fabrication

- Le procédé de compostage :
- Déroulement
 - 1^{ère} phase : dans la porcherie.
La sciure brute dépoussiérée (10 à 12 kg/porc à raison de 0,6 m²/ porc) reçoit les déjections (urines et fécès) des porcs. Un processus de compostage s'engage au sein du mélange remué par les animaux. Pour ce produit, il s'agissait de porcs en « pré-engraissement » de 18 à 45 kg (soit une durée de 2 mois environ)
 - 2^{ème} phase : En fin de bande, la litière est ensuite mise en tas sous un hangar. Les andains sont retournés et aérés par passage dans un épandeur pendant 3 à 4 mois. Pour cet échantillon : mélange de 2 litières, avec 2 à 4 mois de compostage et 1 à 2 retournements, en plus d'un premier passage dans l'épandeur en sortie de porcherie.

Caractérisation du tas prélevé : 30 m³ environ composé de deux lots ; moyenne 5,5 mois de maturation

Référence des analyses : **PE1.**

B) Composition et caractéristiques du produit

Les résultats détaillés sur MS et MB figurent dans les tableaux en annexe.

1- Eléments majeurs

Tableau N° 14

PE 1 : Principaux éléments/ MB	Observations	Comparaison avec les autres analyses ou références existantes
MS : 37,4 %	Teneur en MS un peu faible pour un compost fini	La teneur en matière sèche moyenne est d'environ 41% (1)
MO : 29,7 %	Teneur en MO bonne (plus de 20%)	Teneur conforme à la moyenne des analyses (1) qui se situe à 33%
Azote total 7,2 kg/T Dont azote organique 6,1 kg/T C/N = 21	Teneur en azote classique pour ce type de produit L'azote est organique à 85%. Le compostage à permis de réorganiser une partie importante de l' NH_4 du lisier	Teneur en N total un peu plus élevée que la moyenne des analyses (1)(qui est de 6,3 kg/T) Le C/N moyen (1) est de 26
P_2O_5 : 11,8 kg/T dont : 8,47 kg/T soluble citrate neutre dont : 1,21 kg/T soluble eau	La solubilité, au citrate neutre est de 72% et de 10% soluble eau Le P_2O_5 de ce produit est donc moyennement disponible (cf compost de DV)	La moyenne des analyses P_2O_5 /MB est de 11 kg/T selon (1)
K_2O : 13,9 kg/T dont 6,22 kg/T soluble eau	Solubilité à l'eau du K_2O faible : (45%)	La moyenne des analyses K_2O (ref 1) est de 15,6 kg/T MB
CaO : 13,2 kg/T MgO : 4,5 kg/T		La moyenne des analyses CaO (ref 1) est de 17,5 kg/T MB et de 4,5 en MgO
SO_3 : 7,3 kg/T		La moyenne (1) des 4 analyses est de 6.4 kg/T

- L'échantillon analysé apparaît être représentatif de ces composts de fumier de porc avec sciure malgré une teneur en N un peu plus élevée que la moyenne.
- La solubilité à l'eau du P_2O_5 et K_2O est faible tout comme pour le compost de lisier + DV.

2- Eléments Traces Métalliques (ETM)

- L'échantillon analysé nous montre que ces composts sont largement en dessous des seuils ETM de la norme NFU 44 051 (d' un facteur 10 au moins) pour les polluants comme l'As, le Cd.... Par contre il est atteint le seuil pour le Zn (634 mg/kg) voire le dépasse largement pour le Cu (474 mg/kg) . Cependant, rapporté à la MO, le produit respecte les teneurs limites en Cu et Zn.
- Les 4 références (1) de 2005 nous confirment ces chiffres.
- Les dernières données de la coopérative du Gouessant issues de lots de porcs alimentés avec des aliments peu ou pas complémentés en Cu et Zn permettent d'espérer passer sous ces seuils (sur MS) de la norme.

3- Inertes (XPU 44 164)

- L'échantillon n'a pas été analysé De part l'origine des matières entrant dans sa composition, ce type de produit ne contient pas (ou très peu) d'inertes indésirables (plastique, verres, métaux...)

4- Agents pathogènes

- Module d'analyses réalisées de type : amendement organique.
Conformité par rapport à la norme NFU 44051 vis à vis des agents pathogènes,(Œufs d'Helminthes viables et Salmonelles)
Pour les deux indicateurs de traitement : E Coli : il y a conformité aux valeurs de référence. Entérocoques : non conformité.

5- Caractérisation biochimique de la matière organique (XPU 44 162)

Tableau N° 15

	Echantillon PE1	Etude CRAB avril 2002	Etude Le Guessant : Actisol avril 2006	Le Guessant, communication particulière 2001
ISB	0.34		0.34	
Taux résiduel Tr/MB	185 kg/T		368 kg/T	280 Kg/T
Taux résiduel Tr/MO	62%	62%	80%	

Ce produit étudié est du type **amendement organique** avec un potentiel d'humus stable moyen pour ce type de produit (cf commentaire SADEF)

Les références Tr/MO semblent assez cohérentes (62/80%) et élevées

- La fraction LIC de la MO (partie de la matière organique considérée comme la plus persistante dans le sol) est de 28% (30% pour une autre référence)
- Il est rappelé que les produits à base de porc peuvent avoir un biais expérimental lié à la présence de soie de porc qui bloque le processus analytique de l'ISB et donne une valeur artificiellement élevée à l'analyse. Quelle est la proportion de soie de porc dans ce produit ? les quantités en jeux sont elles de nature à perturber les résultats analytiques ? A priori nous pensons que les soies ne doivent pas être nombreuses et donc ne pas avoir une influence forte. Mais la question reste posée.

6- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 38)

→ **Minéralisation de l'azote :**

18% de l'azote est immédiatement disponible,

4% (réorganisation) disponible à moyen terme,

78 % disponible à long terme (non disponible à court et moyen terme)

Libération immédiate faible (18%) mais pas négligeable due à la présence d' NH_4 puis réorganisation à partir du 21^{ème} jour d'incubation de 4,2% de l'N du produit.

Le produit aura donc, en fait, immobilisé 3 kg d'N par T de MB apportée au cours des 91 jours d'incubation ce qui représente 4,22% de l'N total du produit.

Les autres références (CRAB) font état de minéralisation nette (immédiate + moyen terme) de 33% Pour cette référence de 4 mois de compostage il y a eu absence de réorganisation. Les 33% d'N disponible étant en fait la fraction ammoniacale déjà présente dans le produit).

→ **Minéralisation du carbone :** en fin d'incubation, le carbone minéralisé représente 11 % du carbone apporté.

(La référence CRAB fait état d'une minéralisation du carbone apporté de 8%).

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

Ce type de produit est conforme à la norme NFU 44051 sur les critères de composition (MO, N,P,K). ce qui n'est pas toujours le cas vis à vis de la MS. Pour ce qui est des teneurs en Cu et Zn, nous observons parfois des dépassements mais des possibilités de réduction importantes existent en agissant sur la composition des aliments donnés aux porcs.

Le C/N est toujours > à 8. Il est donc du type I dans le cadre du classement de la directive nitrate.

C) Commentaires sur la valeur fertilisante et son usage agronomique

Ce produit est plutôt de type amendement organique dont l'apport d'éléments fertilisants est important.

Comparaison compost de fumier de porc sur sciure et fumier de bovin

Tableau N° 16

	Compost sciure + LP Dose : 20 T/ha	Fumier de bovins Dose : 30 T/ha	Commentaires sur le compost de litière de porc en comparaison au fumier de bovin
Matière organique Potentiel « d'humus stable » calculé au laboratoire (Tr/MO)	6,5 T/ha 4 T/ha	5 T/ha 2 T/ha	A cette dose de 20 t/ha le compost de litière de porc a un effet « amendement » beaucoup plus élevé que le fumier de bovin
Azote total	130 kg/ha	165 kg/ha	N moins disponible à court terme que le fumier de bovin
Phosphore	220 kg/ha	90 kg/ha	Dose élevée par rapport aux besoins des cultures. Cet amendement doit être apporté au plus 1 fois tous les 2/3 ans. Le phosphore est moyennement bio-disponible
Potassium	280 kg/ha	285 kg/ha	Ce compost est riche en K tout comme le fumier de bovin
Calcium	300 kg/ha	170 kg/ha	Apport de CaO non négligeable par le compost de litière de porc
Magnésium	90 kg/ha	50 kg/ha	Apport de MgO non négligeable par le compost de litière de porc
Soufre	130 kg/ha	65 kg/ha	Apport en soufre élevé

Le compost de litière de porc . Données agronomiques complémentaires :

- Au vu du peu de références existantes il est difficile d'avancer un coefficient d'efficacité de l'azote d'autant que la remarque sur la méthode XPU 44 163 (cf voir compost de DV) s'applique sûrement en partie malgré une certaine finesse de la sciure.
- L'azote organique du produit apparaît très peu disponible à moyen terme. A court terme, l'azote disponible découle directement de la fraction ammoniacale persistant dans le produit.
- Compte tenu d'un C/N élevé, de la présence d'une teneur en NH_4 non négligeable (1kg/T) et d'une cinétique de minéralisation négative (réorganisation) on peut avancer l'hypothèse d'un compostage insuffisant du produit étudié. L'origine de la litière (la sciure de bois est très difficile à se décomposer) explique également ces caractéristiques.
- L'évolution de ce produit est lente dans le sol (11 % de carbone minéralisé en 15 mois d'équivalence au champ)

Son action sur les propriétés physiques du sol sera étalée dans le temps et portera plus, sur des effets drainant et d'augmentation de la plasticité du sol de ses particules grossières que sur une amélioration de la stabilité structurale.

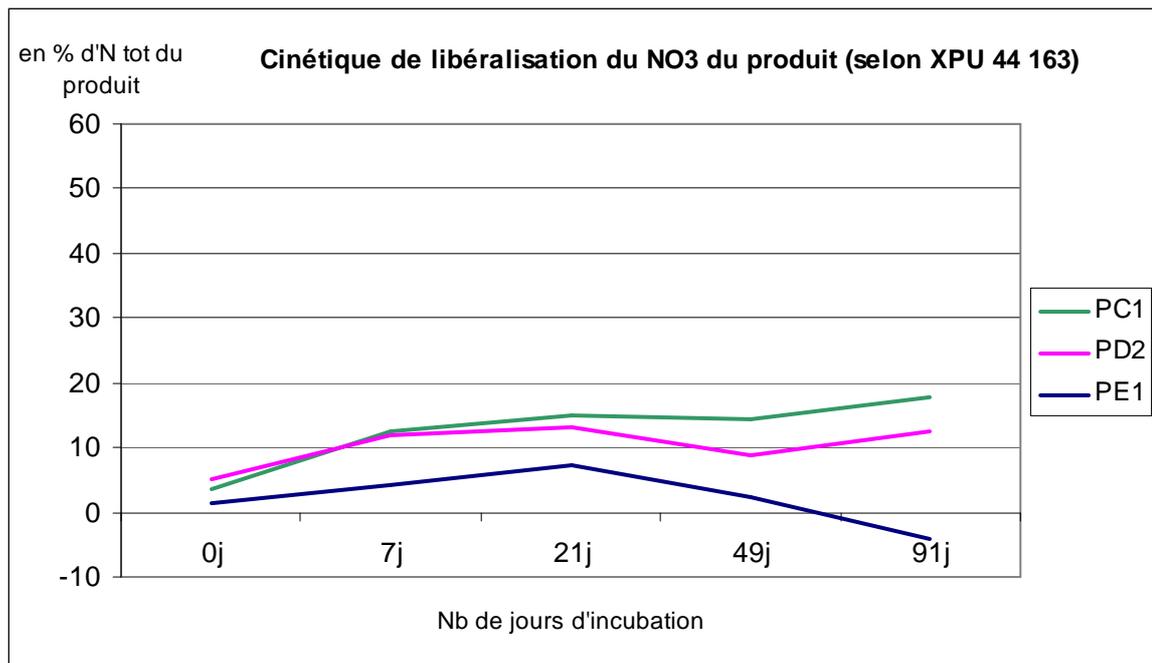
L'apport d'humus stable est élevé à une dose agronomique de 20 T/ha (4 T/ha d'humus stable selon la norme XPU 44 162).

L'intérêt de ce produit est donc bien avant tout d'amender le sol mais ses apports de fertilisant sont aussi importants (P, K, Ca, Mg, mais aussi N total).

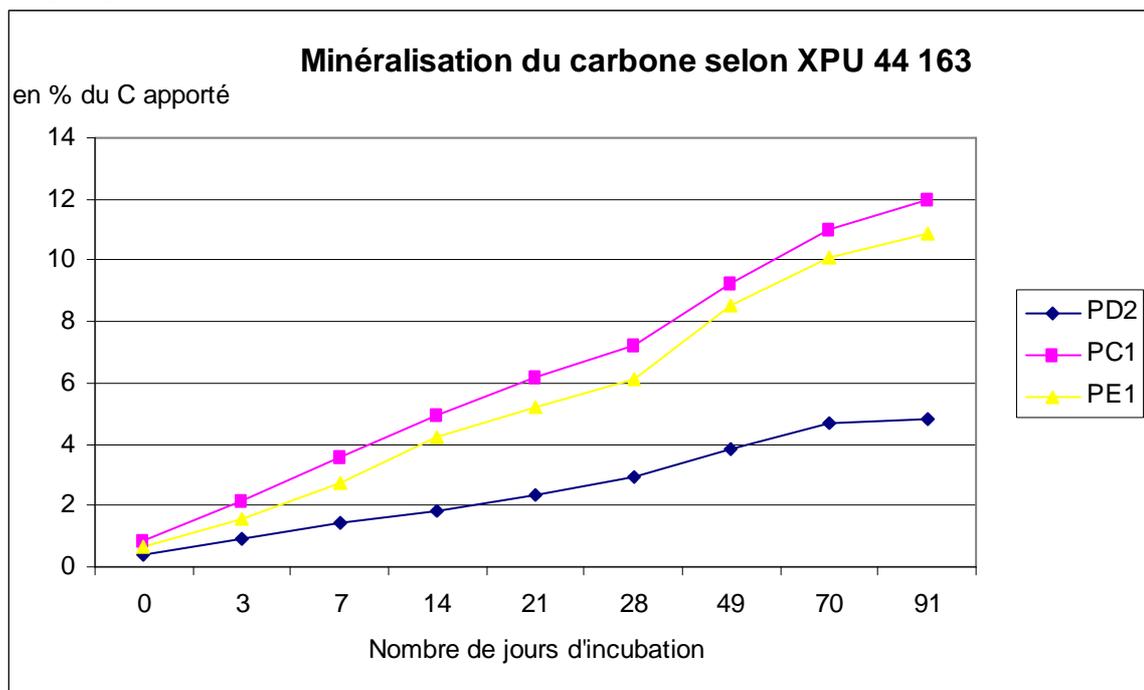
L'apport de soufre semble très important. (plus de 3 fois la dose témoin FB à 30 T/ha). Il importe de bien vérifier cette mesure avant de publier sur cette donnée.

Le phosphore est le facteur limitant de l'utilisation de ce produit. Dose conseillée : 20 T tous les 2 à 3 ans.

Graphique N°1



Graphique N°2



LES ISSUES DE CENTRIFUGATION DU LISIER DE PORC

A) Nature et origine du produit

- **Matières premières entrant dans la composition du produit** : fraction solide obtenue par centrifugation de lisier de porc, sans aucun autre ajout de produit (sauf PB3).
- **Echantillon(s) analysé(s)** :
15 échantillons ont été prélevés au cours de 3 périodes sur des sites de production situés dans le Finistère et en Côtes d'Armor.
 - Février 2004 : BJ22, PL29, FM29, LG29, PM22, MC22
 - Juin 2005 : PA1, PA2, PA3, PB1, PB2, PB3
 - Décembre 2005 : PA4, PA5, PB4
- **Autres données et références utilisées** :
 - Références ITP 2005
 - Références station expérimentale de Guernevez
 - Fertiliser autrement de 2001 (1)
 - Etude CRAB caractérisation 2002

Procédés de fabrication

La fraction solide fraîche issue de la centrifugation des lisiers de porcs est ensuite compostée et plus ou moins déshydratée, de façon la transformer en un produit plus stable et désodorisé. Les modes opératoires diffèrent d'un site à l'autre. Ils peuvent se classer en 3 familles de procédés :

- Séchage puis compostage : Les issues de centrifugation sont séchées sur tapis perforé ventilé pendant quelques jours, puis mis en andain sous abri, ce qui engage un phénomène de compostage. Durée : 4 à 5 mois
Echantillons correspondants : BJ22 et PA3 proviennent du même site, mais prélevés à un an d'intervalle.
- Compostage par retournement : Les issues de centrifugation sont directement mis en compostage, généralement sous forme d'andains. Ceux-ci sont aérés mécaniquement de différentes façons :
 - A l'aide d'une composteuse à axe horizontal : échantillon PM22
 - A l'aide d'un godet composteur : échantillon PA1
 - Par passage dans un épandeur : échantillon FN29
 - Par déplacement de l'andain au chargeur : échantillons LG29 et PA2 (même site de production), PA4, PL29, PA5.
Pour le produit PL29, une faible quantité d'un activateur de compostage (biologique sur support calcaire) a été ajouté au départ.

Nota : Le produit PA5 est issu d'un lisier d'un centre d'insémination comportant principalement des verrats. Il s'avère que le produit obtenu est plus humide et sensiblement différent des autres. Cet échantillon dont les résultats figurent en annexe ne sera pas repris pour l'établissement des moyennes.

- Compostage avec ventilation forcée : Les issues de centrifugation sont placées en caisson ventilé afin de favoriser les fermentations aérobies et aussi la déshydratation du produit. Après 3 semaines le produit est déplacé dans un second caisson ventilé ou il séjourne également 3 semaines. Il est ensuite mis en maturation en tas.

Echantillons correspondants : MC22, PB1, PB2, PB4, PB3

Nota : Le produit PB3 résulte d'un mélange initial d'issue de centrifugation de lisier et de broyats de déchets verts et de palettes. Après compostage en casier ventilé pendant 3 semaines, le mélange est criblé puis mis en maturation. Ce produit d'origine mixte sera par la suite examiné séparément des produits uniquement d'origine porcine.

B) Composition et caractéristiques du produit

1- Eléments majeurs

Tableau N°17

Produit n°	PB3	BJ22	PA3	PM	PL	LG	FM	PA1	PA2	PA4	PB1	PB2	MC22	PB4
Opérateur	APV	Armorique	Armorique	Gouessant	Coopagri	Picalys	LT	Coopagri	Picalys	APV	Valetec	Valetec	Valetec	Valetec
Année	1 2005	1 2004	2 / BJ22 2005	1 2004	1 2004	1 2004	1 2004	1 2005	2 / LG 2005	1 2006	1 2005	1 2005	1 2004	1 2006
Observations	Compostage avec bois + ventilation	séchage tapis + Compos	séchage tapis + Compos	compostage par composteuse	Compostage +activa+dépla	Compostage par dépla	bioséchage + matu	bioséchage + matu	bioséchage + matu	bioséchage + matu				
Composition MB	PB3	BJ22	PA3	PM	PL	LG	FM	PA1	PA2	PA4	PB1	PB2	MC22	PB4
en % sur	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
Matière sèche MS	58,3	46,2	55,4	43,7	56,5	47,6	42,9	43,5	46,7	40,2	45,5	49,3	65,2	52,4
Matière minérale MM	31,3	19,4	22,7	15,0	30,2	20,7	20,1	14,2	19,4	19,6	16,9	28,2	23,9	21,9
Matière organique MO	27,0	26,8	32,7	28,8	26,4	26,9	22,7	29,3	27,3	20,6	28,6	21,1	41,3	30,5
Carbone organique Corq	12,0	13,4	15,4	14,4	13,2	13,4	11,4	14,5	14,3	11,3	13,7	15,2	20,7	16,5
physico-chimique														
PH eau pH	8,4	8,4	8,3	6,9	7,2	8,4	6,9	7,8	8,0	8,1	7,1	7,7	8,1	8,7
C/N C/N	9,4	8,9	8,1	12,7	5,2	8,3	8,8	10,2	8,7	11,5	9,5	9,2	7,5	8,9
MO / Norg	10,0	13,0	8,9	17,3	8,0	11,2	12,8	11,2	9,3	12,0	10,0	10,0	14,2	9,4
Eléments fertilisants														
en g par kg de	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB
Azote total Nt	12,7	15	19,0	11,0	25,0	16,0	13,0	14,2	16,4	9,8	14,4	16,6	28	18,6
Azote organique Norg	12,0	10,3	17,4	8,3	16,4	12,0	8,9	12,9	15,3	9,4	13,7	15,2	14,6	17,5
Azote ammoniacal N-NH4	0,7	3,3	1,3	0,5	3,4	3,3	0,5	1,3	0,6	0,1	0,4	1,2	5,4	1,0
Azote nitrique N-NO3	0,0	0,1	0,0	2,5	4,9	0,1	3,7	0,1	0,5	0,5	0,2	0,0	5,8	0,0
Azote uréique	<1	1,3	<1	0,5	0,7	0,6	0,5	<1	<1	<1	<1	<1	1,8	<1
Phosphore P2O5	28,8	55	63,6	50	67	43	48	37,4	44,9	51,9	40,8	51,8	66	46,6
Potassium K2O	4,6	5,6	6,1	7,1	8,4	7,1	9,4	4,5	7,0	4,2	5,6	6,0	12	6,5
Calcium CaO	34,2	49	57,2	35	87	39	47	38,6	37,3	61,0	37,3	66,7	54	41,4
Magnésium MgO	15,9	30	30,2	23	32	27	27	19,4	26,6	19,6	21,3	36,0	37	35,1
Soufre SO3	6,1	8,2	11,2	8,8	20,0	9,3	9,4	8,0	9,7	6,7	9,0	7,8	17,0	8,5
somme N+P2O5+K2O	46,1	75,6	88,7	68,1	100,4	66,1	70,4	56,1	68,3	65,9	60,8	74,4	106,0	71,7
somme CaO + MgO	50	79	87	58	119	66	74	58	64	81	59	103	91	77

- Les 14 issues de centrifugation analysées ont été classées en 4 familles : (de gauche à droite du tableau)
- A) PB3. Cette issue est en fait différente de toutes les autres car dans le procédé de fabrication il y a incorporation de broyat de déchets verts puis tamisage. Même si le tamisage a éliminé une partie du déchet vert, ce dernier a apporté des éléments qui font que ce produit est différent des autres. On note en particulier que la teneur en phosphore est moindre (< 3%), mais aussi la somme N+P+K, ce qui semble résulter d'un effet dilution.

- B) BJ22 et PA3 Ces deux échantillons proviennent d'un même élevage mais ils ont été prélevés à plus d'un an d'intervalle. Le process est particulier car il y a séchage sur tapis avant compostage.
- C) La famille des 7 issues dont le process est un compostage par retournement des tas. LG29 et PA2 sont des échantillons prélevés dans un même élevage mais à plus d'un an d'intervalle.
- D) La famille des 4 issues dont le process est un compostage par ventilation forcée.
- Le coefficient de variation de la MS des deux familles : C) et D) de produits est de respectivement :11 et 16 %, ce qui est relativement peu.
- Au sein d'une même famille les variations des divers teneurs sur MB sont relativement élevées : Elles vont de 30% environ pour le N total et le K₂O et autour de 20% pour le P₂O₅. Sur matière sèche cette variabilité des teneurs est plus faible mais reste élevée tout de même (de 10 à 25% selon les éléments)
- Les formes d'N minéral sont essentiellement de l'ammoniaque. On remarque que MC22, FM et FL ont des formes d'azote nitrique et que BJ22 et MC ont des formes d'azote uréique.

Tableau N° 18 :
Valeurs sur MS

Produit n°	FB3	BJ22	PA3	FM	PL	LG	FM	PA1	PA2	PA4	PB1	PB2	MC22	PB4
Source, Auteur	APV	Armorique	Armorique	Gouessant	Coopagri	Pigalys	LT	Coopagri	Pigalys	APV	Valetec	Valetec	Valetec	Valetec
Nbre d'analyses (moyenne)	1	1	2/BJ22	1	1	1	1	1	2/LG	1	1	1	1	1
Année	2005	2004	2005	2004	2004	2004	2004	2005	2005	2006	2005	2005	2004	2006
Observations	Compostage avec bois + ventilation	séchage tapis + Compos	séchage tapis + Compos	compostage par composteuse	Compostage + activat + épila	Compostage par dépla	bioséchage e+matu	bioséchage e+matu	bioséchage e+matu	bioséchage +matu				
Composition en % sur	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
Matière sèche MS	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Matière minérale MM	53,7	42,0	41,0	34,3	53,5	43,5	46,9	32,6	41,5	48,8	37,1	57,2	36,7	41,8
Matière organique MO	46,3	58,0	59,0	65,9	46,7	56,5	52,9	67,4	58,5	51,2	62,9	42,8	63,3	58,2
Carbone organique Corg	20,6	29,0	27,8	33,0	23,4	28,2	26,6	33,3	30,6	28,1	30,1	30,8	31,7	31,5
physico-chimique														
PH'eau pH	8,4	8,4	8,3	6,9	7,2	8,4	6,9	7,8	8,0	8,1	7,1	7,7	8,1	8,7
CN CN	9,4	8,9	8,1	12,7	5,2	8,3	8,8	10,2	8,7	11,5	9,5	9,2	7,5	8,9
MO/Norg	10,0	13,0	8,9	17,3	8,0	11,2	12,8	11,2	9,3	12,0	10,0	10,0	14,2	9,4
Éléments fertilisants														
N°échantillon	FB3	BJ22	PA3	FM	PL	LG	FM	PA1	PA2	PA4	PB1	PB2	MC22	PB4
en g par kg de	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
Azote total Nt	21,8	32,5	34,3	25,2	44,2	33,6	30,3	32,6	35,1	24,4	31,6	33,7	42,9	35,5
Azote organique Norg	20,6	22,3	31,4	19,0	29,0	25,2	20,7	29,7	32,8	23,4	30,1	30,8	22,4	33,4
Azote ammoniacal NNH4	1,2	7,1	2,3	1,1	6,0	6,9	1,2	2,9	1,3	0,3	0,8	2,3	8,3	1,9
Azote nitrique NNOC3	0,1	0,2	0,1	5,6	8,7	0,3	8,7	0,3	1,1	1,3	0,5	0,1	9,0	0,1
Azote uréique	0,0	2,8	0,0	1,1	1,2	1,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0
Phosphore P2O5	49,4	119,0	114,8	114,4	118,6	90,3	111,9	86,0	96,1	129,1	89,7	105,1	101,2	88,9
Potassium K2O	7,9	12,1	10,9	16,2	14,9	14,9	21,9	10,3	14,9	10,5	12,3	12,2	18,4	12,4
Calcium CaO	58,7	106,1	103,2	80,1	154,0	81,9	109,6	88,7	79,9	151,7	82,0	135,3	82,8	79,0
Magnésium MgO	27,3	64,9	54,5	52,6	56,6	56,7	62,9	44,6	57,0	48,8	46,8	73,0	56,7	67,0
Soufre SO3	10,5	17,7	20,2	20,1	35,4	19,5	21,9	18,4	20,8	16,7	19,8	15,8	26,1	16,2
somme N+P2O5+K2O	79,1	163,6	160,0	155,8	177,7	138,9	164,1	128,9	146,1	164,0	133,6	150,9	162,6	136,9
somme CaO+MgO	85,9	171,0	157,8	132,7	210,6	138,7	172,5	133,3	136,8	200,5	128,8	208,3	139,6	146,0

- Le P₂O₅ est l'élément fertilisant le plus présent (près de 50 kg/T en moyenne). Il est même souvent plus présent que le CaO. Ces produits sont donc avant tout des engrais phosphatés.
8% du phosphore est en moyenne soluble dans l'eau et 93 % est soluble dans le citrate neutre.
La teneur en potasse est faible (7 kg/T en moyenne) . Cette dernière est soluble eau à 75 %.
La teneur en MgO est très élevée (2,8%). Plus élevée que la potasse. Cet élément devrait commercialement être mis en valeur.
- La forte teneur en matière sèche en fait des produits transportables sur de longues distances.

2- Phyto-disponibilité du phosphore

Un test de phyto-disponibilité du P₂O₅ a été réalisé sur l'échantillon **PA2** (Essais R 05-29 B et C : SADEF décembre 2005).

A été comparé, la croissance du RGI en pots dans un sol de limon neutre carencé en P₂O₅ (88 mg/kg JH) sur lequel a été apporté des fientes à 2 doses (70 kg et 140 kg de P₂O₅/ha), du fumier de bovin, une issue de centrifugation (PA2) et du super 18. Chaque modalité a été répété 3 fois.

Résultats : approche des CAU phosphore en % du P apporté
Tableau N°19

Produits	Traitements	CAU en % du P apporté
Sans engrais	Dose 0 (témoin)	
Super 18	Dose 70 kg/ha	38%
Super 18	Dose 140 kg/ha	49%
Fumier de bovin (T1)	Dose 70 kg/ha	29%
Fientes (VA2)	Dose 70 kg/ha	21%
Fientes (VA2)	Dose 140 kg/ha	38%
Issus de centrifugation (PA2)	Dose 70 kg/ha	28%
Issus de centrifugation (PA2)	Dose 140 kg/ha	32%

Même si la pertinence de ces résultats pour définir un réel CAU (manque de points intermédiaires, essai en pots et non au champ..) doit être critiquée, ce test fait ressortir des différences intéressantes.

- La phyto-disponibilité augmente avec les doses croissantes
- A dose de 70 kg/ha, l'issue de centrifugation à une phyto-disponibilité égale à un fumier de bovin et supérieur à une fiente. Elle est de 74 % pour l'issue de centrifugation. vis à vis d'un super 18.
- A dose de 140 kg/ha, la fiente à une phyto-disponibilité plus élevée que l'issue de centrifugation. Elle est de 65% pour l'issue de centrifugation. vis à vis d'un super 18
- Ces références sont un peu plus faibles que celle de la bibliographie (COMIFER : 0.85 % pour les lisiers de porc) Le compostage baissant la bio-disponibilité du phosphore, ces résultats sont cohérents.
- Les dernières références de l'INRA (Bordeaux) permettent de préconiser que : « dans les situations avec apports réguliers de produits organiques, la totalité du phosphore provenant de ces produits doit être prise en compte ».

3- Eléments Traces Métalliques (ETM)

Les 15 échantillons analysés nous montrent que ces issues sont largement en dessous des seuils ETM de la norme NFU 44 051 (de facteur 10 à 20) pour les polluants comme l'As, le Cd, Mais par contre 6 produits sur 14 dépassent le seuil de cette norme pour le Cu et 11 produits sur 14 dépassent le seuil pour le Zn.

Cependant, ces seuils ne sont pas applicables à ces produits car ce ne sont pas de amendement organiques au sens de la norme NFU 44051, mais des engrais organiques qui s'utilisent à des doses par ha bien moindres.

En terme de flux, sur la base d'un apport correspondant à 200-210 kg de P₂O₅ tous les 3 ans (soit environ 4 t de produit / ha tous les 3 ans), les flux limites figurant dans la norme NFU 44051 sont respectés pour tous les produits. En moyenne, le flux sur 10 ans est de 23% du flux maximal pour Cu et de 20% pour Zn.

4- Inertes (XPU 44 164)

Aucun des 15 échantillons n'ont été analysés car les références existantes par ailleurs sur cette déjection nous montre qu'elle est conforme aux critères de la norme amendement organique.

5- Agents pathogènes

Module d'analyses réalisées de type : engrais organique.

La norme engrais NFU 42 001 n'impose pas de critère d'innocuité à ce jours. Il importe cependant de se poser la question de savoir dans quelle mesure ces produits seraient conforme ou non à un règlement existant. Nous avons choisi de les comparer aux critères à respecter dans les demandes d'homologation de produits et du règlement CE n° 1774/2002, relatif à la gestion des sous produits animaux.

Critères d'homologation (grandes cultures). Conformité = O, Non conformité = N

Tableau N°20

	BJ22	MC22	PM22	PL29	LG29	FM29	PA1	PA2	PA3	PA4	PB1	PB2	PB4
Entérocoque	O	O	O	O	N	O	N	O	O	O	O	N	O
E Coli	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Clostridium Perf.	N	O	N	O	N	N	N	O	N	N	N	N	O
Salmonella	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Staphylococcus	O	O	O	O	O	O	O	N	O	O	O	O	N
Listéria							O	O	O	O	O	O	O
Levures (conf aspergillus)	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Nématodes (œufs)	O	O	N	O	O	O	O	O	O	N	O	O	O
Nématodes (larves)	O	O	N	O	O	N	O	O	O	N	O	O	O

- **PA4** : existence d'œufs d'helminthe viables dans 1.5 g, mais pas de détection de nématodes phytopathogènes. Sur l'échantillon PA4 a également été pratiqué des détections de présence ou non d'espèces de nématodes et de champignons selon les recommandations des analyses à effectuer (cf dossier de demande d'homologation) en cas de présence de larves. Rapport d'analyse N° E 2 006.BR5.00059-B/1 et N° E.2006.BR5.00059-A/1 de LNPV Unité de nématologie du Rheu (35 327). Il n'a pas été repéré de présence de ces parasites analysés.
- **PB4** : recherche mais non détecté : d'Aphanomyces euteiches, Phytophthora cinnamoni, Phythium spp, Thielaviopsis, et Ralstonia.
- **PB3** : le module « amendement organique » (avec Listéria) a été appliqué du fait de ses caractéristiques. Agents pathogènes : absence d'œufs d'helminthe et de salmonelles. Indicateurs de traitement (E coli et Entérocoques) : conformité pour les indicateurs de traitement.
- En absence de seuil pour les engrais on peut se baser pour comparer ces produits sur le **Règlement européen (CE) 1774/2002** établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine, et modifié par le Règlement (CE) 208/2006,

Nous remarquons que pour les produits compostés visés par le règlement, sur un seul et même site, ils doivent satisfaire en fin de traitement aux exigences :

Escherichia coli : $n = 5$, $c = 1$, $m = 1000$, $M = 5000$ dans 1 g . Les issues de centrifugation. sont donc conformes sur ce critère.

→ ou *Enterococcaceae* : $n = 5$, $c = 1$, $m = 1000$, $M = 5000$ dans 1 g. Les issues de centrifugation. ne sont pas conformes car sur les 13 analyses, seules 3 sont inférieurs à 1 000 dans 1 g et 1 à plus de 25 000.

→ et *Salmonelles* : absence dans 25 g : $n = 5$; $c = 0$; $m = 0$; $M = 0$. Les issues de centrifugation. sont conformes sur ce critère.

Avec :

n = le nombre d'échantillons à tester

m = la valeur-seuil pour le nombre de bactéries. Le résultat est considéré comme satisfaisant si le nombre de bactéries dans la totalité des échantillons n'excède pas m

M = la valeur maximale du nombre de bactéries. Le résultat est considéré comme non satisfaisant si le nombre de bactéries dans un ou plusieurs échantillons est égal ou supérieur à M

c = le nombre d'échantillons dans lesquels le nombre de bactéries peut se situer entre m et M , l'échantillon étant toujours considéré comme acceptable si le nombre de bactéries dans les autres échantillons est égal ou inférieur à m .

Note : ce règlement précise qu'il importe de disposer de 5 échantillons pour chaque lots ce qui n'est pas le cas ici.

6- Phytotoxicité du compost d'issues de centrifugation (NORME A PARAITRE : XPU 44 167)

Essais SADEF N° S 05-29-1

Le test sur l'échantillon **PA2** ne fait apparaître aucune phytotoxicité sur la germination et la croissance de l'orge et du cresson même à des doses de 105 T/ha. Au contraire ce test met en évidence l'effet positif, sur ces deux cultures, des doses croissantes d'apport.

7- Caractérisation biochimique de la matière organique (XPU 44 162)

Trois de ces produits ont été analysés

Tableau N°21

	PA2	PB2	PB3 (avec apport de carbone)
ISB	0,94	0.45	0.44
Tr/MB	161 kg/T	70 kg/T	108 kg/T
Tr/MO	58,8 %	33,2 %	39.9 %

- **PA2** : Produit de type **amendement organique** avec un potentiel d'humus stable moyen pour ce type de produit (cf : commentaires SADEF)
- **PB2** : Produit **riche en matières minérales** avec un potentiel d'humus stable moyen pour ce type de produit (cf : commentaires SADEF)
- **PB3** : Produit **riche en matières minérales** avec un potentiel d'humus stable élevé pour ce type de produit (cf : commentaires SADEF)
- Les caractérisations biochimiques de la matière organique de produits provenant des élevages de porc doivent toujours être prises avec beaucoup de précaution. En effet nous savons qu'un biais expérimental existe pour les produits contenant des soies de porc. Ces soies élèveraient artificiellement l'indice ISB (cas de PA2 ?)
- De ce fait nous resterons prudents sur l'interprétation de ces données. PB2 et PB3 nous paraissent cohérents. PA2 nous paraît incohérent.

8- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 50)

Minéralisation de l'azote (en % de l'N total du produit)

Tableau N°22

	PA2	PA4	PB2	PB3	PB4
Azote disponible à court terme	7,4 %	8 %	8 %	5 %	5,6 %
Azote disponible à moyen terme	31 %	12 %	38 %	21 %	23 %
Azote disponible à long terme	62 %	80 %	54 %	75 %	72 %

- Ces produits présentent donc des pourcentages d'N minéralisable rapidement (= court terme + moyen terme), de 30% environ.
- **PB3** malgré un processus différent ne présente pas de vitesse de minéralisation de l'azote différente des autres.
- Aucun de 5 produits n'a présenté de phase de réorganisation de l'azote.
- Du fait qu'ils ont tous des rapports Norg/Ntot de 80 % environ, qu'ils ont un C/N de 9 et qu'ils ont une vitesse de minéralisation de 30 % de l'N total, à défaut d'un CAU vérifié au champ, nous avancerons que le coefficient d'équivalence engrais de l'azote pour les issues de centrifugation doit être proche d'un fumier de bovin.(25 % sur maïs)

Les Minéralisation du carbone : PA2 : 11 % du carbone minéralisé en 91 jours
PB2 : 16 % du carbone minéralisé en 91 jours
PB3 : 9 % du carbone minéralisé en 91 jours.

Les issues de centrifugation sont donc des produit stables dans le sol qui n'évoluent pas rapidement.

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

- Mis à part le cas particulier de PA5, (cf annexes) les teneurs en MS sont toutes supérieurs à 40 % (critère normatif de la NFU 42001 révisée en date de l'été 2006).
- Les teneurs en N tot sont > à 1,5% sur MB dans le procédé de séchage avec tapis. Dans le cas du bio-séchage un seul échantillon à une teneur un peu faible en lien avec une teneur en MS acceptable (> à 40%) mais pas élevée. Dans le cas des process à base de retournement, 3 échantillons sur 7 présentent des teneurs faibles(<1,5%) malgré des teneurs en MS, soit peu élevées, mais acceptables tout de même.(>40%) Un travail sur les process est à prévoir pour améliorer ce point.
- Mis à part pour PB3 qui est un cas particulier du fait de l'ajout de carbone, tous ces échantillons ont leur teneur en P_2O_5 qui sont > à 3 % sur MB. Ils ne peuvent donc pas prétendre être des amendements organiques.
- Seul, PB3 pourrait bénéficier de la norme NFU 44051 sur les critères agronomiques car aucun de ses éléments majeurs ne dépassent les 3 % sur MB et N+P+K est < à 7 % et de plus sa teneur en MO/MB est > à 20 %.
- La teneur en N est le facteur le plus discriminant pour que ces produits soient conformes à la norme NFU 42 001 révisée, plus que la teneur en MS.
- Pour les critères microbiologiques, le Clostridium est décelé très fréquemment et certains produits contiennent des Staphylococcus et des nématodes.

La teneur en Zn de ces produits est toujours élevée. Elle risque d'évoluer à la baisse dans l'avenir. Faut il la mettre en avant en tant qu'apport d'oligo-éléments ?

La Le C/N est presque toujours > à 8. Ils devraient donc être classés en type I dans le cadre de la directive nitrate.

Commentaires sur la valeur fertilisante et son usage agronomique

Ce produit est de type engrais organique dont l'intérêt premier est l'apport d'éléments fertilisants et en particulier le phosphore.

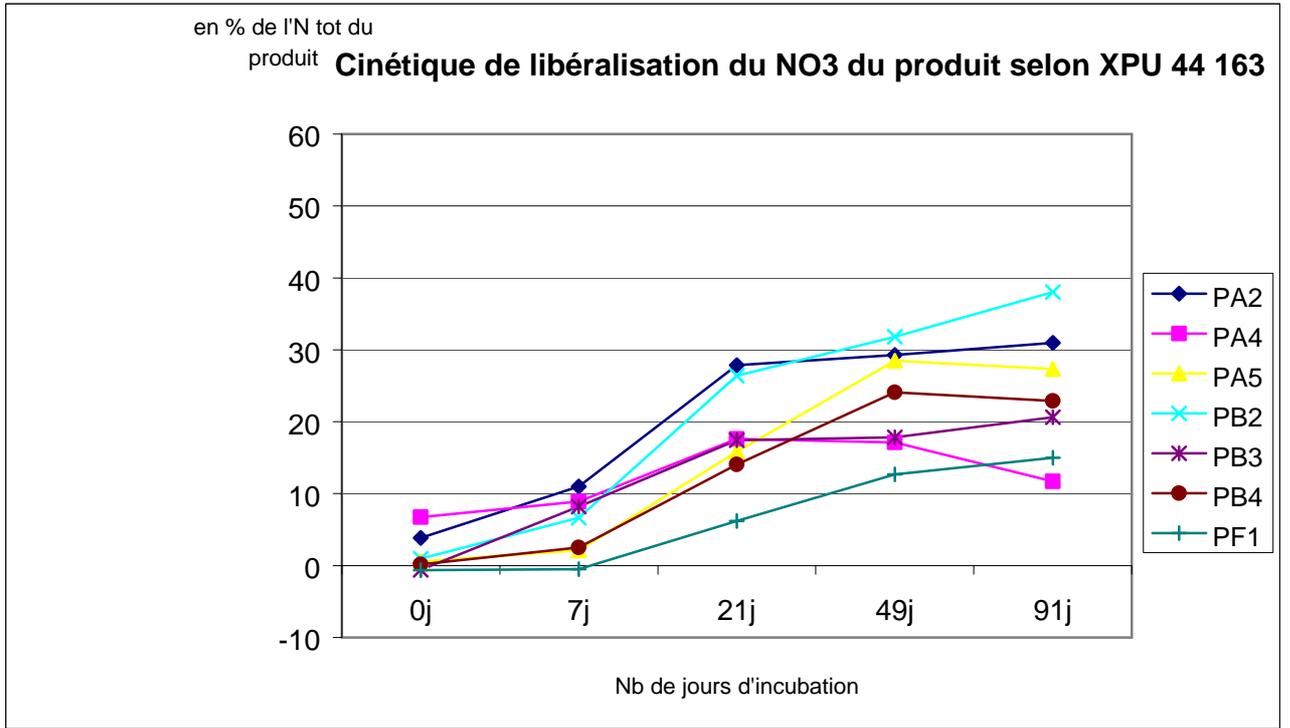
Comparaison de composts d'issues de centrifugation de lisier de porc avec des fientes de volailles.

Tableau N°23

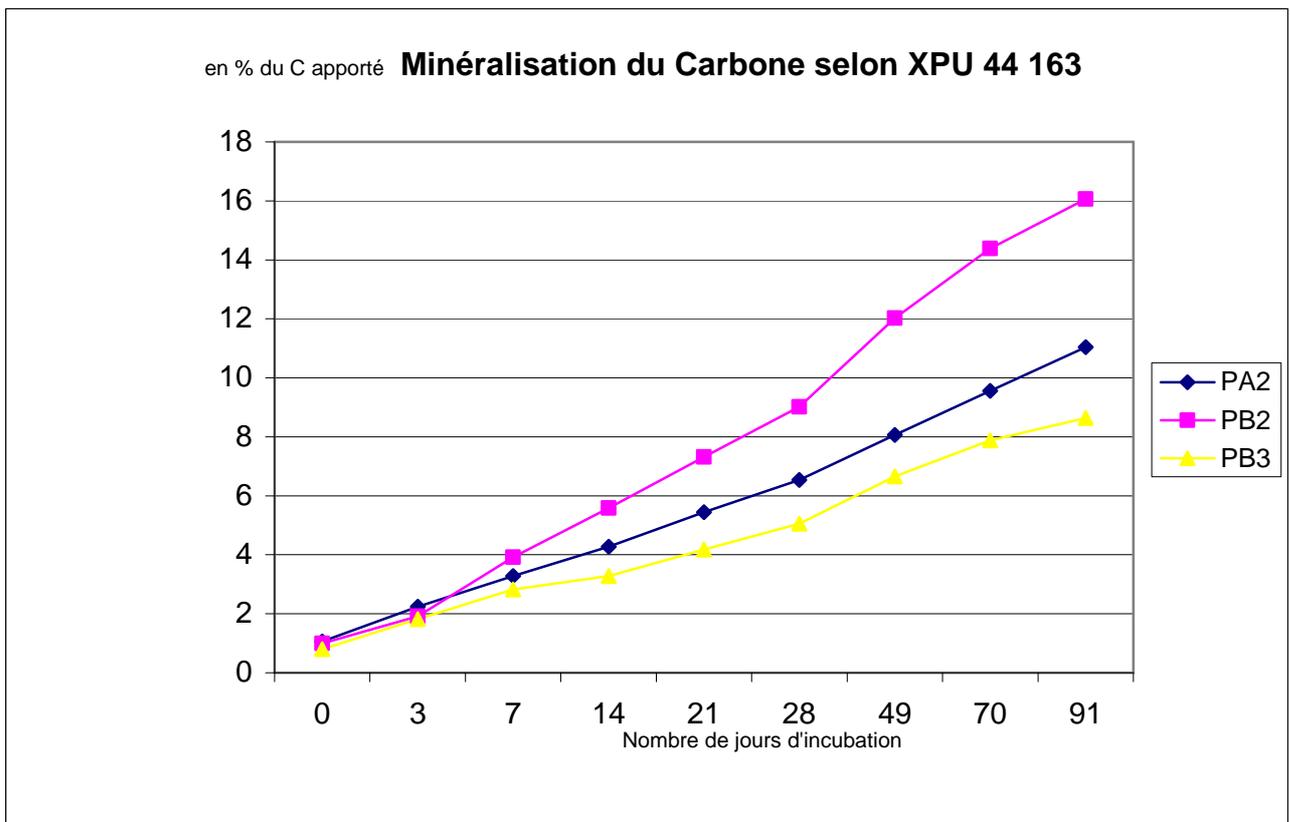
	Issues de centrifugation compostés, moyenne des 14 échantillons Dose : 4 T/ha (environ 60 kg/N/ha)	Fientes de volaille Dose : 4 T/ha (environ 170 kg/N/ha)	Commentaires sur une comparaison entre la fiente de volaille et les issues de centrifugation. compostés.
Matière organique MO stable (selon Tr/MO)	1 T /ha 0,35 T/ha	2,3 T /ha 0,4 T/ha	L'apport organique des fientes à même dose sera plus élevée, mais comme les formes du carbone organique des fientes sont moins stables, l'apport « d'humus » sera équivalent. et dans les 2 cas faible
Azote total	60 kg/ha	160 kg/ha	Les vitesses de minéralisation de l'N des fientes sont 2 à 3 fois plus élevées que pour les issues de centrifugation..
Phosphore	200 kg/ha	120 kg/ha	Les doses sont élevées. Dans les 2 cas il importe de conseiller des apports une année sur 2 ou 3
Potassium	30 kg/ha	112 kg/ha	L'apport de K est très faible par les issues de centrifugation.
Calcium	190 kg/ha	320 kg/ha	Apport de CaO non négligeable dans les 2 cas
Magnésium	100 kg/ha	40 kg/ha	Apport de MgO non négligeable par les issues de centrifugation.
Soufre	40 kg/ha	60 kg/ha	

- L'apport de 4T/ha d'issues de centrifugation. apporte à peine 15 unités d'N efficace (cf chapitre au dessus) sur maïs, mais 200 kg de phosphore total.
- L'effet fertilisant azoté de ce produit est donc faible à cette dose,. Sous réserve des dispositifs de la directive nitrate ce produit est agronomiquement épandable toute l'année.
- L'effet organique sur la structure et la vie du sol sera sûrement faible vu les doses apportées et la stabilité du produit. (cf. conclusions)
- L'apport de CaO et surtout de MgO seront à mettre en avant, avant l'apport de K₂O.
- L'effet phosphore sera donc le seul, pour ainsi dire, à être pris en compte dans la décision d'apport.
- Avec un coefficient d'au moins 65 % l'apport de 200 kg de P₂O₅ donnera environ 130 à 150 kg de phosphore assimilable au même titre qu'un super 45.
- Compte tenu des exportations des cultures (60 à 80 kg en moyenne pour les grandes cultures) la dose pivot pour ces produits sera donc de 4 T/ha tous les deux ans r.
- Sa teneur élevée en P₂O₅ limite son intérêt en sol bien pourvu et en cultures légumières peu consommatrices de phosphore.
- Il garde une très grande pertinence dans les sols un peu carencé en P₂O₅ surtout à la dose de 4 à 5 T/ha

Graphique N°3



Graphique N°4



LE DESHYDRATE DE LISIER DE PORC

A) Nature et origine du produit

- Matières premières entrant dans la composition du produit : lisier de porc de post sevrage et d'engraissement.
- Echantillon analysé :
 - L'échantillon **PF1** a été prélevé en décembre 2005 dans la Manche
 - C'est un produit nouveau qui ne dispose pas d'autres références.

Procédé de fabrication

Le procédé comporte deux phases :

- Le lisier prélevé en fosse sous les animaux est déshydraté en deux étapes (épaississement puis séchage) à l'aide de dispositifs ventilés par l'air des porcheries.
- Le produit ainsi obtenu qui se présente sous forme de boulettes est ensuite stocké en tas sous hangar pendant 2 mois. La fermentation conduit à une élévation de température comparable à un compostage.

B) Composition et caractéristiques du produit

Les résultats détaillés sur MS et MB figurent dans les tableaux en annexe.

1- Eléments majeurs

Tableau N°24

PF1 : Principaux éléments/ MB	Observations	Moyenne des issus de centrifugation	Comparaison avec les autres produits
MS : 70 %	Teneur en MS élevée	MS : 48 %	La teneur en matière sèche de PF1 est la plus élevée de tous les co-produits issus du traitement du lisier de porc
MO : 47,3 %	Forte teneur en MO (près de 50 %)	MO : 27 %	Ramené à la même matière sèche, PF1 a une teneur plus élevée que les issus de centrifugation. Ceci est normal car il n'y a pas eu de perte en cours de compostage.
N total : 24,3 kg/T dont N orga. 23,1 kg/T C/N = 10	Teneur en azote élevée (> 2 %) L'azote est organique à plus de 95 %. La fraction ammoniacale du lisier n'est pas présente dans ce produit.	N total : 16 kg/T dont N orga : 13 kg/T C/N = 9	PF1 présente une très bonne teneur en N qui pourra être valorisée en tant que produit à exporter. Il est étonnant de ne plus voir de forme ammoniacale.
P ₂ O ₅ : 40,3 kg/T dont : 22,1 kg/T soluble citrate neutre dont : 1,35 kg/T soluble eau	Forte teneur en P ₂ O ₅ (4%) La solubilité est moyenne et inférieure à celle mesurée pour d'autres produits.	P ₂ O ₅ : 49 kg/T dont : 48 kg/T soluble citrate neutre dont : 4 kg/T soluble eau	Les teneurs en P ₂ O ₅ sont plus faibles surtout sur MS.
K ₂ O : 49,1 kg/T dont 18,6 kg/T soluble eau	Forte teneur en K ₂ O (5%). La solubilité à l'eau du K ₂ O est moyenne. (65 %)	K ₂ O : 8 kg/T	PF1 a une très bonne teneur en K ₂ O. Ce dernier pourra être valorisé commercialement.
CaO : 39,6 kg/T MgO : 19,6 kg/T	Teneurs élevées en CaO et en MgO	CaO : 48 kg/T MgO : 27 kg/T	
SO ₃ : 14,9 kg/T	Bonne teneur	SO ₃ : 10 kg/T	

- Avec un seul échantillon il est difficile de généraliser sur l'efficacité agronomique des produits issus de ce process. Par contre cet échantillon présente une teneur intéressante en azote (uniquement sous forme organique !) et une très bonne teneur en K_2O .
- Dans un lisier l'N est ammoniacale à 60% environ (Ziegler). Dans ce déshydraté la fraction organique est de 95 %. Comment expliquer cette différence avec un procédé de déshydratation ?
- Par contre la solubilité du phosphore est moindre comparé aux autres produits d'origine porcine. Il importe de vérifier sur d'autres échantillons cet aspect du produit avant toute affirmation. Pour discriminer le process vis à vis des autres, sur la base d'analyse produit, il importe de disposer d'un nombre plus important d'échantillons.
- La forte teneur en matière sèche en fait un produit très transportable sur de longues distances.

2- Eléments Traces Métalliques (ETM)

Si l'on se réfère aux critères de la norme NFU 44051, bien que ce produit ne soit pas un amendement mais un engrais, l'échantillon analysé nous montrent que ce déshydraté est largement en dessous des seuils ETM de la norme amendement (de facteur 10 à 20) pour les polluants comme l'As, le Cd, ... Pour ce qui est des teneurs en Cu et Zn, les valeurs limites sur MO sont respectées, ce qui n'est pas le cas vis à vis de la MS. (respectivement : 303, et 780 mg/kg de MS).

3- Inertes (XPU 44 164)

L'échantillon n'a pas été analysé car les références existantes par ailleurs sur cette déjection nous montre qu'elle est conforme aux critères de la norme amendement organique.

4- Agents pathogènes

Module d'analyses réalisées de type : engrais organique.

La norme engrais NFU 42 001 n'impose pas de critère d'innocuité à ce jours. Il importe cependant de se poser la question de savoir dans quelle mesure ces produits seraient conformes ou non à un règlement existant. Nous avons choisi de les comparer aux critères d'homologation.

Critères d'homologation (grandes culture) Conformité = O, Non conformité = N

Tableau N°25

	PF1
Entérocoque	O
E Coli	O
Clostridium Perf.	N
Salmonella	O
Staphylococcus	O
Levures (conf aspergillus)	O
Listéria	O
Nématodes (œufs)	O
Nématodes (larves)	O

→ PF1 Clostridium : 100 estimé par g ce qui est très bas.

5- Caractérisation biochimique de la matière organique (XPU 44 162)

Ces produits n'ont pas été analysés

6- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 50)

- **Minéralisation de l'azote** (en % de l'N total du produit)

Tableau N°26

	PF2	Issus de centrifugation. (moyenne)
Azote disponible à court terme	7 %	6,5 %
Azote disponible à moyen terme	15 %	25,5 %
Azote disponible à long terme	78 %	68 %

- Ce produit présente donc un pourcentage d'N minéralisable à court et moyen terme faible et moindre encore que les issues de centrifugation de lisier. Il est du même ordre de grandeur que le compost de fumier de bovin. Cela donnerait donc un coefficient d'équivalence engrais de l'N sur maïs de 10 à 15 % environ.
- Minéralisation du carbone : ce produit n'a pas été analysé.

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

Ce produit est conforme à la norme NFU 42 001 (Dénomination : Engrais organique NPK).

Le C/N est > à 8. Il devrait donc être du type I dans le cadre du classement de la directive nitrate.

C) Commentaires sur la valeur fertilisante et son usage agronomique

Ce produit est plutôt de type engrais organique dont l'intérêt premier est l'apport d'éléments fertilisants.

Comparaison déshydraté de lisier de porc de porc avec les fientes de volaille

Tableau N°27

	Déshydraté de lisier Dose 4 T/ha	Fientes de volaille Dose : 4 T/ha	Commentaires sur une comparaison entre la fiente de volaille sèche et le déshydraté
Matière organique	1,8 T/ha	2,3 T/ha	Doses de MO comparables
Azote total	100 kg/ha	160 kg/ha	Les vitesses de minéralisation de l'N des fientes sont plus élevées que pour le déshydraté. L'effet fertilisant N sera donc beaucoup plus élevé avec les fientes.
Phosphore	160 kg/ha	120 kg/ha	Les doses sont élevées. Dans les 2 cas il importe de conseiller des apports une année sur 2 ou 3. Mais comme les coefficients d'efficacité du déshydraté semblent plus faibles (voir solubilisation) la dose efficace ne doit pas être au final très différente.
Potassium	190 kg/ha	112 kg/ha	L'apport de K ₂ O est important dans le cas du déshydraté.
Calcium	160 kg/ha	320 kg/ha	Apport de CaO non négligeable dans les 2 cas
Magnésium	80 kg/ha	40 kg/ha	Apport de MgO non négligeable par le déshydraté
Soufre	60 kg/ha	60 kg/ha	

- A dose égale, le déshydraté de lisier de porc apporte, un peu plus de P, K et Mg qu'une fiente déshydratée et un peu moins de MO, N et Ca
- Concernant l'azote, la faible part minéralisable rapidement en fait un engrais bien différent des fientes. Le déshydraté devra se mettre sur le créneau des engrais organiques à efficacité lente de l'azote. (Note : Le Guano a un potentiel de libéralisation de l'azote le plus élevé de tous les engrais organiques (90 % d'N efficace au moins)).
- Les apports de CaO et de K₂O sont incontestablement à mettre en avant en plus de l'effet fertilisant azoté et potassique. A cette dose de 4 T/ha, ils couvrent tout ou partie des lessivages et des exportations des cultures en K₂O, CaO et MgO.
- Sa teneur élevée en P₂O₅ limite son intérêt en sol riche et en cultures légumières peu consommatrices de phosphore.
Il garde une très grande pertinence dans les sols un peu carencés en P₂O₅ surtout à la dose de 4 T/ha (160 kg de P₂O₅ environ)
En grandes cultures, la dose pivot d'apport dans une terre normalement pourvue est donc de 4 T/ha tous les 2 à 3 ans car l'exportation en phosphore des grandes cultures est d'environ de 60 à 80 kg/ha.
- La solubilité à l'eau de la potasse est de 65 %. Elle est du même niveau que pour les fientes.
Pour mémoire, pour les fumiers de volailles elle est de 80 % et pour les produits urbains elle est de 30 à 50 %
- L'intérêt de ce produit est donc bien avant tout de fertiliser les cultures en P et K mais aussi en Ca et Mg avec un petit effet azoté à prendre en compte.
- A dose agronomique l'apport de soufre de ce déshydraté est peu différent des fientes mais aussi du fumier de bovin (soit 60/70 kg/ha/apport)
- Bien que riche en MO, à la dose de 4 t/ha, l'apport de MO reste modeste. Par rapport à l'engrais minéral, l'apport organique est sûrement un plus pour la vie du sol mais nous ne pouvons pas le quantifier.

3) LES PRODUITS VOLAILLES

Les fientes de volailles

Les fientes de volailles avec litière

- **Fumier de dinde avec copeaux (composté)**
- **Fumier de poulette avec paille (composté)**
- **Fumier de poulet ou de dinde avec paille (composté)**

LES FIENTES SECHES DE VOLAILLES

(POULES PONDEUSES)

A - Nature et origine du produit

- Matières premières entrant dans la composition du produit : Fientes de poules pondeuses élevées en cages
- **Echantillon(s) analysé(s) :**
 - L'échantillon VA1 a été prélevé en juin 2005 dans le Morbihan
 - L'échantillon VA2 a été prélevé en juin 2005 dans les Côtes d'Armor
 - L'échantillon VB1 a été prélevé en juin 2005 dans les Côtes d'Armor
 - L'échantillon VB2 a été prélevé en juin 2005 dans le Finistère
 - L'échantillon VC1 a été prélevé en juin 2005 dans le Morbihan
 - L'échantillon VC2 a été prélevé en juin 2005 dans les Côtes d'Armor
- **Autres données et références utilisées :**
 - Références ITAVI et UCA
 - Fertiliser autrement de 2001 (1)
 - Guide des matières organiques ITAB 2001(2)
 - Rapport SADEF/ADEME

Procédé(s) de fabrication

- Les procédés de séchage mis en oeuvre sur les 6 sites sont de type :
 - VA1 et VA2 :** Collecte des fientes sur tapis à bandes perforées(1 jour)
Séchage en tunnel (3 jours) (VA2 avec 4 turbines). Cela permet de passer les fientes de 20 % de MS à 75 % de MS
Stockage en bâtiment pendant quelques jours (VA1 : 1 mois) ou quelques mois (VA2 : 4 mois)
 - VB1 et VB2 :** Séchoir SECONOV®
Mélange de fientes fra⁵³ des fientes déjà séchées puis étalement du mélange dans une cellule à rond perforé.
Broyage des fientes avec broyeur à marteau.
Granulation (montée en température : 60/70°C pendant 2 minutes)
Les 2 échantillons ont 24 à 36 heures entre la production par la poule et le prélèvement.
 - VC1 :** Tapis ventilé (3 jours)
Stockage en andains dans un bâtiment ventilé, 1 an de stockage
 - VC2 :** En fosse sous le bâtiment (15 jours)
Déplacement en fumière
Séchage par tapis répartiteur sous la fumière (6 mois de stockage)

B - Composition et caractéristiques du produit

Les résultats détaillés sur MS et MB figurent dans les tableaux en annexe.

1- Eléments majeurs

Tableau N°28

VA1 : Principaux éléments/ MB	VA2 : Principaux éléments/ MB	VB1 : Principaux éléments/ MB	VB2 : Principaux éléments/ MB	VC1 : Principaux éléments/ MB	VC2 : Principaux éléments/ MB	Moyenne des 6	Observations
MS : 93,2 %	MS : 76,5 %	MS : 85 %	MS : 79,5 %	MS : 80,8 %	MS : 83,8 %	MS : 83 %	Teneur en MS bonne pour des fientes sèches Un lot est un peu humide (VA2) voir (VB2)
MO : 69,2 %	MO : 53,8 %	MO : 62,5 %	MO : 58,1%	MO : 55,9 %	MO : 49,3 %	MO : 58,1%	Teneur en MO bonne (+ 50 %)
N total 55,7 kg/T	N total 36,2 kg/T	N total 38,4 kg/T	N total 45,4 kg/T	N total 38, kg/T	N total 37,3 kg/T	N total: 41,8 kg/T	Teneur en azote élevée (> 3,6 %) L'azote est organique à plus de 90%. La fraction ammoniacale est faible (5%) VA1 à une teneur en N plus élevée du fait de sa teneur en MS
dont N organique 53,1 kg/T	dont N organique 32,8 kg/T	dont N organique 36,2 kg/T	dont N organique 43,7 kg/T	dont N organique 34,8 kg/T	dont N organique 35 kg/T	dont N organique 39,2 kg/T	
C/N = 5,5	C/N = 6,2	C/N = 7,5	C/N = 5,7	C/N = 6,7	C/N = 6,8	C/N = 6,4	
P ₂ O ₅ : 30,8 kg/T dont 30,8 kg/T soluble citrate neutre dont 3,5 kg/T soluble eau	P ₂ O ₅ : 31,9 kg/T Dont : 28,5 kg/T soluble citrate neutre dont : 2,4 kg/T soluble eau	P ₂ O ₅ : 29,3 kg/T	P ₂ O ₅ : 28,4 kg/T	P ₂ O ₅ : 37,9 kg/T	P ₂ O ₅ : 40,2 kg/T	P ₂ O ₅ : 33 kg/T	La solubilité, au citrate neutre est de 90% à 100% et la fraction soluble eau représente 7 à 11% de l'N total Le P ₂ O ₅ de ce produit est donc assez disponible
K ₂ O : 31,1 kg/T dont 20,5 kg/T soluble eau	K ₂ O : 28,1 kg/T dont 18,5 kg/T soluble eau	K ₂ O : 25,3 kg/T	K ₂ O : 23,8 kg/T	K ₂ O : 30,8 kg/T	K ₂ O : 34,1 kg/T	K ₂ O : 28,8 kg/T	La solubilité à l'eau du K ₂ O est moyenne. (65 %)
CaO : 86,2 kg/T MgO 8,9 kg/T	CaO : 81,1 kg/T MgO : 9 kg/T /T	CaO : 83,4 kg/T MgO 8,5 kg/T	CaO : 74,5 kg/T MgO 11,1 kg/T	CaO : 74,5 kg MgO 10,1 Kg/t	CaO : 103 kg/T MgO : 22,8 Kg/t	CaO : 83,7 kg/T MgO : 11,7 kg/T	Teneurs élevées en CaO VC2 a une teneur en MgO double des autres
SO ₃ : 10,1 kg/T	SO ₃ : 12 kg/T	SO ₃ : 10,7 kg/T	SO ₃ : 9,4 kg/T	SO ₃ : 11,1 kg/T	SO ₃ : 16,2 kg/T	SO ₃ : 15,6 kg/T	Bonne teneur

- Les formes d'N minéral sont essentiellement de l'ammoniacale. VC1 et VC2 présentent des traces d'N nitrique (0.03 et 0.07 mg/kg) et VA1 et VA2 présentent des formes d'N uréique (1.4 et 1.2 g/kg)
- Les échantillons analysés apparaissent être représentatifs des fientes sèches fabriquées en Bretagne En effet ces données sont assez conformes aux références existantes.
- Comme les coefficients de variation entre ces 6 produits restent peu élevés sur MS (8 % MO, 13 % N total, 15 % P et K, 10% pour le CaO), nous pouvons avancer que les fientes de ces 4 procédés de transformation sont en moyenne d'une même composition. Et donc que les variations avancées sont dues, à la variabilité normale pour ce type de produits et la teneur en MS.

- Les différentes techniques de déshydratation des fientes utilisées donnent donc au final des produits comparables. Pour discriminer les process sur la base d'analyse produit, il importe de disposer d'un nombre plus important d'échantillons.
- La forte teneur en matière sèche en fait un produit transportable.

2- Phyto-disponibilité du phosphore

Un test de phyto-disponibilité du P_2O_5 a été réalisé sur l'échantillon VA2 (Essais R 05-29 B et C : SADEF décembre 2005)

A été comparé, la croissance du RGI en pots dans un sol de limon neutre carencé en P_2O_5 (88 mg/kg JH) sur lequel a été apporté des fientes à 2 doses (70 kg et 140 kg de P_2O_5 /ha), du fumier de bovin, une issue de centrifugation et du super 18 comme témoins. Chaque modalité a été répétée 3 fois.

Résultats : approche des CAU phosphore en % du P apporté
Tableau N°29

Produits	Traitements	CAU en % du P apporté
Sans engrais	Dose 0 (témoin)	
Super 18	Dose 70 kg/ha	38 %
Super 18	Dose 140 kg/ha	49 %
Fumier de bovin (T1)	Dose 70 kg/ha	29 %
Fientes (VA2)	Dose 70 kg/ha	21 %
Fientes (VA2)	Dose 140 kg/ha	38 %
Issus de centrif (PA2)	Dose 70 kg/ha	28 %
Issus de centrif (PA2)	Dose 140 kg/ha	32 %

Même si la pertinence de ces résultats pour définir un réel CAU (manque de points intermédiaires, essais en pots et non au champ..) doit être critiquée, ce test fait ressortir des différences intéressantes.

- La phyto-disponibilité augmente avec les doses croissantes
- A dose de 70 kg/ha de P_2O_5 la fiente à une phyto-disponibilité plus faible que l'issue de centrif et le fumier de bovin. Elle est de 55 % vis à vis d'un super 18.
- A dose de 140 kg/ha de P_2O_5 la fiente à une phyto-disponibilité plus élevée que l'issue de centrif . Elle est de 79% vis à vis d'un super 18.
- Ces références sont proches de celles du COMIFER : 65 % coef d'engrais minéral pour le phosphore des fientes de volailles.
- Les dernières références de l'INRA (Bordeaux) permettent de préconiser : « dans les situations avec apports réguliers de produits organiques que la totalité du phosphore provenant de ces produits doit être prise en compte ».

3- Eléments Traces Métalliques (ETM)

Les 6 échantillons analysés nous montrent que ces engrais sont largement en dessous des seuils ETM de la norme 44 051 (de facteur 5 à 20) pour les polluants comme l'As, le Cd, le Cu.... mais par contre seul un échantillon le dépasse légèrement pour le Zn (621 mg/Kg pour un seuil de 600mg/Kg).

4- Inertes (XPU 44 164)

Les 6 échantillons VA1, VA2, VB1 , VB2, VC1, VC2 n'ont pas été analysés car les références existantes par ailleurs sur cette déjection nous montre qu'elle est au moins conforme aux critères de la norme amendement organique.

5- Agents pathogènes

Module d'analyses réalisées de type : engrais organique.

La norme engrais 42 001 n'impose pas de critère d'innocuité à ce jour. Il importe cependant de se poser la question de savoir dans quelle mesure ces produits seraient conformes ou non à un règlement existant. Nous avons choisi de les comparer aux critères d'homologation et du règlement des sous produits animaux.

Critères d'homologation (grandes cultures) Conformité = O, Non conformité = N

Tableau N°30

	VA1	VA2	VB1	VB2	VC1	VC2
Entérocoque	N	O	O	O	N	O
E Coli	N	O	O	O	O	O
Clostridium Perf.	N	O	N	O	N	N
Salmonella	O	O	O	O	O	O
Staphylococcus	O	O	O	O	O	O
Levures (conf aspergillus)	O	O	O	O	O	O
Listéria	O	O	N	O	O	O
Nématodes (œufs)	O	O	N	O	O	O
Nématodes (larves)	O	O	N	O	O	N

- VA2 et VB2 sont les deux seuls échantillons qui rentrent dans les critères d'homologation.
- En absence de seuil pour les engrais on peut se baser pour comparer ces produits sur le **Règlement européen (CE) 1774/2002** établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine, et modifié par le Règlement (CE) 208/2006,

Nous remarquons que pour les produits compostés visés par le règlement, sur un seul et même site, ils doivent satisfaire en fin de traitement aux exigences :

- *Escherichia coli* : n = 5, c = 1, m = 1000, M = 5000 dans 1 g . VA1 a une valeur < à 1 500 000. Les fientes de volailles qui n'ont pas eu une période d'échauffement suffisante ne sont donc pas conformes sur ce critère.
- ou *Enterococcaceae* : n = 5, c = 1, m = 1000, M = 5000 dans 1 g. . Sous la réserve liée à VA1, les fientes de volailles sont conformes car sur les 6 analyses, 1 a des valeurs comprises entre m et M.
- et *Salmonelles* : absence dans 25 g : n = 5; c = 0; m = 0; M = 0. Les fientes de volailles sont conformes sur ce critère.

Avec :

n = le nombre d'échantillons à tester

m = la valeur-seuil pour le nombre de bactéries. Le résultat est considéré comme satisfaisant si le nombre de bactéries dans la totalité des échantillons n'excède pas m

M = la valeur maximale du nombre de bactéries. Le résultat est considéré comme non satisfaisant si le nombre de bactéries dans un ou plusieurs échantillons est égal ou supérieur à M

c = le nombre d'échantillons dans lesquels le nombre de bactéries peut se situer entre m et M, l'échantillon étant toujours considéré comme acceptable si le nombre de bactéries dans les autres échantillons est égal ou inférieur à m.

Note : ce règlement précise qu'il importe de disposer de 5 échantillons pour chaque lots ce qui n'est pas le cas ici.

6- Caractérisation biochimique de la matière organique (XPU 44 162)

Ces produits n'ont pas été analysés

Le rapport SADEF/ADEME nous apprend que, en moyenne sur 6 échantillons, les fientes pures de poules ont des Tr/Mo de 20 % avec une fraction SOL élevée (46 %), ce qui les classent en **engrais organiques**

7- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163) (Tableau des courbes voir p 63)

Minéralisation de l'azote (en % de l'N total du produit)

Tableau N°31

	VA2	VB2	VC2
Azote disponible à court terme	7 %	3 %	5 %
Azote disponible à moyen terme	49 %	57 %	37 %
Azote disponible à long terme	44 %	41 %	57 %

- Les fientes rapidement déshydratées (VA2 et VB2) présentent des pourcentages élevés (60 % environ) d'N minéralisable rapidement. Pour VC2 issu d'un système de pré séchage puis séchage+ compostage en tas, la fraction minéralisable à moyen terme est moindre.

Ces résultats sont sensiblement différentes des références (D. Ziegler) qui donnaient pour des fientes fraîches 70 % d'N minéral et 20 % d'N organique minéralisable dans l'année (soit un total de 90%).

Peut on comparer les vitesses de minéralisation des fientes fraîches et sèches ? Existe t il un effet du process de séchage sur la vitesse de libéralisation de l'N ? Ces questions devraient être abordées dans le cadre d'une autre recherche.

- D'autres références (2) donnent des minéralisations sur l'année après apport de printemps de 65 %
- Le coefficient d'équivalence engrais pour la Bretagne est donné pour les lisiers et fientes de poules à 65% avant maïs par les chambres d'agricultures.
- ARVALIS au champ et en sol argileux donne 45% de minéralisation des fientes sèches sur 200 jours selon la méthode des jours normalisées à 15°C. Cette même méthode donne moins de 10% d'N minéralisée pour le fumier de bovin.
La dernière étude du CTIFL (Publication novembre 2006) nous confirme que, selon le model d'ajustement de LIXIM, le pourcentage d'azote minéralisé par les fientes sèches de volailles est de 35 à 40% de l'N organique (150 jours normalisés à 15°C) soit environ 45 % de l'N total.

- Minéralisation du carbone : ces produits n'ont pas été analysés.

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

Ce produit est conforme à la norme NFU 42 001 actuelle (Dénomination : fientes sèche de volaille).

Le C/N est toujours < à 8. Il est donc du type Ibis (ou II) dans le cadre du classement de la directive nitrate.

C - Commentaires sur la valeur fertilisante et son usage agronomique

Ce produit est plutôt de type engrais organique dont l'intérêt premier est l'apport d'éléments fertilisants.

Comparaison : fientes de volaille et fumier de volaille

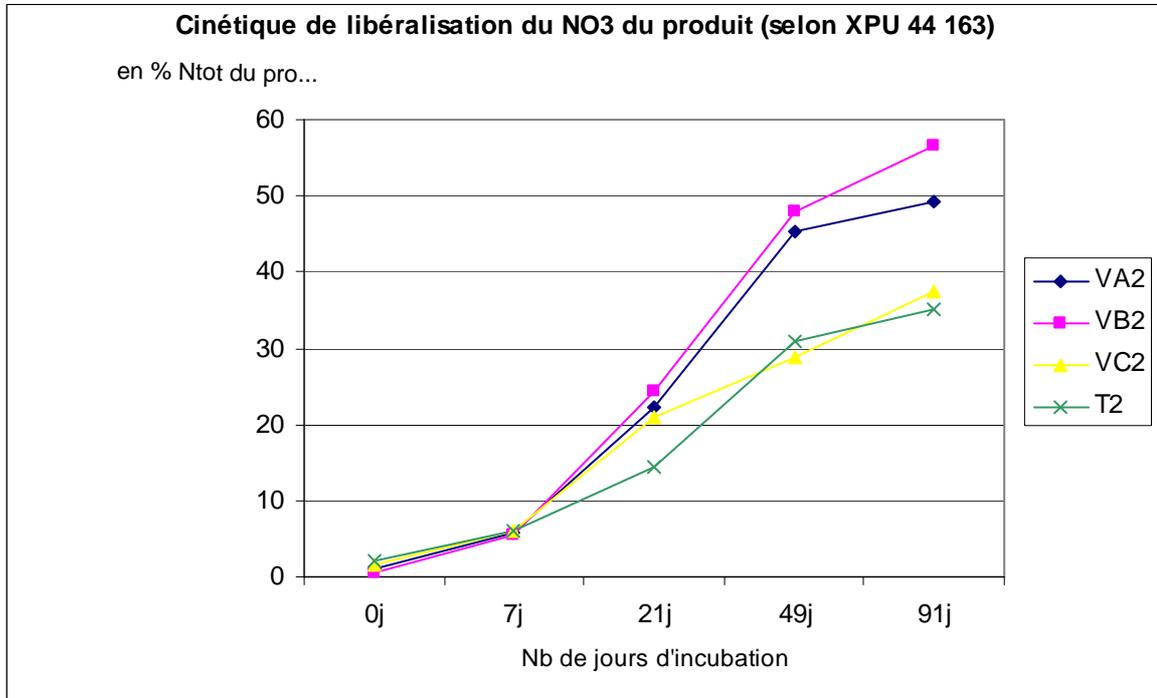
Tableau N°32

	Fientes de volaille Dose : 4 T/ha (environ 170 kg/N/ha)	Fumier de volaille Dose : 7 T/ha (environ 170 kg/N/ha)	Commentaires sur une comparaison entre la fiente de volaille et le fumier de volaille
Matière organique	2,3 T/ha	3,5 T/ha	
Azote total	160 kg/ha	175 kg/ha	Les vitesses de minéralisation de l'N des fientes sont un peu plus élevées que pour les fumiers.
Phosphore	120 kg/ha	175 kg/ha	Les doses sont élevées. Dans les 2 cas il importe de conseiller des apports 1 année sur 2 ou 3
Potassium	112 kg/ha	140 kg/ha	
Calcium	320 kg/ha	250 kg/ha	Apport de CaO non négligeable dans les 2 cas
Magnésium	40 kg/ha	35 kg/ha	
Soufre	60 kg/ha	50 kg/ha	

- L'épandage de 4 T de fientes de poules apporte environ autant d'éléments nutritifs au sol que 7 T de fumier de volaille.
La différence se situe au niveau de la quantité de MO apportée, plus importante pour le fumier (apport de la paille)
- La fiente de volaille sèche est un produit de référence sur le marché des engrais organiques
Du fait de sa bonne disponibilité en N (50 % voire plus), elle est particulièrement bien adaptée aux cultures de printemps. 4 T/ha de fientes de poules apportent donc environ 80 à 100 kg d'N efficace à l'ha à une culture comme le maïs.
Par comparaison, dans la famille d'engrais organique à pouvoir fertilisant N rapide, on trouve les farines d'os et de plumes (50 à 80 % N efficace) et le Guano qui a un potentiel de libéralisation de l'azote le plus élevé de tous les engrais organiques (90 % d'N efficace au moins).
- L'apport de CaO, MgO et de K₂O est incontestablement à mettre en avant en plus de l'effet fertilisant azoté. A cette dose de 4 T/ha ils couvrent tout ou partie des lessivages et exportations des cultures.
- Sa teneur élevée en P₂O₅ limite son intérêt en sol riche et en cultures légumières peu consommatrices de phosphore.
Elle garde une très grande pertinence dans les sols un peu carencés en P₂O₅ surtout à la dose de 4 T/ha (120 Kg de P₂O₅ environ) car son coefficient d'efficacité du P semble se rapprocher de celui des engrais minéraux. Avec un coefficient d'au moins 75 %, l'apport de 120 kg de P₂O₅ donnera environ 90 à 100 kg de phosphore assimilable au même titre qu'un super 45.
La dose pivot d'apport dans une terre normalement pourvue est donc 4 T/ha tous les 1 à 2 ans car l'exportation en phosphore des cultures est d'environ de 40 kg/ha en cultures légumières à 80 Kg en grandes cultures.
- La solubilité à l'eau de la potasse est de 65 % (2 analyses), ce qui paraît étonnement faible. Elle serait plus faible pour les fientes que pour les fumiers de volailles (80 %) qui contiennent de la paille ? Ce point est à travailler plus en profondeur.
- L'intérêt de ce produit est donc bien avant tout de fertiliser les cultures en N et P.
- Par rapport à l'engrais minéral, l'apport de fientes est sûrement un plus pour la vie du sol grâce (pour une dose agronomique de 4T/ha) :

- à son apport de 2,5 t de MO
- à l'apport qui reste au sol des 45% environ d'N non utilisé en effet direct (soit environ 70Kg),
- à son apport d'oligo-éléments.....

Graphique N°5



LES FIENTES DE VOLAILLES AVEC LITIÈRE TRAITEES PAR COMPOSTAGE

A) Nature et origine du produit

- Matières premières entrant dans la composition du produit : Fientes de volailles avec soit de la paille soit des copeaux ou de la sciure de bois. Il s'agit donc de litières de volailles élevées au sol.
- Echantillon(s) analysé(s) :
 - L'échantillon **VD1** a été prélevé en juin 2005 dans le Morbihan
 - L'échantillon **VD2** a été prélevé en juin 2005 dans le Morbihan
 - L'échantillon **VD3** a été prélevé en décembre 2005 dans le Morbihan
 - L'échantillon **VE1** a été prélevé en juin 2005 dans les Côtes d'Armor
 - L'échantillon **VE2** a été prélevé en juin 2005 dans le Finistère
 - L'échantillon **VF2** a été prélevé en juin 2005 dans le Finistère
 - L'échantillon **VG1** a été prélevé en juin 2005 dans les Côtes d'Armor
 - L'échantillon **VG2** a été prélevé en juin 2005 dans le Morbihan
 - L'échantillon **VG3** a été prélevé en décembre 2005 dans le Morbihan
- Autres données et références utilisées :
 - Références ITAVI, UCA, CAM, Doux....
 - Fertiliser autrement de 2001 (1)
 - Guide des matières organiques ITAB 2001(2)
 - Etude CRAB (caractérisation) d'avril 2002

Procédé(s) de fabrication (à développer)

- La nature des fientes et de la source de carbone ajouté mais aussi les procédés de compostage mis en oeuvre sur les 9 sites sont différents :

Tableau N°33

	Nature du carbone apporté en litière	Type d'animal produit	Type de compostage	Durée du compostage Fermentation + maturation
VD1	Copeaux	Dinde	Retourneur d'andain (6 passages)	9 mois
VD2	Copeaux	Dinde	Bâtiment ouvert : 2/3 retournements	10 mois
VD3	Sciure de bois	Dinde	Mise en tas extérieur	3 mois
VE1	Copeaux	Poulette	Mise en tas en bâtiment	7 mois
VE2	Paille broyée	Poulette	Fumière : 3 retournements	7 mois
VF2	Paille broyée	Poulet	Fumière 2 retournements Poulet	8 mois
VG1	Paille broyée	Poulet	Ventilation forcée	5 mois
VG2	Paille broyée + copeaux	Dinde	Ventilation forcée	5 mois
VG3	Paille broyée	Poulet	Ventilation forcée	4,5 mois

→ Observations d'ordre général : Les fumiers sont d'autant plus chargés en fientes que l'âge des animaux augment. En effet ces dernières s'accumulent sur la litière en fonction de la durée de l'élevage et du poids des animaux. Pour mémoire la durée d'élevage d'une dinde est de 15 à 20 semaines et d'environ 18 semaines pour les poulettes. Par contre elle est de 6 à 9 semaines pour les poulets.

B) Composition et caractéristiques du produit

Les résultats détaillés figurent dans les tableaux en annexe.

Les éléments constituant les produits n'étant pas les mêmes, nous avons divisé ce paragraphe dans un premier temps en 3 familles, afin de pouvoir mieux interpréter les analyses et les différences observées :

B1) Compost de fumier de dinde avec copeaux (VD1, VD2, VD3)

B2) Compost de fumier de poulette (1 avec paille, 1 avec copeaux) (VE1, VE2)

B3) Compost de fumier de poulet ou dinde sur paille (avec ou sans procédé de ventilation forcée) (VF2, VG1, VG2, VG3)

Nous discuterons de la pertinence de ce regroupement en fin du chapitre.

B1-A) Composition et caractéristiques du compost de FUMIER DE DINDE AVEC COPEAUX OU SCIURE

1- **Eléments majeurs**

Les résultats complets sur MS et MB se retrouvent dans les tableaux en annexe.

Tableau N°34

VD1 : Principaux éléments/ MB	VD2 : Principaux éléments/ MB	VD3 : Principaux éléments/ MB	Moyenne des 3	Observations
MS : 48,9 %	MS : 65 %	MS : 51,7 %	MS : 55,2 %	Teneur en MS faible sauf VD2
MO : 38,1 %	MO : 49 %	MO : 43,6 %	MO : 43,5 %	Teneur en MO cohérente (cf texte)
N total 13,6 kg/T	N total 35,1 kg/T	N total 20 kg/T	N total 22,9 kg/T	Teneur en azote élevée pour VD2, faible pour VD3, très faible pour VD1
dont N orga. 6,3 kg/T	dont N orga. 27,8 kg/T	dont N orga. 11,5 kg/T	dont N orga. 15,2 kg/T	Il y a toujours 7/8 kg/NH ₄ . Le % d'N minéral / N total varie de 21 à 54%
C/N = 13	C/N = 6,4	C/N = 10	C/N = 10	
P ₂ O ₅ : 20,1 kg/T dont 18,4 kg/T soluble citrate neutre dont 2,5 kg/T soluble eau	P ₂ O ₅ : 29,6 kg/T	P ₂ O ₅ : 17,6 kg/T dont 15,2 Kg/t soluble citrate neutre dont 6,36 kg/T soluble eau	P ₂ O ₅ : 22,4 kg/T	La solubilité, au citrate neutre est de 90 % et la fraction soluble eau représente 15 à 33 % du P total
K ₂ O : 22,1 kg/T dont 17,1 kg/T soluble eau	K ₂ O : 27,2 kg/T	K ₂ O : 25,3 kg/T dont 15,2 kg/T soluble eau	K ₂ O : 24,8 kg/T	La solubilité à l'eau du K ₂ O est bonne (80 %)
CaO : 18,4 kg/T MgO : 6,8 kg/T	CaO : 26,9 kg/T MgO : 7,8 Kg/t	CaO : 16,7 kg/T MgO : 5 Kg/t	CaO : 20,7 kg/T MgO : 6,5 kg/T	
SO ₃ : 9,8 kg/T	SO ₃ : 10,7 kg/T	SO ₃ : 9,3 kg/T	SO ₃ : 10 kg/T	

Tableau N°35

Données sur matière sèche		VD1	VD2	VD3
	sur MS	sur MS	sur MS	sur MS
Matière Organique	%	77,9	75,4	84,3
Azote total	N t	27,81	54,00	38,68
Azote organique	N orga	12,88	42,77	22,24
Azote ammoniacal	N-NH ₄	14,87	10,14	10,97
Azote nitrique	N-NO ₃	0,00	0,14	0,00
Azote uréique		2,64	0,00	4,47
Phosphore	P ₂ O ₅	41,10	45,54	34,04
Potassium	K ₂ O	45,40	41,85	34,04
Calcium	CaO	37,63	41,38	32,30
Magnésium	MgO	13,87	11,94	9,81
Soufre	SO ₃	20,04	16,46	17,99
somme N + P ₂ O ₅ + K ₂ O		114,31	141,38	106,77
somme CaO + MgO		51,49	53,32	42,11

- **VD2** présente une teneur plus élevée dans tous les éléments analysés que **VD1** et **VD3**. Cela est dû à la teneur en MS de ce produit plus élevée mais il importe aussi de vérifier le ratio poids fientes sur poids litière qui peut être différent.
- Quand on compare ces 3 produits sur MS les différences s'estompent.
- **VD3** a une teneur en MO/MS plus élevée, sûrement due à la durée de compostage très faible (3 mois au lieu de 9/10 mois). Cela explique-t-il aussi la faible teneur en phosphore ? (faible durée de compostage donc peu de concentration ?)
 - La durée d'élevage de **VD2** semble un peu plus élevée (18 semaines au lieu de 16/17 pour VD1 et VD3), ce qui expliquerait les différences de teneur en N tot, P₂O₅, CaO... ;
 - La teneur en N orga de **VD1** est très faible. Y a-t-il eu des pertes importantes d'azote (dégagement de NH₄) durant les retournements ? Pour autant, au final la quantité d'azote ammoniacal est aussi élevée que dans les autres produits ou sur un fumier frais (T2)
- La solubilité du phosphore baisse avec la durée de compostage, ce qui est conforme aux données sur le sujet

2- Eléments Traces Métalliques (ETM)

- Les **9 échantillons** analysés nous montrent que ces composts sont largement en dessous des seuils ETM de la norme NFU 44 051 (de facteur 10) pour les polluants comme l'As, le Cd, et restent sous le seuil pour les oligo-éléments comme le Cu et le Zn.
- Ces références vont dans les sens des analyses déjà effectuées en Bretagne.

3- Inertes (XPU 44 164)

- L'échantillon **VD1** a été analysé.
 - a. Absence de plastique
 - b. Présence de 6% en poids de MS de cailloux-calcaire
 L'échantillon est conforme aux critères de la 44 051

4- Agents pathogènes

La norme engrais NFU 42 001 n'impose pas de critère d'innocuité à ce jours. Il importe cependant de se poser la question de savoir dans quelle mesure ces produits seraient conformes ou non à un règlement existant. Nous avons choisi de les comparer aux critères d'homologation et du règlement des sous produits animaux.

Module d'analyses réalisées de type : engrais organique.

Critères d'homologation. (grandes cultures) Conformité = O, Non conformité = N

Tableau N°36

	VD1	VD2	VD3
Entérocoque	O	O	O
E Coli	O	O	O
Clostridium Perf.	O	O	N
Salmonella	O	O	O
Staphylococcus	O	O	N
Levures (conf. aspergillus)	O	O	O
Listéria	O	O	O
Nématodes (œufs)	O	O	O
Nématodes (larves)	O	O	O

La présence de parasites plus importants dans **VD3** laisse supposer sur ce site un compostage avec des montées ou durées (de) en température insuffisantes. Pour les deux autres composts tous les critères microbiologiques sont respectés.

5- Test de germination et de croissance (XPU 44 167)

VD1 a fait l'objet d'un test de germination et de croissance de l'orge et du cresson en pots avec 4 répétitions (Essais N°S 05-29-3 SADEF)

Des doses croissantes de produits (12,5 T/ha, 25 T/ha, 125 T/ha) ont été apportées dans un sol de limon carencé en P et K

Les résultats font apparaître sur l'orge :

- Aucun effet sur la germination de ces 3 doses
- Une réponse positive significative à des doses croissantes

Les résultats font apparaître sur le cresson :

- Un effet négatif des doses 12.5 T/ha et 25 T/ha alors que la dose 125 T/ha est sans effet sur la germination. !

(Une erreur de manipulation, de l'avis même de la SADEF, peut seule expliquer ce résultat)

- Une réponse positive significative des doses croissantes d'apport de produit.

6- Caractérisation biochimique de la matière organique

(XPU 44 162)

Tableau N°37

	VD1 (9 mois compostage)	VD3 (3 mois compostage)
ISB	0,26	0.18
Tr/MB	211 kg/T	170 kg/T
Tr/MO	55,4 %	39,1 %

- Le compostage (9 mois pour **VD1** et 3 mois pour **VD3**.) a amélioré la stabilité biologique de la matière organique car elle est passée d'un Tr de 39% à un Tr de 55% avec les mois supplémentaires de compostage.
- **VD1** est un **amendement organique** avec un potentiel d'humus stable moyen pour un amendement organique (cf commentaire SADEF). Il a une fraction LIC moyenne (20 % de la MO) et CEL élevé.(38 % de la MO)

- **VD3** est un **engrais organique** avec un potentiel d'humus stable élevé pour un engrais (cf commentaires SADEF). Il a une fraction LIC faible (12.3 % de la MO) et SOL élevé (46 % de la MO)
- Nous sommes donc, avec ces produits, à la limite entre des engrais à fort potentiel humique et des amendements organique à faible potentiel humique.
- Le compostage a donc bien transformé la nature de la MO du produit.

7- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 82)

- Minéralisation de l'azote (en % de l'N total du produit)

Tableau N°38

	VD1	VD3
Azote disponible à court terme	58 %	28,3 %
Azote disponible à moyen terme	19 %	45,6 %
Azote disponible à long terme	24 %	26,1 %

- Il y a plus d'N tot dans VD3 (20 Kg/T MB) que dans VD1 (13% Kg/T MB) ce qui est logique, car, du fait de la durée de compostage et les nombreux retournements (6) il y a eu perte d'N dans ce dernier cas. De plus du fait d'une proportion d' NH_4 élevée (50%) qui se retrouve dans l'N disponible à court terme, on peut affirmer qu'il n'y a pas eu (ou mauvais !) compostage sur VD1. Est ce dû à un tas trop humide ?

Les données de ces deux échantillons extrêmes ne correspondent pas aux références déjà existantes sur les composts de fumiers de volailles (50 % d'N mobilisable dans l'année)

Ils sont donc différents des composts de fumiers de volaille avec litière de paille. En effet :

- Les Chambres d'Agriculture de Bretagne ont donné un coefficient d'équivalence engrais de l'N de 65 % sur maïs, pour les fumiers de volaille de moins de 4 mois épandus au printemps, et de 45 % pour cette même culture si le fumier avait plus de 4 mois. Mais l'essentiel de ces références étaient issues de fumiers avec paille.

Les Chambres d'Agriculture donnent également 30 % de coefficient d'équivalence engrais pour les composts de fumier de volaille de plus de 4 mois.

Le tableau des pourcentages des fractions azotées des différents engrais de ferme donne pour le compost de fumier de volaille, 30 % d'N immédiatement disponible (minéral), 20 % azote organique minéralisable dans l'année, et donc 50 % azote organique minéralisable les années suivantes.

- Minéralisation du carbone en 91 jours : 25 % pour **VD1** et 49 % pour **VD3**, ce qui est cohérent vu l'âge respectif des deux produits.

En comparant les diverses courbes de minéralisation on remarque une similitude importante entre :

- La courbe de minéralisation de l'N de **VD3** est la plus élevée de tous ces composts, plus même que le témoin **T2**. De plus la différence des Tr entre **VD1** (bien composté en durée mais pas en méthode) et **VD3** nous permet de supposer que le compostage de **VD3** a été insuffisant.

- L'étude et l'expérience de terrain nous montre que le compostage des copeaux avec des fientes est une opération difficile. La transformation de ce produit sec et très carboné qu'est le copeau ne semble pas se faire rapidement. Même si le potentiel de stabilité biochimique a évolué favorablement et la vitesse de minéralisation du carbone a fortement diminuée, une partie non négligeable de l'N de **VD1** est toujours sous forme minérale après 10 mois de compostage et la

fraction d'N minéralisable à moyen et long terme n'a pas progressé en cours du compostage, voire a régressé.

Il serait intéressant de vérifier cette évolution des vitesses de minéralisation avec la durée de compostage afin de voir si l'évolution des coefficients d'équivalence engrais proposés par les Chambres d'Agriculture (65 % moins de 4 mois, 45 % plus de 4 mois, 30 % compost de plus de 4 mois) se justifie pour ce type de produit avec copeaux.

En effet les courbes de minéralisation de l'N nous apprennent que dans les deux échantillons il n'y a pas eu de phase de réorganisation. Ce coefficient de 30 % d'effet direct dans le cas de ces composts avec copeaux nous paraît trop faible.

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

Seul **VD2** est, sur les critères agronomiques, conforme au projet de révision de la norme NFU 42 001 (dénomination : fientes de volaille avec litière) car N org sur MB > 1% et N+P+K > 7 % sur MB, et N, P, K sont > 2% chacun sur MB.

VD3 est conforme à la norme 42001 actuelle, mais ne satisfait pas à certains critères du projet de révision de cette norme en particulier du fait d'une teneur en P2O5 faible (< à 2%) et en N+P+K < à 7%. **VD3** est conforme à la norme 44051 de 2006 avec cependant le ratio N minéral / N total à la limite du maximum autorisé.

VD1 n'est conforme à aucune norme car pour la 42001 les teneur en éléments nutritifs sont trop faibles (N+P+K insuffisant) et pour la 44051 il y a excès d'N minéral (54%)

Ces composts pour les critères microbiologiques sont conformes aux demandes liées à l'homologation, et pour les ETM et les inertes ils sont conformes à la norme 44 051. Ces produits comme tous les fumiers de volaille avec litière sont à la limite entre une norme engrais et amendement, de plus, ils présentent une variabilité importante. Leur classement dans l'une ou l'autre norme ne peut donc se faire a priori, seul une analyse du produit permet de le situer.

Ces produits sont classés en type I bis dans le cadre du classement de la directive nitrate. Notons que le rapport C/N de 2 produits est supérieur à 8 (13 pour VD1), pour autant le % d'azote minéralisable à court et moyen terme est élevée. Cela justifie de ne pas les classer en type I

B1-B) Commentaires sur leur valeur fertilisante et leur usage agronomique

Comparaison moyenne des 3 composts VD avec un fumier de fumier de bovin

Tableau N°39

	Compost de fiente de dinde sur copeaux Dose : 7 T/ha (environ 170 kg/N/ha)	Fumier de bovins Dose : 30 T/ha	Commentaires sur une comparaison entre le compost de fientes de dinde sur copeaux et le fumier de bovin
Matière organique Potentiel «d'humus stable» calculé au laboratoire (Tr/MO)	3 T/ha 1,5 T/ha	5 T/ha 2 T/ha	Le fumier de bovin a un effet amendant plus important
Azote total	160 kg/ha	165 kg/ha	Les vitesses de minéralisation de l'N des fumiers de volaille compostés ou non sont plus du double d'un fumier de bovin.
Phosphore	160 kg/ha	90 kg/ha	Les doses sont élevées. Dans le cas du compost de fumier de volaille il importe de conseiller des apports une année sur 2 ou 3
Potassium	175 kg/ha	285 kg/ha	
Calcium	140 kg/ha	170 kg/ha	Apport de CaO non négligeable dans les 2 cas
Magnésium	45 kg/ha	50 kg/ha	Apport de MgO non négligeable
Soufre	70 kg/ha	65 kg/ha	

- L'apport de 7 T de compost de fumier de dinde avec copeaux apporte autant d'éléments nutritifs (mais avec plus de phosphore et moins de potasse) que 30 T de fumier de bovin
Les différences se situent, au niveau de la quantité de MO apportée plus importante pour le fumier de bovin, et surtout de la vitesse de minéralisation de l'N du compost de fumier avec fientes qui est plus du double de celle d'un fumier de bovin.
- Ce compost de fumier de volaille avec copeaux aura donc plus un comportement d'engrais que d'amendement.
- Du fait de sa bonne disponibilité de l'N (75 % sur l'année à vérifier par d'autres analyses), ce compost à comportement d'engrais est particulièrement bien adapté aux cultures de printemps.
- Il ne paraît pas aberrant de donner à ce type de produit des coefficients d'efficacité du phosphore égale ou légèrement inférieure à la fiente de volaille pure soit : 50 à 60 % (65 % COMIFER)
- L'apport de CaO, de K₂O et de matières organiques sont incontestablement à mettre en avant, en plus de l'effet fertilisant azoté et phosphaté.
- Sa teneur élevée en P₂O₅ limite son intérêt en sol bien pourvu et en cultures légumières peu consommatrices de phosphore.
Il garde une très grande pertinence dans les sols un peu carencés en P₂O₅ (160 kg de P₂O₅ environ pour 7 T de produit apporté)

B2-A) Composition et caractéristiques du COMPOST DE FUMIER DE POULETTE AVEC PAILLE ET COPEAUX

1- Eléments majeurs

Les résultats sur MS et MB se trouvent aussi en annexe.

Tableau N°40

VE1 : fientes + copeaux Principaux éléments/ MB	VE2 : fientes + pailles Principaux éléments/ MB	Moyenne des 2	Observations
MS : 61,3 %	MS : 81,7 %	MS : 71,5 %	Teneur en MS élevée
MO : 44,3 %	MO : 62,3 %	MO : 53,3 %	Teneur en MO élevée
N total 22,3 kg/T dont N orga. 16,3 kg/T C/N = 9,2	N total 30,4 kg/T dont N orga. 25,1 kg/T C/N = 9,5	N total 26,3 kg/T dont N orga. 20,7 kg/T C/N = 9,4	Teneur en azote d'autant plus élevée que le produit est sec. Fraction minérale variable (15 à 30 %)
P ₂ O ₅ : 34,7 kg/T dont: 34,6 kg/T soluble citrate neutre dont: 2,15 kg/T soluble eau	P ₂ O ₅ : 38,8 kg/T	P ₂ O ₅ : 36,7 kg/T	Teneur en phosphore élevée. La solubilité au citrate neutre est de 100%, et la fraction soluble eau représente 6 % du P tot
K ₂ O : 27,1 kg/T dont 20,4 kg/T soluble eau	K ₂ O : 32,6 kg/T	K ₂ O : 29,8 kg/T	La solubilité à l'eau du K ₂ O est bonne (75%)
CaO : 46,6 kg/T MgO : 8,8 kg/T	CaO : 46 kg/T MgO : 11,1 kg/T	CaO : 46,3 kg/T MgO : 10 kg/T	Teneur en CaO élevée
SO ₃ : 10,8 kg/T	SO ₃ : 13,2 kg/T	SO ₃ : 12 kg/T	

- **VE1** et **VE2** présentent des teneurs élevées dans tous les éléments analysés. Cela est dû en partie à la teneur élevée en MS de ces produits.
- Sur PB leurs teneurs en éléments nutritifs sont proches. Sur matière sèche elles sont très voisines également en N, Mg, voire K.

2- Eléments Traces Métalliques (ETM)

- Les **9 échantillons** analysés nous montrent que ces composts sont largement en dessous des seuils ETM de la norme 44 051 (de facteur 10) pour les polluants comme l'As, le Cd,..., Ils sont sous le seuil pour les oligo-éléments comme le Zn et le Cu .

3- Inertes (XPU 44 164)

Les échantillons n'ont pas été analysés car les références existantes par ailleurs sur cette déjection nous montre qu'elle est au moins conforme aux critères de la norme amendement organique.

4- Agents pathogènes

- Module d'analyses réalisées de type : engrais organique.

La norme engrais 42 001 n'impose pas de critère d'innocuité à ce jours. Il importe cependant de se poser la question de savoir dans quelle mesure ces produits seraient conforme ou non à un règlement existant. Nous avons choisi de les comparer aux critères d'homologation.

- Critères d'homologation(grandes cultures). Conformité = O, Non conformité = N

Tableau N°41

	VE1	VE2
Entérocoques	O	O
E Coli	O	O
Clostridium Perf.	N	O
Salmonella	O	O
Staphylococcus	O	O
Levures (conf. Aspergillus)	O	O
Listéria	O	O
Nématodes (œufs)	O	O
Nématodes (larves)	O	O

5- Caractérisation biochimique de la matière organique (XPU 44 162)

Tableau N°42

	VE1	CRAB fumier volaille	CRAB compost de fumier de volailles de 45 jours	CRAB compost de fumier de volailles de 1 an	Base de données SADEF/ADEME
ISB	0.15				
Tr/MB	156 kg/T				
Tr/MO	35.2 %	22 %	28 %	14 %	35,4 %

- **VE1** est un **engrais organique** avec un potentiel d'humus stable élevé pour ce type de produit.(cf SADEF)

6- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 82)

- Minéralisation de l'azote (en % de l'N total du produit)

Tableau N°43

	VE1
Azote disponible à court terme	26 %
Azote disponible à moyen terme	27 %
Azote disponible à long terme	47 %

- Ces produits présentent donc des pourcentages élevés d'N minéralisable rapidement (50 % environ). Cela correspond aux références déjà publiées sur les composts de fumiers de volailles.

- L'étude CRAB de 2002 avait montée un rapport entre le temps de compostage et la vitesse de minéralisation de l'N pour les fumiers de volaille. En effet ce coefficient passait de 73 % pour un fumier frais, à 42 % pour un compost de 40 jours, à 21 % pour un compost d'un an.

Les Chambres d'Agriculture de Bretagne ont donné un coefficient d'équivalence engrais de l'N de 65 % sur maïs pour les fumiers de volaille de moins de 4 mois épandus au printemps, de 45 % pour cette même culture si le fumier avait plus de 4 mois et de 30 % si le fumier était composté pendant 4 mois.

La cohérence entre cette référence Chambres et la courbe de minéralisation n'est donc pas complète mais n'est pas aberrante.

- Le tableau des pourcentages des fractions azotées des différents engrais de ferme donne : pour le compost de fumier de volaille 30 % d'N immédiatement disponible (minéral), 20 % azote organique minéralisable dans l'année, et donc 50 % azote organique minéralisable les années suivantes.
- Minéralisation du carbone : 39 % du carbone apporté pour **VE1** au bout de 91 jours.

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

Ces deux échantillons sont, sur les critères agronomiques, conformes à la norme NFU 42 001 (Dénomination : fientes de volaille avec litière) car N org sur MB > 1% et N+P+K > 7 % sur MB, et N, P, K sont > 2% chacun sur MB.

VE1 et **VE2** sont conformes aussi à la norme NFU 44 051 pour les critères ETM et à l'homologation pour les critères microbiologiques.

Ces produits sont classés en type I bis dans le cadre du classement de la directive nitrates.

B2-B) Commentaires sur leur valeur fertilisante et leur usage agronomique

Ces produits à base de fumier de poulette composté sont classables sans difficulté dans les engrais

Comparaison moyenne des 2 composts VE avec les fientes de volailles

Tableau N°44

	Compost de poulette Dose : 6 T/ha (environ 170 kg/N/ha)	Fientes de volaille Dose : 4 T/ha (environ 170 kg/N/ha)	Commentaires sur une comparaison entre le compost de fientes de poulette avec litière composté et les fientes de volailles
Matière organique et MO stable (selon Tr/MO)	3 T/ha 1 T/ha	2,3 T/ha 0,4 T/ha	Le fumier de volaille apporte plus de MO qu'une fiente
Azote total	160 kg/ha	160 kg/ha	Les vitesses de minéralisation de l'N des fumiers de volaille compostés ou non sont un peu plus faibles que pour les fientes seules.
Phosphore	215 kg/ha	120 kg/ha	Les doses sont élevées. Dans le cas du compost de fumier de volaille il importe de conseiller des apports une année sur 3 ou 4 (une sur 2 pour la fiente)
Potassium	180 kg/ha	112 kg/ha	L'apport de potasse par le fumier est important
Calcium	270 kg/ha	320 kg/ha	Apport de CaO non négligeable dans les 2 cas
Magnésium	60 kg/ha	40 kg/ha	Apport de MgO non négligeable
Soufre	60 kg/ha	60 kg/ha	

- Les composts de fumier de poulette sur paille ont des comportements d'engrais. La dose est à caler en fonction des besoins de la culture en azote.
- Le phosphore sera en Bretagne le facteur limitant à l'utilisation de ce type de produit, du fait de la richesse des sols en cet élément (

Sa teneur élevée en P_2O_5 limite son intérêt en sol bien pourvu et en cultures légumières peu consommatrices de phosphore.

Il garde une très grande pertinence dans les sols un peu carencés en P_2O_5 (200 kg de P_2O_5 environ pour 6 T de produit apporté, fréquence une fois tous les 3/4 ans)

- L'apport d'autres éléments nutritifs en plus du phosphore et de l'azote est à mettre en avant ainsi que l'apport organique.
- Du fait de sa bonne disponibilité de l'N (50 % sur l'année), ce compost à fort comportement d'engrais est particulièrement bien adapté aux grandes cultures de printemps.
- L'intérêt de ce produit est donc bien avant tout de fertiliser les cultures en N et P.

B3-A) Composition et caractéristiques du COMPOST DE FUMIER DE POULET OU DINDE AVEC PAILLE

1- Eléments majeurs

Les résultats sont aussi décrits sur MS et MB dans les annexes.

Tableau N°45

VF2 : (poulet) Principaux éléments/ MB	VG1 : (poulet vent for) Principaux éléments/ MB	VG2 : (dinde vent. For.) Principaux éléments/ MB	VG3 : (poulet ventil.for.) Principaux éléments/ MB	Moyenne des 4	Observations
MS : 78,7 %	MS : 36,8 %	MS : 65,5 %	MS : 44,1 %	MS : 56,3 %	Teneur en MS faible pour VG1 et VG3
MO : 58,5 %	MO : 23,9 %	MO : 46,9 %	MO : 33,8 %	MO : 40,7 %	Teneur en MO cohérente (cf valeurs sur MS)
N total 28,5 kg/T dont N organ. 24 kg/T C/N = 9	N total 12,2 kg/T dont N organ. 5,4 kg/T C/N = 10	N total 32,8 kg/T dont N organ. 24 kg/T C/N = 6,7	N total 16,2 kg/T dont N organ. 9,7 kg/T C/N = 10	N total 22,4 kg/T dont N organ. 15,8 kg/T C/N = 9	Teneur en azote élevée pour VG2 (dinde) plus faible pour les autres (poulet). Teneur en NH ₄ élevée (30 %)
P ₂ O ₅ : 29 kg/T dont: 26,6 kg/T soluble citrate neutre dont: 0,15 kg/T soluble eau	P ₂ O ₅ : 14,3 kg/T	P ₂ O ₅ : 28 kg/T	P ₂ O ₅ : 15,2 kg/T dont: 9,5 kg/T soluble citrate neutre dont: 1,1 Kg/t soluble eau	P ₂ O ₅ : 21,6 kg/T	La solubilité, au citrate neutre est de 62% à 91% et la fraction soluble eau représente 5 à 7% du P tot
K ₂ O : 39,7 kg/T dont 39,7 kg/T soluble eau	K ₂ O : 19,3 kg/T	K ₂ O : 33 kg/T	K ₂ O : 19,3 kg/T dont 16,3 kg/T soluble eau	K ₂ O : 27,8 kg/T	La solubilité à l'eau du K ₂ O est bonne (84 % à 100 %)
CaO : 39,5 kg/T MgO : 11,9 Kg	CaO : 23,9 kg/T MgO : 10,6 kg/T	CaO : 30,6 kg/T MgO : 8,3 kg/T	CaO : 25,1 kg/T MgO : 4,9 kg/T	CaO : 29,7 kg/T MgO : 8,9 kg/T	
SO ₃ : 14,7 kg/T	SO ₃ : 6,7 kg/T	SO ₃ : 15,9 kg/T	SO ₃ : 9,3 kg/T	SO ₃ : 11,6 kg/T	

Données sur matière sèche

Tableau N°46

	VF2	VG1	VG2	VG3
	MS	MS	MS	MS
MS	100	100	100	100
MM	25,7	35,1	28,4	23,4
MO	74,3	64,9	71,6	76,6
Corg	32,8	33,7	33,6	38,8
Nt	36,2	33,2	50,1	36,7
Norg	30,5	14,7	36,6	22,0
N-NH ₄	3,4	16,4	11,4	15,5
N-NO ₃	0,2	0,0	0,1	0,0
urée	2,2	0,0	1,9	3,0
P ₂ O ₅	36,8	38,9	42,7	34,5
K ₂ O	50,4	52,4	50,7	43,8
CaO	50,2	64,9	46,7	56,9
MgO	15,1	28,8	12,7	11,2
SO ₃	18,7	18,2	24,3	21,1

- **VG2** présente une teneur en N et P₂O₅ plus élevée sur MS que les 3 autres produits. Par contre les autres paramètres analysés sont proches. Cela peut être dû au fait que **VG2** est issu d'un élevage de dinde et non de poulet comme les 3 autres. Le ratio : fientes / litière n'est pas le même.
- Le compost **VF2** de 8 mois donne un produit peu différent à ce stade d'analyse des produits de 5 mois de compostage avec le procédé de ventilation forcée.
- La solubilité pour le phosphore baisse avec la durée de compostage, ce qui est conforme aux données sur le sujet
- Les 2 des 3 échantillons **VG** issus du procédé de ventilation forcé présentent une teneur en eau plus élevée que la moyenne des composts échantillonnés en Bretagne. Il serait intéressant de vérifier si cette teneur en eau élevée en fin de compostage (elle doit être élevée en début de compostage afin de lancer les fermentations) est spécifique de ce produit avec le procédé de ventilation forcée. On note, en liaison avec cette forte humidité, que la proportion d'azote ammoniacal est très élevée dans VG1 (56%) et élevée dans VG2 (40%), alors que dans un compost sec comme VF2 est n'est que de 16%
- Le maintien de la teneur de la matière sèche et l'élément clef de la qualité des produits.

2- Eléments Traces Métalliques (ETM)

- Les **9 échantillons** analysés nous montrent que ces composts sont largement en dessous des seuils ETM de la norme 44 051 (de facteur 10) pour les polluants comme l'As, le Cd,..., Pour les oligo-éléments le Zn, et le Cu sont sous le seuil.
- Ces références vont dans les sens des analyses déjà effectuées en Bretagne.

3- Inertes (XPU 44 164)

Les échantillons n'ont pas été analysés car les références existantes par ailleurs sur cette déjection nous montre qu'elle est conforme aux critères de la norme amendement organique.

4- Agents pathogènes

→ Module d'analyses réalisées de type : engrais organique.

La norme engrais NFU 42 001 n'impose pas de critère d'innocuité à ce jours. Il importe cependant de se poser la question de savoir dans quelle mesure ces produits seraient conforme ou non à un règlement existant. Nous avons choisi de les comparer aux critères d'homologation.

→ Critères d'homologation (grandes cultures). Conformité = O, Non conformité = N

Tableau N°47

	VF2	VG1	VG2	VG3
Entérocoques	O	O	O	O
E Coli	O	O	O	O
Clostridium Perf.	O	O	N	O
Salmonella	O	O	O	O
Staphylococcus	O	O	O	N
Levures (conf aspergillus)	O	O	O	O
Listéria	O	O	O	O
Nématodes (œufs)	O	O	O	O
Nématodes (larves)	O	O	O	O

5- Caractérisation biochimique de la matière organique (XPU 44 162)

Tableau N°48

	VF2 (8 mois de compostage)	VG1 (5 mois de compostage)	VG2 (5 mois de compostage)	Base de données SADEF/ADEME
ISB	0,22	0,22	0,76 ?	
Tr/MB	203 kg/T	86 kg/T	165 kg/T	
Tr/MO	34,6 %	35,9 %	35,4 %	35,4 %

- Ces 4 références de Tr/MO (5 si on compte aussi VE1) sont étonnement semblables (35 %) pour un produit aussi hétérogène que le fumier de volaille.
- **VF2** est un **engrais** organique avec un potentiel élevé d'humus stable pour ce type de produit (cf commentaires SADEF). Il a une fraction LIC faible (6 % de la MO)
- **VG1** est un **engrais** organique avec un potentiel d'humus stable moyen pour ce type de produit (cf commentaires SADEF). Il a une fraction LIC faible (10 % de la MO)
- **VG2** est un **engrais** organique avec un potentiel d'humus stable élevé pour ce type de produit (cf commentaires SADEF). Il a une fraction LIC faible (7 % de la MO).

6- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 82)

Minéralisation de l'azote (en % de l'N total du produit)

Tableau N°49

	VF2	VG1	VG2	VG3
Azote disponible à court terme	11 %	50 %	24 %	42,6 %
Azote disponible à moyen terme	13 %	6 %	25 %	10,2 %
Azote disponible à long terme	76 %	43 %	51 %	47,2 %

- **VF2** présente une très légère mobilisation de l'N en début d'incubation mais cela n'est pas visible sur le bilan global car totalement couvert par l'N ammoniacal contenu dans le produit.

Sa faible fraction d'N mobilisable dans l'année (24 %) est-elle due au temps de compostage long (8 mois) de ce produit ?

- **VG1** présente une immobilisation en début d'incubation jusqu'à 6 % de l'N du produit. Ce qui commence à être élevé.
La cinétique de libéralisation de N-NO₃ est régulière et ne présente pas de phase de réorganisation.
- Tout comme **VG1** et **VF2**, **VG3** présente une phase de réorganisation de l'N en début d'incubation. Tout comme **VF2** les quantités immobilisées sont peu importantes (4 % de l'N du produit)
- Excepté VF2, ces produits présentent donc des pourcentages d'N minéralisable rapidement, élevés (50 % environ)
- Les Chambres d'Agriculture de Bretagne ont donné un coefficient d'équivalence engrais de l'N de 65 % sur maïs pour les fumiers de volaille de moins de 4 mois épandus au printemps et de 45 % pour cette même culture si le fumier avait plus de 4 mois.
Les chambres d'agriculture donnent 30 % comme coefficient d'équivalence engrais pour les composts de fumier de volaille de plus de 4 mois épandus avant maïs.
La cohérence entre ces références Chambres et la courbe de minéralisation n'est donc pas complète mais n'est pas aberrante
- Le tableau des pourcentages des fractions azotées des différents engrais de ferme donne pour le compost de fumier de volaille, 30 % d'N immédiatement disponible (minéral), 20 % azote organique minéralisable dans l'année, et donc 50 % azote organique minéralisable les années suivantes.
- Minéralisation du carbone : 40 % pour **VF2** et **VG1**, et 38 % pour **VG2** au bout de 91 jours.

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

VF2 et **VG2** sont totalement conformes aux critères de la norme NFU 42 001 (Dénomination : fientes de volaille avec litière) car : N org sur MB > 1 % et N+P+K > 7 % sur MB et N, P, K sont > 2% chacun sur MB et leur teneur en MS est > à 50 %

VG1 et **VG3** ne sont pas conformes à la norme NFU 42 001 du fait de leur teneur en matière sèche trop faible. Il faudrait au moins 60 % de MS à **VG1** et 55 % de MS à **VG3** pour être conformes à cette norme. Il ne sont pas conformes également à la norme NFU 44051 révisée, car la proportion d'N minéral dépasse 33% de l'N total.

Ces composts pour les critères microbiologiques sont conformes aux critères de l'homologation, et pour les ETM et inertes ils sont conformes à la norme 44 051

Ces produits sont classés en type I bis dans le cadre du classement de la directive nitrate.

B3-B) Commentaires sur leur valeur fertilisante et leur usage agronomique

Ces produits pourraient avoir sans difficulté une norme engrais si leur teneur en eau à la mise sur le marché pouvait être plus régulière et plus élevée (au moins 50 % de MS ?)

Comparaison moyenne des 4 composts avec des fientes seules

Tableau N°50

	Compost de fiente de dinde ou poulet sur paille Dose : 7 T/ha (environ 170 kg/N/ha)	Fientes de volaille Dose : 4 T/ha (environ 170 kg/N/ha)	Commentaires sur une comparaison entre le compost de fientes de volaille sur paille et les fientes pures
Matière organique Potentiel « d'humus stable » calculé au laboratoire (Tr/MO)	2,8 T/ha 1 T/ha	2,3 T/ha 0,4 T/ha	L'apport de MO est plus élevé avec le compost
Azote total	155 kg/ha	160 kg/ha	Les vitesses de minéralisation de l'N des fumiers de volaille compostés sont légèrement plus faibles que pour la fiente seule
Phosphore	155 kg/ha	120 kg/ha	Les doses sont élevées. Dans le cas du compost de fumier de volaille il importe de conseiller des apports une année sur 2 ou 3
Potassium	180 kg/ha	112 kg/ha	Apport de potassium important avec le fumier de volaille
Calcium	210 kg/ha	320 kg/ha	Apport de CaO non négligeable dans les 2 cas
Magnésium	60 kg/ha	40 kg/ha	Apport de MgO non négligeable
Soufre	80 kg/ha	60 kg/ha	

- Le compost de fumier de volaille apporté à 7 T/ha est comparable, par son effet fertilisant, à de la fiente sèche apporté à 3-4 T. La différence se situe au niveau de la quantité de MO apportée, plus importante pour le fumier.
- Il serait intéressant de vérifier cette évolution des vitesses de minéralisation avec la durée de compostage afin de voir si l'évolution des coefficients proposés pour le maïs par les Chambres d'Agriculture (65 % moins de 4 mois, 45 % plus de 4 mois et 30 % produits compostés) se justifie pour ce type de produit.
- Par contre, les courbes de minéralisation de l'N nous apprennent que, dans 3 échantillons sur 4, il a eu une phase de réorganisation plus ou moins prononcée. Si on peut invoquer un biais expérimental (cf comp de DV) pour une légère réorganisation en début d'incubation, **VG1 et VG2** présentent une stabilisation de l'N insuffisante pour un compost.
- Du fait de sa bonne disponibilité de l'N (50 % sur l'année) ce compost à comportement d'engrais est particulièrement bien adapté aux cultures de printemps. Il ne paraît pas aberrant de donner à ce type de produit des coefficients d'efficacité du phosphore égale ou légèrement inférieure à la fiente de volaille pure soit : 50 à 60 % (65 % COMIFER)
- L'apport de CaO, de K₂O et de matières organiques est incontestablement à mettre en avant en plus des effets fertilisants azoté et phosphaté.
- Sa teneur élevée en P₂O₅ limite son intérêt en sol bien pourvu et en cultures légumières peu consommatrices de phosphore.

Conclusions sur le compost de fumier de volailles avec litière.

Tous les produits étudiés présentent une charge en pathogène faible, conforme pour ainsi dire aux **critères d'homologation**.

- En absence de seuil pour les engrais on peut se baser pour comparer ces produits sur le **Règlement européen (CE) 1774/2002** établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine, et modifié par le Règlement (CE) 208/2006,

Nous remarquons que pour les produits compostés visés par le règlement, sur un seul et même site, ils doivent satisfaire en fin de traitement aux exigences :

- *Escherichia coli* : $n = 5$, $c = 1$, $m = 1000$, $M = 5000$ dans 1 g . Les fumiers de volaille avec litière et compostés sont donc conformes sur ce critère.
- ou Enterococcaceae : $n = 5$, $c = 1$, $m = 1000$, $M = 5000$ dans 1 g. Les fumiers de volaille avec litière et compostés sont donc conformes sur ce critère.
- et *Salmonelles* : absence dans 25 g; $n = 5$; $c = 0$; $m = 0$; $M = 0$. Les fumiers de volaille avec litière et compostés sont donc conformes sur ce critère.

Avec :

n = le nombre d'échantillons à tester;

m = la valeur-seuil pour le nombre de bactéries. Le résultat est considéré comme satisfaisant si le nombre de bactéries dans la totalité des échantillons n'excède pas m

M = la valeur maximale du nombre de bactéries. Le résultat est considéré comme non satisfaisant si le nombre de bactéries dans un ou plusieurs échantillons est égal ou supérieur à M

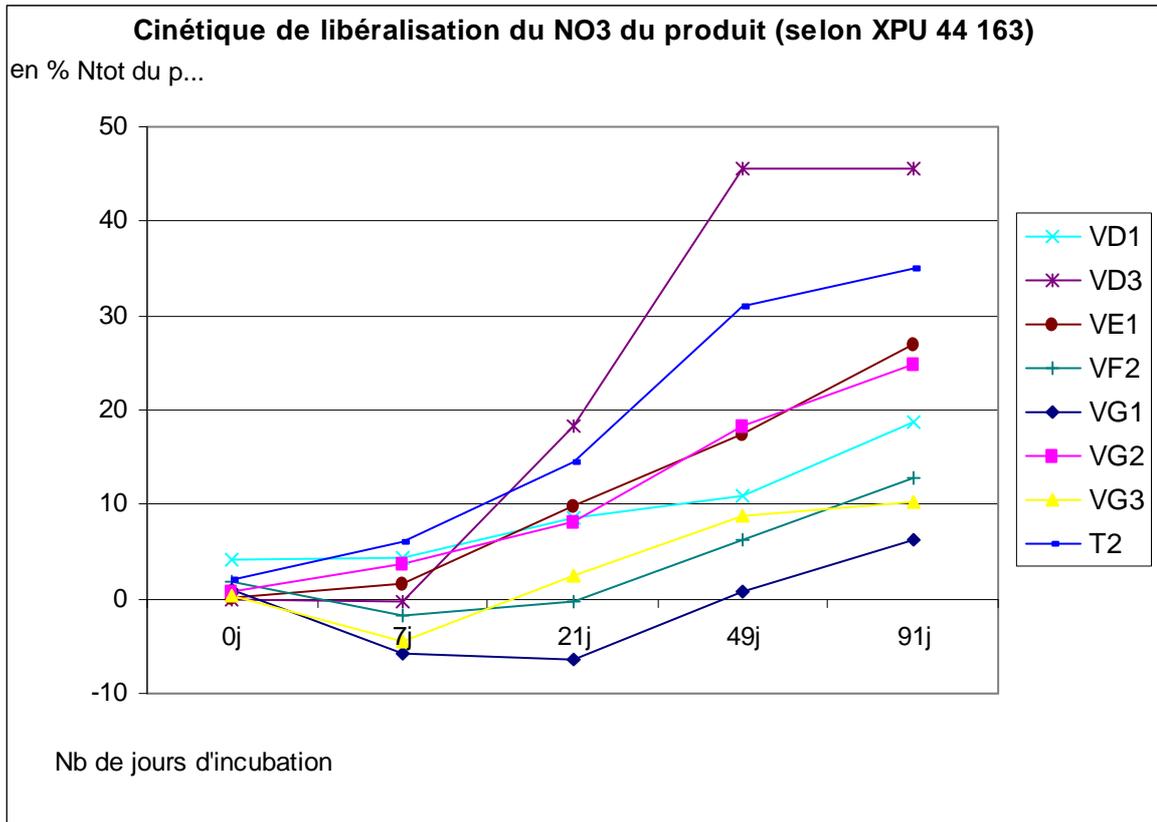
c = le nombre d'échantillons dans lesquels le nombre de bactéries peut se situer entre m et M , l'échantillon étant toujours considéré comme acceptable si le nombre de bactéries dans les autres échantillons est égal ou inférieur à m .

Note : ce règlement précise qu'il importe de disposer de 5 échantillons pour chaque lots ce qui n'est pas le cas ici.

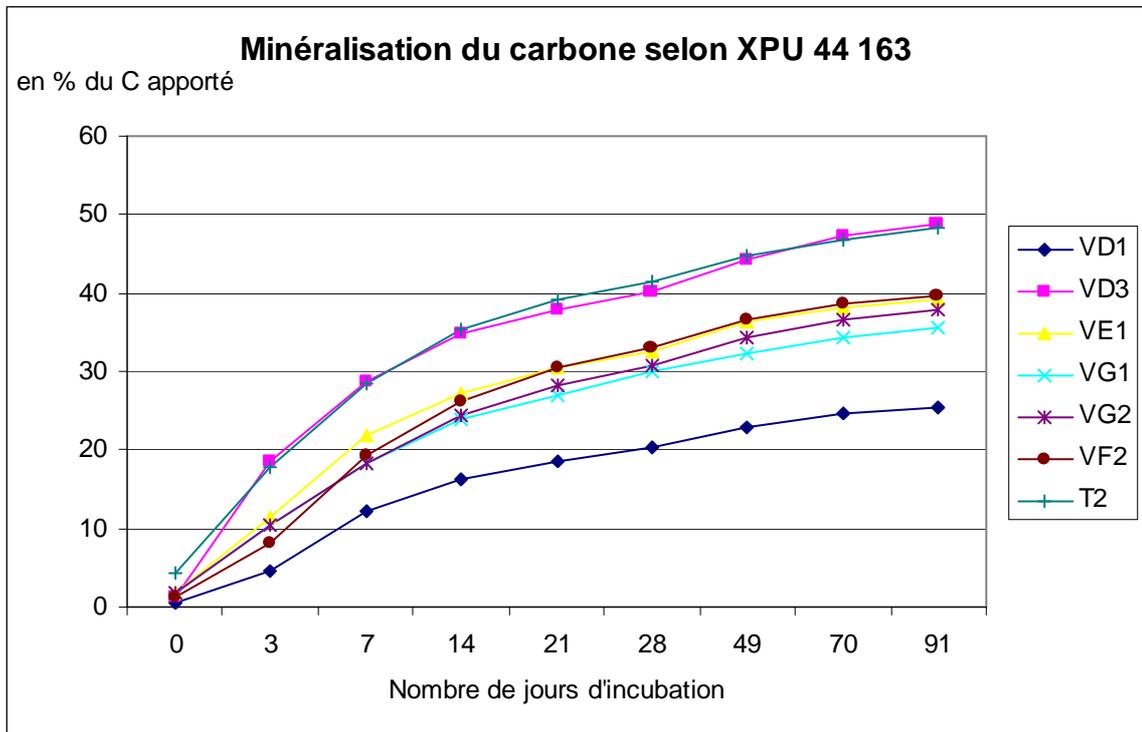
- Tous les compost étudiés ont un effet azoté fort
Les vitesses de minéralisation de l'azote de l'analyse selon le protocole (XPU 44 163) sont variables en fonction du type de compost : 75 % (à vérifier par d'autres analyses) pour les composts dinde + copeaux, 50 % environ pour les composts volailles avec paille (et poulette sur paille ou copeaux)
Ce pourcentage représente la fraction dite minéralisable de l'azote du produit sur l'année. Il correspond à l'azote minéral plus l'azote organique minéralisé durant les 91 jours d'incubation.
- Le rapprochement entre des coefficients d'équivalence engrais observés au champ ou CAU (coefficient apparent d'utilisation qui représente la fraction azoté absorbée par la culture) et des analyses de laboratoire est chose délicate.
Nous savons en particulier que les coefficients d'équivalence engrais (et les CAU) varient fortement en fonction de la date d'épandage du produit.
Pour mémoire et sans précision sur la nature des composts, les données de Kerguéhennec (1996/1998) sur maïs donnent selon les années des CAU des fumiers compostés de 50 à 90 % des CAU de fumiers de volaille (soit 30 à 50 % d'un équivalent engrais minéral).
ARVALIS donne des CAU pour le RGA du fumier de bovin égale à 50 % le CAU du fumier de volaille. Toujours pour le RGA, ARVALIS donne des CAU du compost de fumier de volaille égales à 70 % du fumier de volaille non composté sans préciser s'il s'agit d'un compost avec copeau ou avec paille avec des fientes de dindes ou de poulet.
- Le compost fumier de dinde avec copeaux nous paraît être, surtout s'il est bien composté, le produit qui a le plus un comportement « amendement » sur les 9 produits analysés, mais avec des vitesses de minéralisation de l'N les plus élevées.
Par contre les fumiers compostés de poulette et de poulet ou dinde sur paille nous paraissent peu différents surtout si on compare les valeurs rapportées à la MS du produit!

- Ces produits ont des solubilités du potassium de l'ordre de 80 % du K total. Cette solubilité est plus élevée que pour les produits urbains (30 à 50 %)
- La biodisponibilité du phosphore, nous le savons, baisse avec la durée du compostage (cf fientes). La solubilité est pour l'ensemble de ces 9 produits de 80 % dans le citrate et 12 % dans l'eau.
- A dose recommandée, les flux de MgO et SO₄ sont assez proches quelque soit le compost ou fientes utilisés.
- La teneur en CaO (voir K₂O également) varie par contre fortement entre les produits sans qu'il y ait d'explications très précises.
- Le phosphore sera, en sol bien pourvu (Bretagne), le facteur limitant essentiel d'utilisation de ces composts.
- A dose agronomique l'apport de soufre par le compost de fientes avec litière est proche d'un fumier de bovin.
- Atteindre une teneur en matière sèche en fin de compostage de 50 (ou mieux 55 % voire 60 % de MS) est le facteur essentiel à maîtriser pour pouvoir prétendre à une norme engrais (42 001).

Graphique N°6



graphique N°7



4 – LES PRODUITS URBAINS

Compost de déchets verts (DV)

Compost urbain mixte

Compost de MIATE

LE COMPOST DE DECHETS VERTS (D.V)

A) Nature et origine du produit

- Matières premières entrant dans la composition du produit : déchets végétaux collectés principalement en déchetterie incluant des tailles de haies, tontes de pelouses, branchages...
- Echantillon(s) analysé(s) :
 - L'échantillon UA1 a été prélevé en janvier 2006 sur le site Valorys du Smitred Ouest d'Armor à Pleumeur-Bodou (22 – pays de Lannion).
- Autres données et références utilisées: (cf annexe)
 - Le gérant de la plate-forme, GEVAL, nous a mis à disposition 10 analyses de ce produit, réalisées sur le même site de novembre 2000 à novembre 2005.
 - Le SATTOM 22 nous a mis à disposition 1 analyse minéralisation de l'N et du C et 1 analyse d'inertes.
 - Etude CRAB (Caractérisation) d'avril 2002, incluant 2 composts de déchet vert, et l'étude CRAB (Qualification) de décembre 2002 qui a porté sur 1 compost de déchet vert.

Procédé(s) de fabrication

- Procédé de compostage mis en oeuvre sur le site de Pleumeur-Bodou : procédé « Végéterre »
 - Déroulement
 - broyage des déchets végétaux en régie (granulométrie faible en sortie de broyeur)
 - mise en andains de 2 à 300 m³
 - fermentation (avec ou sans arrosage et 3 à 4 retournements) : 10 à 12 semaines
 - maturation : 3 à 5 mois
 - criblage maille 30 mm
 - stockage avant livraison
 - Plate forme aménagée: 14 000 m² permettant de traiter 16 000 T/an.
 - Caractérisation du tas prélevé :
 - 6 mois de maturation, produit criblé maille de 30mm
 - 300 m³ environ de volume
 - Référence de l'analyse : **UA1**
 - Marque commerciale déposée (GEVAL) : **(ROTEL GWER)**

B) Composition et caractéristiques du produit

Les résultats détaillés sur MS et MB figurent dans les tableaux en annexe.

1- Eléments majeurs

Tableau N°51

Principaux éléments/ MB	Observations	Comparaison avec les autres analyses ou références du site
MS : 57%	Bonne teneur en MS pour ce type de produit	La teneur en matière sèche peut varier de 40 à 70%. La moyenne est de 55%
MO : 27%	Bonne teneur en MO pour ce type de produit	Teneur conforme à la moyenne (28%) des analyses du site
Azote total 8,3 kg/T Dont azote organique 8,1 kg/T C/N = 17	Teneur en azote assez élevée pour ce type de produit, en rapport avec la teneur élevée en MS. L'azote est organique à 98%	Les autres analyses sur ce produit indiquent des teneurs variant de 6 à 10. Sur le site de Pleumeur B la moyenne N total est à 1%/MB et le C/N est de 15
P ₂ O ₅ : 3,58 kg/T Dont : 2,5 kg/T soluble citrate Dont : 0,21 kg/T soluble eau	La solubilité, au citrate neutre est de 70% et de 6% soluble eau. Elle est notoirement plus faible que pour les produits d'origine animale	La moyenne des analyses P ₂ O ₅ du site de Pleumeur B est de 4 kg/T MB
K ₂ O : 6,52 kg/T Dont : 2,45 Kg/T soluble eau	Solubilité à l'eau du K ₂ O n'est que de 37%.	La moyenne des analyses K ₂ O du site de Pleumeur B est de 7 kg/T MB
CaO : 13,1 kg/T MgO : 3,7 kg/T	La teneur en CaO est très variable	Les moyennes des analyses CaO du site de Pleumeur B est de 17 kg/T MB pour 3 kg/T pour le MgO
SO ₃ : 2,6 kg/T	Teneur classique	La moyenne de 4 analyses est de 4 kg/T

- Nous remarquons cependant que le C/N est élevé (17) sans être hors de la variabilité observée sur le site.
- Ces références sont également proches des références GEVAL des sites de Pont Scorff et Pont L'Abbé (36 analyses de 1998 à 2006).
- L'échantillon analysé apparaît être représentatif des composts fabriqués avec une certaine technicité en Bretagne au cours des dernières années.

2- Eléments Traces Métalliques (ETM)

- L'échantillon analysé est comparable aux analyses déjà disponibles : Selon les analyses disponibles, tous les éléments traces sont à des concentrations plus faibles que la norme 44 051 d'un facteur 5 à 10.

3- Inertes (XPU 44 164)

- Les 3 analyses dont nous disposons sur ce site montrent toutes l'absence de film et PSE > 5 mm, une présence faible des autres plastiques > 5 mm (0 à 0,01 %) et des verres et métaux > 2 mm (0,02 à 0,1 %).
- Les inertes totaux, principalement composés de petits cailloux et graviers, représentent 17,4% du poids sec, ce qui est plutôt modéré pour ce type de produit

4- Agents pathogènes

Module d'analyses réalisées de type : amendement organique. Conformité par rapport à la norme 44051 vis à vis des agents pathogènes (Salmonelles, Œufs d'Helminthes viables) mais pas pour les deux indicateurs de traitement (E Coli, Entérocoques).

5- Caractérisation biochimique de la matière organique (XPU 44 162)

Tableau N° 52

	Echantillon UA1	Etude CRAB avril 2002	Etude CRAB décembre 2002
I S B	0,78		0,73
Taux résiduel Tr/MB	140 kg/T		
Taux résiduel Tr/MO	51%	34% et 37%	41%

- Produit **riche en matière minérale** présentant un potentiel d'humus stable plutôt élevé par rapport aux références de ce type de produit (cf : SADEF).
- La fraction LIC de la MO (partie de la matière organique considérée comme la plus persistante dans le sol) est de 38.9 %. Cette fraction est dans la moyenne nationale observée pour ces composts (Etudes ADEME/SADEF). La moyenne nationale du Tr/MO pour ces produits étant de 46 %.

6- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 98)

- **Minéralisation de l'azote** : Absence de libération à court et moyen terme. Réorganisation jusqu'à - 6,9% d'N apporté. La minéralisation nette ne pourra débuter que 18 mois après l'apport au champ.
L'autre référence du site de Pleumeur-Bodou dont nous disposons fait état d'une phase de réorganisation importante jusqu'à -11 % au 14^{ème} jour mais qui se termine par un pourcentage d'azote organique minéralisé au final que de +1 % environ (Les références CRAB d'avril 2002 qui portaient sur une durée d'incubation de 105 jours faisaient état d'une minéralisation de +5 à +10 % de l'N du produit avec une phase de réorganisation de -10% au 20^{ème} jour pour l'un d'entre eux. La référence CRAB de décembre 2002 (105 jours d'incubation) fait état d'une minéralisation de + 5%).
- **Minéralisation du carbone** : en fin d'incubation, le carbone minéralisé représente 9,7 % du carbone apporté.
(La référence SATTOM dont nous disposons fait état d'une minéralisation du carbone apporté de 16 %. Les références CRAB font état de 2 à 5 % de minéralisation)

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

Ce produit est conforme à la norme NFU 44051 pour l'ensemble des paramètres.

Dénomination 4 : compost vert

Le C/N est toujours > à 8. Il est donc du type I dans le cadre du classement de la directive nitrate.

C) Commentaires sur la valeur fertilisante et son usage agronomique

Ce produit est un amendement organique dont l'intérêt premier est l'apport de matière organique.

Comparaison compost de DV et fumier de bovin

Tableau N°53

	Compost vert Dose : 30 T/ha	Fumier de bovins Dose : 30 T/ha	Commentaires sur le compost de DV en comparaison au fumier de bovin
Matière organique Potentiel «d'humus stable» calculé au laboratoire (Tr/MO)	8 T/ha 4 T/ha	5 T/ha 2 T/ha	Le compost de DV a un effet « amendement » deux fois plus élevé que le fumier de bovin
Azote total	240* kg/ha	165 kg/ha	* N peu disponible à court et moyen terme (5% de disponibilité ?)
Phosphore	105 kg/ha	90 kg/ha	La teneur en P ₂ O ₅ est proche de celle d'un fumier de bovin
Potassium	195 kg/ha	285 kg/ha	Le fumier de bovin est riche en K ₂ O
Calcium	390 kg/ha	170 kg/ha	Apport de CaO non négligeable par le compost de DV
Magnésium	105 kg/ha	50 kg/ha	Apport de MgO non négligeable par le compost de DV
Soufre	80 kg/ha	65 kg/ha	

Le compost de déchets verts . Données agronomiques complémentaires :

- Le coefficient d'efficacité de l'azote est très faible, voire négatif (faim d'azote) durant plusieurs mois après son incorporation, Cette référence est inférieure aux données précédemment validées en Bretagne (coefficient d'équivalence engrais) de l'N sur maïs : 5 %).
- Il est difficile d'interpréter une courbe de minéralisation azoté d'un produit comprenant des particules grossières de bois car, selon le protocole expérimental XPU 44 163, celles-ci sont broyées puis tamisées à 1 mm avant leur incorporation à un sol. Cette action mécanique va provoquer de fait un éclatement des brindilles et la création de nouveaux sites de MO ligneuses non compostées qui vont mobiliser de l'N pour leur décomposition pendant le temps de l'analyse. La traduction des données du laboratoire au champ où ce re broyage n'a pas lieu est alors quelque chose d'aléatoire.
- l'évolution de ce produit est très lente dans le sol (10 % de carbone minéralisé en 15 mois d'équivalence au champ)
- Son action sur les propriétés physiques du sol sera donc plus due à l'effet mécanique de ses particules grossières qu'à des effets sur la flore et faune microbienne et la stabilité structurale.
- L'apport d'humus stable est important à une dose agronomique de 30 T/ha (4 T/ha d'humus stable selon la norme XPU 44 162)
- L'apport de potasse, calcium et magnésium est important à cette dose. Il doit être mis en exergue.
- L'apport en soufre de ce produit à dose agronomique conseillée (30 T/ha) est un peu plus élevé que l'apport d'un fumier de bovin. Mais les fluctuations observées dans les analyses doivent nous garder de toutes généralisations rapides

<p>COMPOST DE : COMPOST URBAIN + BIO DECHETS + COMPOST DE DECHETS VERTS (COMPOST URBAIN MIXTE)</p>

A) Nature et origine du produit

- **Matières premières rentrants dans la composition du produit :**
 - Compost de déchets verts
 - Compost urbain frais issu du traitement mécanique des ordures ménagères grises provenant de collectes sélectives
 - Bio déchets de l'agro-alimentaire
- **Echantillon analysé**
 - L'échantillon a été prélevé en janvier 2006 sur le site du SMITOM à Launay Lantic (22)
 - Caractérisation du tas prélevé :
 - 5 mois de maturation du mélange
 - 700 m³ environ de volume

Référence de l'analyse : **UB1**

Marque commerciale (GEVAL) : **(ROTEL GELL)**

- **Autres données de références** (cf annexe)
 - Le gérant de la plate-forme, GEVAL, nous a mis à disposition 13 analyses de ce même produit, réalisées sur le même site d'août 2004 à mars 2006 et d'une référence de 2004 sur un compost issu du tri sélectif (Pont Scorff 2004)
 - Nous disposons de peu d'analyses spécifiques (incubation, caractérisation...) du fait de la nouveauté du produit. Nous nous référons aux études (ADEME, SADEF) sur les composts d'OM sachant que les produits décrits dans ces études ne sont pas totalement les mêmes que celui analysé.

Procédé de fabrication

- **Procédé de compostage utilisé sur le site depuis avril 2005 :**
 - Fonctionnement :
 - A) le compost de déchets verts (35% en poids)
 - broyage des déchets verts
 - mise en andains de 500 à 1.000 m³
 - fermentation : 3 mois avec 2 retournements
 - criblage maille 35 mm
 - B) Le compost urbain frais (35% en poids)
 - stockage en fosse
 - pré fermentation en BRS + affinage (2 à 3 jours)
 - tri mécanique performant et tamisage
 - C) Les bio déchets issus de collectivités ou d'industriels (30 % en poids)
 - stockage en fosse (incorporation rapide)
 - (les bio déchets de l'échantillon prélevé étaient composés surtout de déchets de pomme de terre, graisse de laiterie et refus de pêche)

D) Compostage, (après mélange au godet des trois composants ci dessus décrits), pendant 3 mois avec 3 retournements sur une aire couverte en premier lieu puis sur une aire stabilisée extérieure pour la maturation.

→ Plate forme aménagée : 20 000 m² pour l'ensemble du site permettant de traiter 18 000 T/an d'OM + bio déchets. L'aire couverte de maturation à une surface de 2 800 m²

B) Composition et caractéristiques du produit

Les résultats détaillés sur MS et MB figurent dans les tableaux en annexe

1- **Eléments majeurs**

Tableau N°54

Principaux éléments sur MB	Observations	Comparaison avec les autres analyses ou références du site
MS : 52,3 %	Bonne teneur en MS pour ce type de produit	La teneur en MS peut varier de 44 à 58%
MO : 195 kg/T	Produit présentant une teneur limite vis à vis de la norme amendement (200 kg/T)	La moyenne des échantillons analysés est de 260 kg/T. Cette valeur est donc basse par rapport aux autres références
Azote total : 6 kg/T dont azote minéral : 1 kg/T (C/N = 19)	Teneur en N total classique pour ce produit. Par contre le C/N est élevé	La moyenne des échantillons analysés est de 9 kg/T avec un C/N de 15. Cet échantillon n'est donc pas totalement représentatif de la production sur ce critère
P ₂ O ₅ : 5,03 kg/T Dont : 4 kg/T soluble citrate Dont : 0,21 kg/T soluble eau.	Teneur en P ₂ O ₅ non négligeable (près de 2 fois la teneur d'un fumier de bovin) à 80% soluble citrate et 4% soluble eau. Le phosphore de ce produit a des solubilités à peine plus faibles que les produits d'origine animale	La moyenne des échantillons analysés est de 5 kg/T
K ₂ O : 6,92 kg/T dont : 3,62 kg/T soluble eau	Teneur en K ₂ O classique pour ce type de produit. La solubilité eau est faible (50%)	La moyenne des échantillons analysés est de 6 kg/T
CaO : 52,7 kg/T MgO : 5,43 kg/T	Produit caractérisé par une forte teneur en CaO	Conforme aux moyennes
SO ₃ : 3,6 kg/T	Teneur classique	Un peu plus faible que la moyenne

Si on se réfère aux sources ADEME (1998-1999) vis à vis des composts urbains de l'ancienne génération, cet amendement organique issu d'un mélange (moyenne des analyses dont nous disposons) est peu différent sauf pour la teneur en MO qui est plus faible (effet de l'ajout du compost de DV , présence d'inertes totaux élevés ?).

2- **Eléments Traces Métalliques (ETM)**

→ Ce produit analysé est conforme aux analyses déjà disponibles sur le site. Selon ces analyses tous les éléments traces sont à des concentrations plus faibles que la norme 44 051 d'un facteur 2 à 5 sauf pour le Zn qui peut parfois légèrement dépasser le seuil de 600mg/kg MS.

3- Inertes (XPU 44 164)

- Les 12 analyses que nous disposons montrent une variabilité très élevée en particulier sur les verres + métaux (280 %) et sur les plastiques (70 à 80 %).
- L'échantillon prélevé dans le cadre de ce travail fait ressortir une absence de plastique. Cet absence n'est pas conforme aux autres analyses dont nous disposons
- Les inertes totaux, principalement composés de petits cailloux, verre et graviers < à 5 mm, sont de 38.8 % sur sec, ce qui est plutôt élevé pour ce type de produit.

4- Agents pathogènes

- Module d'analyses réalisées de type : amendement organique. Conformité par rapport à la norme 44051 vis à vis des agents pathogènes (Salmonelles, Œufs d'Helminthes viables) mais pas pour les deux indicateurs de traitement (E Coli, Entérocoques).

5- Caractérisation biochimique du produit analysé (XPU 44 162)

Tableau N°55

	Echantillon UB1	Etude CRAB avril 2002 (1)	Etude CRAB décembre 2002 (2)
ISB	0,44		0,3
Indice de stabilité Tr/MB	63 kg/T		
Indice de stabilité Tr/MO	32%	0,43% et 0,33%	0,43%

- Produit **riche en matière minérale** présentant un potentiel d'humus stable moyen par rapport aux références de ce type de produit (cf : commentaires SADEF).
 - (1) composts urbains ancienne génération de 6 et 7 mois (BRS et SM)
 - (2) compost urbain BRS de 3 mois
- La fraction LIC, de **UB1** considérée comme représentant la fraction la plus stable de la MO du produit est de 28 %. Cette référence est plus faible que la moyenne nationale observée pour les composts d'OM (ancienne génération) (Etudes ADEME/SADEF). Par contre le Tr/MO est conforme à cette moyenne nationale (35 %)

6- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 98)

- **Minéralisation de l'azote** : absence de libéralisation à court et moyen terme. Réorganisation jusqu'à 0,23 kg d'N/T/MB apporté (soit - 3,4 % de l'N total du produit) au moins pendant une première phase après l'apport. La minéralisation nette ne pourra débiter que 18 mois après l'apport au champ.

(Les références CRAB d'avril 2002 qui portaient sur les composts « ancienne génération » avec une durée d'incubation de 105 jours faisaient état d'une réorganisation nette de - 5 à - 30 % de l'N du produit. La référence CRAB de décembre 2002 (105 jours d'incubation) fait état d'une réorganisation nette de - 15 % de l'N du produit).

La référence GEVAL de 2004 sur le compost issu du tri sélectif de Pont Scorff (56) (Rotel Du) fait état, pour une durée d'incubation de 56 jours, d'une minéralisation nette de 5,6 % de l'N total.

- **Minéralisation du carbone** : en fin d'incubation, le carbone minéralisé représente 18 % du carbone apporté.

Les références des études CRAB donnent une minéralisation nette de 20 à 30 % du C des composts urbains d'ancienne génération, et la référence GEVAL sur le **Rotel-Du** fait état d'une minéralisation de 22 % du C apporté

Conformité par rapport aux normes

Ce produit est conforme à la norme NFU 44051 pour l'ensemble des paramètres sauf pour la teneur en MO sur MB (19% au lieu de 20%)

Dénomination 5 : compost de fermentescibles alimentaires et/ou ménagers

Le C/N est toujours > à 8. Il est donc du type I dans le cadre du classement de la directive nitrate.

C) Commentaires sur la valeur fertilisante

Ce produit est un amendement organique dont l'intérêt est l'apport de matière organique mais aussi de calcium. Il est relativement riche en P₂O₅ et son effet azote doit être faible.

Comparaison : compost urbain mixte et fumier de bovin

Tableau N° 56

	Comp OM + DV Dose : 30 T/ha	Fum. de bovins Dose : 30 T/ha	Commentaires sur le compost de Launay Lantic
Matière organique Potentiel « d'humus stable » calculé au laboratoire (Tr/MO)	6/7 T/ha 1,9 T/ha	5 T/ha 2 T/ha	Apport de MO stable au sol proche d'un fumier de bovin
Azote total	180*kg/ha	165 kg/ha	* N peu disponible voir risque de faim d'azote. Le coefficient d'efficacité de l'N est plus faible que pour le fumier de bovin
Phosphore	150 kg/ha	90 kg/ha	L'apport de P ₂ O ₅ à cette dose agronomique conseillée est élevé.
Potassium	207 kg/ha	285 kg/ha	La solubilité (eau) du K ₂ O de ce produit est de 52%
Calcium	1 580 kg/ha	170 kg/ha	Cet apport calcique doit avoir une action neutralisante sûrement importante. Il importe de la prendre en compte
Magnésium	160 kg/ha	50 kg/ha	Apport élevé de MgO
Soufre	108 kg/ha	65 Kg/ha	Apport élevé de SO ₄

Le compost Rotel Gwer de Launay Lantic . Données agronomiques complémentaires

- Le coefficient d'efficacité de l'azote est très faible, voire négatif (faim d'azote) durant plusieurs mois après son incorporation. Cette référence est inférieure aux données précédemment validées (coefficient d'équivalence engrais de l'N sur maïs : 10% : Chambres d'agriculture de Bretagne). La représentation de l'échantillon est peut être, sur cet aspect, à remettre en cause du fait de sa faible teneur en N et de son C/N plus élevé que la moyenne sans compter sur la remarque méthodologique de la norme XPU 44 163 (cf au dessus : compost de DV).
- Compte tenu d'un C/N élevé, de la présence d'une teneur en NH₄ non négligeable (1Kg/T) et d'une cinétique de minéralisation négative (réorganisation) ont peu avancer l'hypothèse d'un compostage insuffisant du produit.
- L'évolution de ce produit est lente dans le sol (18 % de carbone minéralisé en 15 mois d'équivalence au champ. (22% pour le fumier de bovin étudié)). Cela est peut être dû à la présence de compost de DV. Ses actions sur les propriétés physiques et biologiques du sol seraient donc dues à la fois à l'effet mécanique de ses particules grossières et à des

effets sur la flore et faune microbienne et sur la stabilité structurale. Mais l'action de ce produit sur ces deux derniers paramètres sera d'autant plus faible que le produit sera mûr. L'apport d'humus stable est faible à moyen à une dose agronomique de 30 T/ha (1.9 T/ha d'humus stable) selon la norme XPU 44 162

- L'effet apport de CaO est très important à cette dose de 30 T/ha . C'est la première spécificité de ce produit (en plus de l'effet amendement organique). L'apport en soufre semble également plus élevé qu'un fumier de bovin.
- L'apport de P₂O₅ (du double d'un fumier de bovin), K₂O MgO et SO₃ sont aussi à prendre en compte.

LE COMPOST DE DECHET VERT + BOUE DE STATION D'EPURATION URBAINE (COMPOST DE MIATE)

A) Nature et origine du produit

- Matières premières entrant dans la composition du produit : déchets végétaux collectés principalement en déchetterie incluant des tailles de haies, tontes de pelouses, branchages et des boues de station d'épuration urbaine (MIATE)
- Echantillon(s) analysé(s) :
 - L'échantillon **UD1** a été prélevé en janvier 2006 sur le site de la SAUR de St Jean de Brévelay (56)
- Autres données et références utilisées :
 - Le gérant de la plate-forme, SAUR, nous a mis à disposition 3 analyses agronomiques de ce produit, réalisées sur le même site de juillet 2005 à février 2006 ainsi que des analyses caractérisations, inertes et CTO.

Procédé(s) de fabrication

- Procédé de compostage mis en oeuvre sur le site de St Jean de Brévelay
 - Déroulement
 - broyage des déchets végétaux
 - mélange broyat de DV (44 % du poids) et MIATE (56% du poids)
 - fermentation en casiers ventilés (3 à 4 semaines)
 - maturation en plate forme couverte: 4 à 5 semaines
 - criblage maille 15 mm
 - stockage avant livraison
 - Plate forme aménagée: 2 800 m² permettant de traiter 7 500 T/an de boue.
 - Caractérisation du tas prélevé :
 - 2 mois de maturation, produit criblé
 - 100 m³ environ de volume
 - le broyat de DV qui a été apporté a été, sur ce lot, composé principalement de refus de criblage issus de l'unité.
 - Référence de l'analyse : **UD1**

B) Composition et caractéristiques du produit

Les résultats détaillés sur MS et MB figurent dans les tableaux en annexe.

1- Eléments majeurs

Tableau N°57

Principaux éléments/ MB	Observations	Comparaison avec les autres analyses ou références du site
MS : 63.3%	Teneur en MS élevée pour ce type de produit	La teneur en matière sèche peut varier de 53 à 63 %.
MO : 32%	Bonne teneur en MO pour ce type de produit Fraction minérale proche de 50%	Teneur conforme à la moyenne (28 %) des analyses du site
Azote total 14,8 kg /T dont azote organique 11,4 kg /T C/N = 11	Teneur en azote assez faible pour ce type de produit, non en rapport avec la teneur élevée en MS. L'azote est organique à 77 %	Les 3 autres analyses sur ce produit indiquent des teneurs en N variant de 16 à 19 kg/T. avec des C/N de 7,3 à 7,8
P ₂ O ₅ : 28,1 kg/T dont : 24,7 kg/T soluble citrate dont : 1,6 kg/T soluble eau	La solubilité, au citrate neutre est de 88% et de 6% soluble eau Le teneur en P ₂ O ₅ est 8 à 10 fois celle d'un fumier de bovin	La moyenne des 4 analyses P ₂ O ₅ du site de St Jean de Brévelay est de 21.5 kg/T MB
K ₂ O : 14,1 kg/T dont : 5,54 kg/T soluble eau	Solubilité à l'eau du K ₂ O n'est que de 39 %.	La moyenne des 4 analyses K ₂ O du site est de 13 kg/T MB
CaO : 22,2 kg/T MgO : 6,81 kg/T	Produit riche en CaO (attention ! les boues ne sont pas chaulées)	Les moyennes des analyses CaO du site est de 21,2 kg/T MB pour 6,3 kg/T pour le MgO
SO ₃ : 9,5 kg/T	Bonne teneur en soufre	La moyenne de 4 analyses est de 7,8 kg/T

- Nous remarquons que le C/N de cet échantillon est élevé (11). En effet les autres analyses du site font état d'un C/N de 7 à 7.5.
- L'échantillon analysé a comme différence avec les autres échantillons d'avoir été fabriqué principalement avec du refus de criblage composé de morceaux de bois déjà plus ou moins compostés. Cela entraîne, par rapport à la moyenne des analyses, un apport moindre d'N (absence des feuilles et brindilles du broyat de déchet vert frais) et une composition différente des matières carbonnées.

2- Eléments Traces Métalliques (ETM)

- L'échantillon analysé est comparable aux analyses déjà disponibles :
Selon les 4 analyses disponibles tous les éléments traces sont à des concentrations plus faibles que la norme 44 095 d'un facteur 3 à 10 sauf pour le Cu et Zn qui peuvent parfois être à des concentrations un peu plus élevées tout en restant au dessous des 50% du seuil.

3- Inertes (XPU 44 164)

- Les 3 analyses dont nous disposons sur ce site montrent toutes l'absence de films et PSE > 5 mm, une présence faible des autres plastiques > 5 mm (0 à 0,2 %) et des verres et métaux > 2 mm (0,1 à 0,7 %).
- Les inertes totaux, principalement composés de petits cailloux et graviers, représentent 15.4 % du poids sec, ce qui est plutôt modéré pour ce type de produit

4- Composé trace organique

- Dans le cadre de cette étude l'analyse des composés trace organique n'a pas été faite. Par contre le gestionnaire SAUR nous a mis à disposition 3 analyses correspondant aux exigences de la norme 44095. Ces dernières montrent que le produit est conforme à cette norme sur ce critère.

5- Agents pathogènes

- Module d'analyses réalisées de type : amendement organique. Conformité par rapport à la norme 44 095 vis à vis des agents pathogènes (Salmonelles, Œufs d'Helminthes viables dans 1.5 g et Listéria) mais limite pour un des indicateurs de traitement (E Entérocoques) (non réalisé : Clostridium).
- Les 3 autres analyses dont nous disposons montrent une conformité vis à vis de cette norme

6- Caractérisation biochimique de la matière organique (XPU 44 162)

Tableau N°58

	Echantillon UD1	Echantillon SAUR
ISB	0,38	0,67
Indice de stabilité Tr/MB	120 kg/T	174 kg/T
Indice de stabilité Tr/Mo	37,6 %	52 %

- Commentaire SADEF : Produit **riche en matière minérale** présentant un potentiel d'humus stable plutôt élevé par rapport aux références de ce type de produit (cf : SADEF).
- Cette différence dans les résultats du fractionnement biochimique entre les 2 échantillons peut s'expliquer par la nature de la fraction carbonée apportée. En effet dans le cadre de ce dernier échantillon cette fraction était déjà plus ou moins compostée avant l'apport.
- La fraction LIC, de UD1 considérée comme représentant la fraction la plus stable de la MO du produit est de 23%.

7- Potentiel de minéralisation (XPU 44 163)

(Tableau des courbes voir p 98)

- **Minéralisation de l'azote** : En début d'incubation on observe une minéralisation nette assez rapide de l'azote jusqu'au 49^{ème} jour. Par la suite cette minéralisation nette décroît. L'azote libérée en fin d'incubation (immédiatement disponible 11 %, + disponible à moyen terme 13 %) ne représente que 24 % de l'N initialement présent dans le produit (28 % pour notre autre référence)
- **Minéralisation du carbone** : Elle est faible (9 % durant toute la phase d'incubation) (10 % pour notre autre référence)

Conformité par rapport aux normes de mise sur le marché

Ce produit est conforme à la norme NFU 44 095 pour l'ensemble des paramètres concernant le produit fini. Notons cependant que la teneur en phosphore (2,8%) est proche de la teneur maximale de 3%.

Dénomination : compost contenant des matières d'intérêt agronomique, issues du traitement des eaux

Le C/N est généralement < à 8. Il est donc du type II dans le cadre du classement de la directive nitrate.

C) Commentaires sur la valeur fertilisante et son usage agronomique

Ce produit est un amendement organique dont les intérêts premiers sont : l'apport à la fois des éléments fertilisants surtout en P_2O_5 mais aussi en K_2O et un peu en azote mais aussi de la matière organique.

Comparaison compost de MIATE et fumier de bovin

Tableau N°59

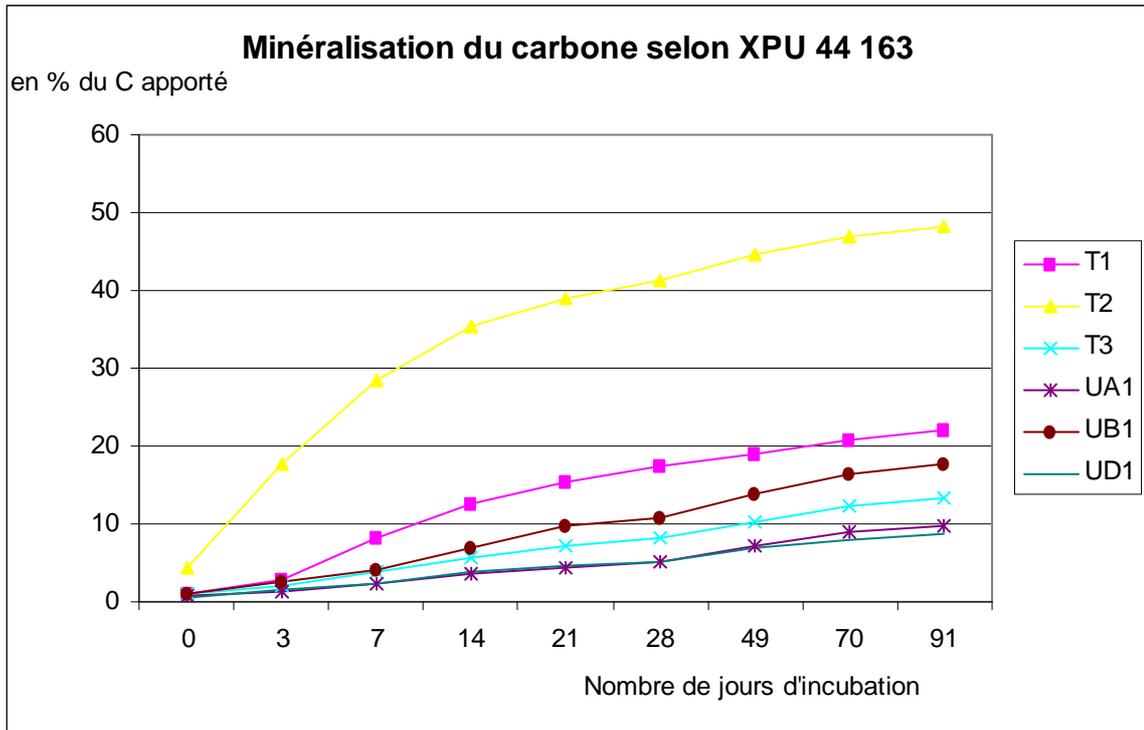
	Compost MIATE Dose : 10 T/ha	Fumier. de bovins Dose : 30 T/ha	Commentaires sur le compost de MIATE en comparaison au fumier de bovin
Matière organique Potentiel « d'humus stable » calculé au laboratoire (Tr/MO)	3 T/ha 1,3 T/ha	5 T/ha 2 T/ha	Le compost de MIATE a un effet « amendement » élevé, mais vu la dose utilisable son effet réel est plus faible que la référence de 30T de fumier de bovin.
Azote total	150* kg/ha	165 kg/ha	* N moyennement disponible : 20 à 40 kg efficace pour 10 T de MB ?
Phosphore	250 kg/ha	90 kg/ha	Dose trop élevées vis à vis des besoins des cultures. Le P_2O_5 est donc le facteur limitant des apports surtout en Bretagne où les teneurs des sols en cet élément sont déjà très élevées.
Potassium	140 kg/ha	285 kg/ha	Ce compost est riche en K_2O mais moins à dose agronomique que les 30T de fumier de bovin
Calcium	220 kg/ha	170 kg/ha	Apport de CaO non négligeable par le compost de MIATE
Magnésium	70 kg/ha	50 kg/ha	Apport de MgO non négligeable par le compost de MIATE
Soufre	90 kg/ha	65 Kg/ha	Apport de SO_3 important.

Le compost de MIATE . Données agronomiques complémentaires :

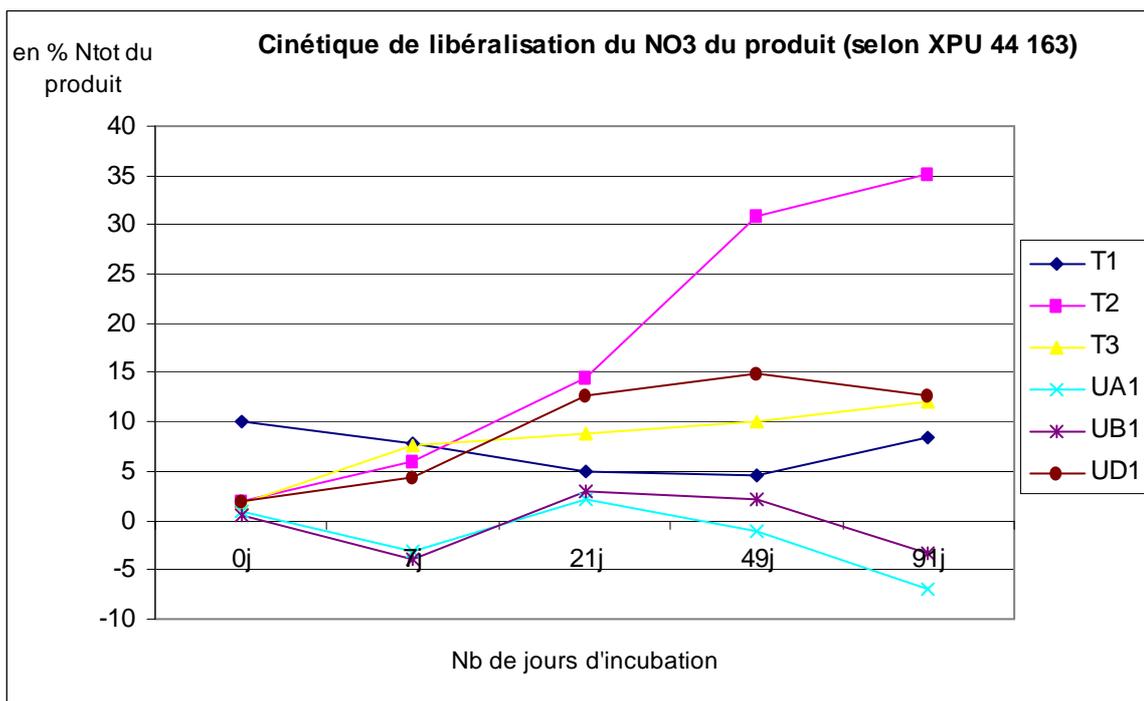
- **Le coefficient d'efficacité de l'azote** de ce produit est proche, pour cet échantillon, de l'autre référence dont nous disposons (28%),
Il est difficile de donner un coefficient d'équivalence engrais de l'N avec seulement deux références. A défaut nous pouvons avancer qu'il doit être au moins égal à un fumier de bovin. (PS : la remarque sur le biais des analyses selon le protocole XPU 44 163 (cf comp. de DV) s'applique à ce produit qui contient du DV).
- La minéralisation du carbone du produit est lente. Son fractionnement biochimique nous fait apparaître une fraction importante du carbone relativement dégradable (SOL) pour un amendement sans que cela apparaisse au niveau de la courbe de minéralisation du carbone. Ce produit est donc difficilement classable.
- Son action sur les propriétés physiques du sol devrait donc être due à l'effet mécanique de ses particules grossières et à des effets sur la flore et faune microbienne et la stabilité structurale.

- L'apport d'humus stable est faible à une dose agronomique de 10 T/ha tous les 3 ans (0.43 T/ha/an d'humus stable selon la norme XPU 44 162)
- L'apport en soufre à la dose de 10 T/ha est plus élevée que la référence (30 T de FB)
- Le principal facteur limitant l'utilisation de ce produit est le phosphore. Si on prend en compte cet élément la dose d'apport ne devrait pas aller au-delà de 3 à 4 T/ha/an (ou 7 T tous les 2 ans) ce qui limite fortement l'intérêt amendement du produit

Graphique N°8



Graphique N°9



III - Synthèse et conclusions de l'étude

Afin d'obtenir rapidement des informations agronomiques sur les nouveaux produits issus de process optimum de transformation de déjections animales ou de déchets « urbains », 42 produits ont été prélevés puis analysés de 2004 à début 2006.

Si le nombre d'échantillons prélevés permet, pour les fientes de volaille, les fientes de volailles avec litière et les issues de centrifugation. (mais aussi les produits urbains du fait des autres références disponibles) d'avoir des données relativement fiables, le peu d'échantillons et de références pour les autres produits étudiés, nous demandent de la prudence dans l'interprétation des résultats.

1 – Caractéristiques agronomiques

11 - Matière organique et valeur amendante des produits

Ces produits sont traditionnellement qualifiés d'organiques, de part leur origine, mais aussi parce qu'ils sont constitués en grande partie de matières organiques.

Pour certain et en particulier les produits volailles, le taux de MO / MS dépasse 60 à 70 %. Mais pour quelques produits ce taux est en dessous de 50%. C'est le cas pour plusieurs produits provenant du traitement du lisier de porc.

Cependant, **aux doses d'utilisations préconisées** retenues dans l'étude (voir tableau 60), les quantités de matière organique brute apportées, les quantités probables d'humus stable qui en résultent et les effets probables sur la vie microbienne du sol appréciés par les quantités de matières organiques rapidement dégradables varient dans un rapport de 1 à 10.

Traditionnellement la valeur amendante d'un produit est donnée par son K1(Hénin – Dupuis 1945). Cette dernière est une valeur obtenue au champ qui indique la capacité du produit à générer du carbone stable dans le sol (humus). Du fait des difficultés agronomiques pour obtenir cette mesure et du temps important nécessaire pour la réaliser (3 ans), ce K1 est de plus en plus remplacé par l'indice de stabilité biologique obtenu en laboratoire.

En se basant sur cette valeur de laboratoire, et **à dose agronomique conseillée**, les composts de litière de porcs élevés sur sciure et le compost de DV, apportent, le plus de MO stable (4 T/ha). A l'opposé, pour les fientes de volailles déshydratées et les issues de traitement du lisier de porc (sans ajout de matières carbonées) l'apport d'humus stable est très faible (0,4 t/ha). Pour les autres produits, l'apport s'échelonne de 1 t/ha pour les compost de litières (paille) de volailles jusqu'à 2 t/ha pour le fumier de bovins.

Mais si ce critère MO stable a son importance, il influe peu, voire même parfois négativement, sur le développement de la stabilité structurale des agrégats du sol, qui est liée à un développement de la vie biologique, elle-même favorisée par l'apport de matières organiques plus rapidement biodégradables. Tout en restant prudent sur la corrélation entre quantité de carbone minéralisée selon la XPU 44-163 et la stabilité structurale des agrégats, cette quantité de carbone minéralisée est un critère à prendre en compte (cf. thèse S. Abiven).

Au regard de ce dernier critère, les fumiers de bovin et de volaille qui sont des produits non compostés ressortent, ce qui, en terme d'effet sur la stabilité structurale, est cohérent (pour les fumiers de bovin) par rapport à la littérature. Mais on note que les composts de litière de volailles et le compost urbain mixte apportent aussi des quantités appréciables de MO rapidement dégradable. A l'opposé, les compost de MIATE, de DV+LP, de LP+paille apportent peu de MO rapidement dégradable (0,2 à 0,3 t/ha). Cette quantité n'est que de 0,1 t/ha pour les issues de centrifugation de lisier de porc, soit dix fois moins que pour un fumier de bovins.

Tableau N° 60

Produits	Dose agronomique conseillée	Apport total de MO, à cette dose agronomique	Apport de MO stable (humus) à cette dose agronomique	% de carbone minéralisé en 91 jours	Apport de MO rapidement dégradé dans le sol
Compost de DV	30 T/ha	8 T/ha	4 T/ha	10 %	Environ 0,8 T
Compost de litière (sciure) de porc	20T/ha	6,5 T/ha	4 T/ha	11 %	Environ 0,7 T
Fumier de bovin	30 T/ha	5 T/ha	2 T/ha	22 %	Environ 1,1 T
Compost urbain mixte	30 T/ha	6,5 T/ha	1,9 T/ha	20 %	Environ 1,3 T
Compost de fumier de bovin	25 T/ha	5 T /ha	1.75 T/ha	14 %	Environ 0,7 T
Compost de LP + DV	20T/ha	4 T/ha	1,7 T/ha	5 %	Environ 0,2 T
Compost de litière (copeau) de dinde	7 T/ha	3 T/ha	1,5 T/ha	30 %	Environ 0,9
Compost de MIATE	10 T/ha	3 T/ha	1,3 T/ha	10 %	Environ 0,3 T
Compost de litière (paille) de poulet	7 T/ha	3 T/ha	1 T/ha	40 %	Environ 1,2 T
Compost de LP + paille	20T/ha	2,6 T/ha	1 T/ha	12 %	Environ 0,3 T
Fumier de volaille	7 T/ha	3,5 T/ha	0,9 T/ha	48 %	Environ 1,6 T
Fientes de volailles déshydratées	4 T/ha	2,3 T/ha	0,4 T/ha	Abs de données	
Déshydraté de LP	4 T/ha	1,8 T/ha	Abs de données	Abs de données	
Issues de centrifugation de LP	4 T/ha	1 T/ha	0,35 T/ha	12 %	Environ 0,1 T

12 – Matière organique et phosphore

L'étude montre que pour beaucoup de ces produits, le phosphore constitue le facteur limitant pour un usage répété dans le temps. Le tableau 61 classe les produits en fonction des quantités de MO totale et de la MO stable apportées pour une dose de 70 kg de P₂O₅/ha. Cette dose de 70 Kg/ ha correspond à une moyenne annuelle des exportations en céréales et maïs.

Tableau n° 61 : quantités de MO totale et MO stable correspondant à un apport de 70 Kg de P₂O₅/ha

	MO totale t / ha		MO stable t / ha
Compost DV	5.3	Compost DV	2.7
Fumier bovins	3.9	Fumier bovins	1.6
Compost urbain mixte	3.0	Litière porc avec sciure	1.3
Compost DV + LP	2.2	Compost DV + LP	0.9
Litière porc avec sciure	2.1	Compost urbain mixte	0.9
Compost litière (copeau) dinde	1.5	Compost litière (copeau) dinde	0.7
Fumier volailles	1.4	Compost litière (paille) poulet	0.5
Fientes déshydratées	1.3	Fumier volailles	0.4
Compost litière (paille) poulet	1.3	Compost de Miate	0.4
Compost paille + LP	0.9	Compost paille + LP	0.4
Compost de Miate	0.8	Fientes déshydratées	0.2
Déshydraté de LP	0.8	Déshydraté de LP	abs
Issues centrifugation de LP	0.4	Issues centrifugation de LP	0.1

En haut du tableau figurent les produits ayant une forte « capacité » d'apport de MO stable, tels que le compost de DV et le fumier de bovin. A l'opposé en bas de tableau, on retrouve des produits de type engrais organique. On peut noter que le compost de lisier de porc avec paille ou le compost de MIATE qui se positionnent en amendements organiques (NFU 44051 ou NFU 44095) se retrouvent également dans cette catégorie de produits à faible « capacité » d'amendement organique du fait de leur teneur en P2O5.

En milieu de tableau se placent les produits intermédiaires ayant indéniablement des propriétés d'amendement organique, mais limité à l'usage par leur teneur en phosphore. C'est le cas des composts de litières de volaille, mais aussi du compost de déchets verts avec lisier de porc.

Quel est l'effet sur le sol d'apports d'engrais organiques (fientes, issues de traitement...) qui, du fait des faibles doses apportées, génèrent des flux organiques faibles ? Les références pour répondre à cette question sont peu nombreuses. Welte et Timmerman (1976) ont constaté, avec d'autres auteurs, que : « les apports importants d'engrais organiques activent la vie microbienne du sol et augmentent le taux de minéralisation de l'azote ».

Il manque actuellement d'indicateurs simples permettant de mesurer finement l'impact sur les caractéristiques biologiques des sols d'apports en petites quantités de MO.

13 - valeurs fertilisantes des produits

- **Azote**

Même si le manque de répétition pour certains produits et le biais expérimental de l'analyse XPU 44-163 nous incite à la prudence principalement pour les produits contenant du DV, nous avons pu confirmer ou approcher la disponibilité de l'azote par analogie avec des produits connus.

Tableau 62

Produits à effet azoté fort :

Nom produit	N immédiatement disponible	N disponible à moyen terme	N disponible à long terme
Fumier de dinde sur sciure composté	75%		25%
Fumier de volaille composté	50%		50%
Fiente de volaille	5%	50%	45%
Fumier de volaille	70% (Ziegler)	20% (Ziegler)	10% (Ziegler)

Produits à effet azoté moyen :

Nom produit	N immédiatement disponible	N disponible à moyen terme	N disponible à long terme
Fumier de bovin	10% (Ziegler)	25% (Ziegler)	65% (Ziegler)
Issues de centrifugation	8%	27%	65%
Fumier de bovin composté	17%	13%	70%
Compost de MIATE	12%	13%	75%
Compost de litière de porc sur sciure	20%	5%	75%
Compost de LP avec paille	7%	18%	75%
Déshydraté de LP	5%	15%	80%
Compost de LP avec DV	5%	15%	80%

Produits à effet azoté faible à nul :

Nom produit	N immédiatement disponible	N disponible à moyen terme	N disponible à long terme
Compost de DV	0 à 5 %		95 à 100%
Compost urbain	0 à 5 %		95 à 100%

N immédiatement disponible représente la fraction minéral du produit

N disponible à moyen terme représente la fraction l'azote organique minéralisable dans l'année

N disponible à long terme représente l' azote organique minéralisable les années suivantes.

L'azote efficace restera l'élément déterminant dans le choix de la dose et de l'époque d'apport dans tous les cas de figures.

• Phosphore

Il est, pour la plupart des produits, le facteur limitant d'utilisation dans le grand ouest de la France.

En effet les besoins des cultures, en terre normalement pourvue, peuvent être estimés à 60/80 kg /ha/an (30/40 kg/ha/an pour les cultures légumières).

Un bilan cultural est dit en équilibre quand le rapport pondéré des fertilisations – exportations des cultures de 4 années consécutives est compris entre 0 et +30 kg/ha.(COMIFER)

Hors à la dose C.E.P. conseillée, le flux de phosphore généré est souvent beaucoup plus élevé. Il importera de conseiller l'apport de la plupart de ces produits dans des sols peu pourvus ou (et) à des fréquences compatibles avec les besoins des cultures (tous les 2 à 3 ans ?).

Il est à noter que et la solubilité du P et les teneurs dans les produits dépendent en grande partie de l'aliment. Dans le cadre de la résorption l'aliment porc de type biphasé c'est généralisé. Il donne des déjections au phosphore plus soluble que celui de déjections issues d'aliment traditionnel

La solubilité au citrate du phosphore contenu dans les produits étudiés est généralement très élevée.(Issues de centrif., Compost de LP avec paille, Fumiers et fientes de volaille : plus de 90%) Les composts de DV avec LP, les litières bio maîtrisées, les composts de DV et urbain présentent une solubilisation plus faible (70 à 80%)

Par les analyses du phosphore soluble citrate neutre et eau, mais aussi à l'aide du test de croissance en pots nous avons pu approcher les CAU des produits (cf fiches).

Les dernières références de l'INRA montrent que le coefficient d'équivalence du phosphore est étroitement lié avec la quantité d'azote minéralisée au bout de 120 jours. Il semblerait aussi, selon les dernières recherches, que la disponibilité à long terme du phosphore des déjections animale est identique ou supérieur à celle des engrais minéraux solubles utilisés en référence.

• Potassium

L'exportation des cultures comme le blé (paille exportée) ou le maïs ensilage est de environ 130 kg/ha/culture. Ces exportations diminuent fortement en cas de maïs grain ou de paille laissée au champ (50 kg/ha/culture d'export).

Un bilan cultural est dit en équilibre quand le rapport pondéré des fertilisations – exportations des cultures de 4 années consécutives est compris entre 0 et 60 kg/ha.

Les apports de potassium des produits à la dose C.E.P. sont pour :

- Les issues de centrifugation. : 30 kg/ha
- Les fientes, fumier de volaille, compost. de MIATE : 110/140 kg/ha.
- Les composts. de fumier de volaille, les composts de LP avec paille ou DV, les composts. urbain et de DV et le lisier déshydraté : 170/240 kg/ha.
- Les fumiers de bovin, les composts. de fumier de bovin et de litière de porc sur copeaux : 280 à 300 kg/ha.

Nous avons observé que la « solubilité eau » du potassium, par rapport au potassium total contenu dans les produits étudiés, n'est pas toujours la même.

Elle peut varier de :

- 95 % pour le compost de LP avec paille,
- 75 % pour les issues de centrifugation. et les composts de fumier de volailles,
- 50 % pour les produits avec LP et DV ou copeaux mais aussi pour les composts. urbains,
- à 35 % pour le compost DV + MIATE et le déshydraté de LP.

Cette « solubilité eau » est une approche du potassium immédiatement disponible pour la culture.

• Soufre

Les besoins des cultures en soufre varient de 200 kg/ha pour les crucifères (colza, choux) à 50/100 kg/ha pour les céréales et le maïs, et à moins de 50 kg pour les autres cultures.

Le raisonnement de la fertilisation soufrée est à faire sur les mêmes bases que celui de la fertilisation azotée.

Les apports « cachés » de soufre par les engrais et les retombées atmosphériques sont de l'ordre de 20 kg/ha/an de SO₃.

La lixiviation des sulfates est directement liée à la pluviométrie et à la nature des sols.

La plupart des produits étudiés apporte à la dose agronomique conseillée 60 à 100 kg/ha de sulfate. Le compost de litière de porc sur sciure (mais le seul échantillon étudié est-il représentatif ?) apporterait environ 130 kg/ha.

• Les apports d'oligo-éléments.

Les apports d'oligo-éléments sont incontestablement une spécificité des engrais et amendements organiques.

Il importe de signaler qu'à dose agronomique, ces oligo-éléments sont particulièrement positifs pour les cultures, mais si l'apport devient trop important, ces oligo-éléments peuvent devenir des polluants qui s'accumulent dans le sol, pouvant aller jusqu'à des stérilisations. (cas du Cu principalement, voire du Zn).

Les conditions de bio disponibilité de ces oligo-éléments dans le sol sont complexes. La carence vraie existe rarement. Le manque d'oligo-éléments pour une culture est plus souvent le fruit d'un déséquilibre.

En cas de carence en culture, Mo, Mn et Fe seront apportés en applications foliaires sous forme de chélates. Le Cu, Zn, et B peuvent être apportés au sol en cas de carence vraie.

Le tableau en annexe donne le flux de ces oligo-éléments à dose agronomique conseillée. Mis à part pour les fientes de volailles, tous les produits étudiés (ceux provenant d'élevage comme ceux d'origine urbaine) présentent des flux assez importants en Cu et/ou en Zn à la dose agronomique retenue.

14 - Apport en CaO et MgO

La norme NFU 44-001 : « Amendements minéraux basiques », éditée en février 2001, précise que les produits souhaitant revendiquer un effet basique doivent rentrer dans certaines dénominations, et de plus, présenter au moins une valeur neutralisante de 15 % sur MB (valeur de CaO + 1,4MgO).

Aucun des produits étudiés n'atteint de telles teneurs, mais le flux de CaO et MgO pour certains peut être important et doit être mis en valeur. (composts urbains, fientes de volailles...)

Pour mémoire les pertes par lessivage et exportations des cultures sont estimées entre 300 et 700 kg/ha/an pour le CaO et entre 20 et 50 kg/ha/an pour le MgO.

Flux de CaO et MgO à dose agronomique

Tableau N°63

	Dose agronomique conseillée	Flux de CaO et MgO	Commentaires
Compost urbain issu tri mécanique	30 T/ha	CaO = 1 500 kg/ha MgO = 160 kg/ha	Apport dû aux coquillages présents dans les OM ?
Compost de DV	30 T/ha	CaO = 390 kg/ha MgO = 100 kg/ha	Produit riche en CaO et MgO
Fientes de volailles	4 T/ha	CaO = 320 kg/ha MgO = 40 kg/ha	Produit riche en CaO du fait de l'aliment poule pondeuse ?
Compost de LP + DV	20 T/ha	CaO = 320 kg/ha MgO = 90 kg/ha	Apport du CaO et MgO par le DV principalement ?
Compost de litière (sciure) de porc	20 T/ha	CaO = 290 kg/ha MgO = 90 kg/ha	
Compost de fumier de bovin	25 T/ha	CaO = 250 kg/ha MgO = 50 kg/ha	
Compost de litière (paille) de poulet	7 T/ha	CaO = 250 kg/ha MgO = 60 kg/ha	
Compost de LP + paille	20 T/ha	CaO = 240 kg/ha MgO = 90 kg/ha	Apport du CaO par la paille?
Compost de MIATE	10 T/ha	CaO = 220 kg/ha MgO = 70 kg/ha	
Fumier de volaille	7 T/ha	CaO = 200 kg/ha MgO = 40 kg/ha	
Issues de centrifugation de LP	4 T/ha	CaO = 190 kg/ha MgO = 100 kg/ha	Apport intéressant en MgO
Fumier de bovin	30 T/ha	CaO = 170 kg/ha MgO = 50 kg/ha	
Déshydraté de LP	4 T/ha	CaO = 160 kg/ha MgO = 80 kg/ha	
Compost de litière (co peau) de dinde	7 T/ha	CaO = 140 kg/ha MgO = 40 kg/ha	

Il importe de souligner que la présence de Ca et Mg dans un produit n'implique pas nécessairement un pouvoir neutralisant de ce produit.

On peut supposer que le carbonate de calcium rajouté dans certaines rations et qui a un effet neutralisant élevé doit, à même dose de CaO, donner à priori des produits à effet neutralisant plus élevé qu'un compost de déchets verts par exemple. Mais cela n'a pas été mesuré dans cette étude.

Plus généralement donc, quelles sont les valeurs neutralisantes de ces produits (selon la NFU 44-173) ?

Du fait de l'absence de réponse à ces interrogations, ces données relatives entre produits doivent être manipulées avec beaucoup de précaution. Pour mesurer l'efficacité réelle de ces éléments calcique et magnésien, il importe de disposer du résultat d'autres analyses.

2 – Positionnement par rapport aux normes de mise sur le marché

Les domaines d'application des normes de mise sur le marché conduisent, en fonction des critères et spécifications imposées, à classer les produits dans la famille des « amendements organiques » (normes NFU 44051 voir NFU 44095) ou des « engrais organiques » (NF U 42001).

Le tableau 64 résume le positionnement des produits étudiés par rapport à ces normes et indique s'ils répondent aux critères exigés ou non

Tableau 64

	Référence à la norme la plus adaptée	Conformité acquise à cette norme	Critères à améliorer	Commentaires
Engrais NFU 42 001 tenant compte du projet de modification en cours au 1/12/06				
Fientes de volailles déshydratées	NFU 42-001	Oui		La révision de la norme impose un taux de MS > 75%
Déshydraté de LP	NFU 42-001	Oui		Produit nouveau, un seul échantillon étudié.
Issus de centrifugation de LP	NFU 42-001	Quelque échantillons sont non conformes	Teneur en N	Une élévation du taux de MS permettrait aux produits non conforme de rentrer dans la norme
Compost de litière (paille) de poulet	NFU 42-001	Quelque échantillons sont non conformes	Teneur en MS Teneur en N, P et K	Les produits à faible taux de MS sont justes en teneur en N+P+K,
Produit limite de norme Engrais / Amendement				
Compost de litière (copeau) de dinde	NFU 42-001 NFU 44-051	Limite engrais amendements	Teneur en MS et Teneur en N, P, K si choix engrais	Choix à faire par le producteur entre engrais ou amendement
Amendement organique NFU 44 051 norme validé AFNOR non passée d'application obligatoire à ce jour				
Compost de LP + DV	NFU 44-051	Des références conformes mais pas toutes	Teneur en MO parfois un peu faible	Teneur en MS du produit à améliorer Présence parfois d'ETM
Compost de DV	NFU 44-051	Oui	Teneur en MO parfois un peu faible	
Compost urbain mixte	NFU 44-051	Oui	Teneur en MO parfois un peu faible	Attention à la teneur en inertes totaux !
Fumier de bovin composté	NFU 44-051	Non pour cet échantillon.	Teneur en MS, MO et Pathogènes	Le taux de 30% de MS n'est pas toujours atteint.
Compost de litière (sciure) de porc	NFU 44-051	Oui	Teneurs en Cu et Zn	Réduction possible de Cu et Zn par la voie alimentaire
Compost de LP + paille	NFU 44-051	Non	Teneur en MS Teneur en MO Teneur en Zn Pathogènes	Vu sa faible teneur en MS (20 %) ce produit ne rentre pas à ce jour dans la norme. Les autres références disponibles vont également dans ce sens.
Composts contenant des matières d'intérêt agronomique, issues du traitement de l'eau : NFU 44 095				
Compost de MIATE	NFU 44-095	Oui		

Les produits satisfont généralement les critères imposés par les normes, mais certains ne sont pas toujours ou pas du tout conformes à l'une ou l'autre de ces normes.

Du fait principalement de leur forte teneur en eau, les composts de fumier de bovin (une seule référence dans le cadre de cette étude mais d'autres vont dans le même sens) et de lisier de porc avec paille ne satisfont pas aux exigences de la norme NFU 44051 révisée qui impose un minimum de 30% de MS. Pour y prétendre, les techniques de compostage devront être sensiblement modifiées afin d'obtenir au final un produit plus sec.

Les teneurs en Cu et Zn devraient baisser dans l'aliment et permettre ainsi au compost de litière (sciure) de porc ou compost de lisier de porc avec paille de passer sous le seuil des critères ETM de la norme amendement organique.

Pour les issues de centrifugations de lisier de porc, et les composts à base de litière (à base de paille) de volailles, une bonne partie des échantillons étudiés satisfait les critères du projet de révision de la norme NFU 42001. Mais certains sont encore trop humides et donc trop peu

concentrés en éléments fertilisants pour être qualifiés d'engrais. Dans ce cas également, un travail sur l'amélioration du taux de MS du produit final est nécessaire. Pour les issues de centrifugation, une attention particulière devra être portée sur la teneur en azote. Cet élément tend en effet à diminuer en cours de compostage et il n'est pas toujours évident de satisfaire le minimum de 1,5% sur MB.

Au vu de ce travail, il importe donc de poursuivre l'exploration, soit de nouveaux procédés de transformation et de traitement, soit d'optimiser les procédés actuellement utilisés afin avec de répondre aux exigences des normes révisées.

3 – Conclusion

Cette étude de caractérisation a porté sur 15 produits fertilisants organiques : 12 produits à base de déjections animales mais aussi 3 produits d'origine urbaine. Elle s'est basée sur les résultats analytiques de 42 échantillons de produits et plus de 1800 analyses et tests.

Il en ressort principalement que :

- Ces produits présentent des caractéristiques très différentes, variant dans une plage de 1 à 10 en terme de composition et de teneur en éléments fertilisants.
- Leurs comportements agronomiques, en terme d'apport et d'évolution de la matière organique (effet amendement organique) ainsi qu'en terme de disponibilité à court et moyen terme de l'azote, sont également très contrastés.
- L'élément phosphore constitue pour beaucoup de produits le facteur limitant d'apport sur du long terme, dans le cadre d'une fertilisation équilibrée

Au vu de ces résultats, le positionnement des produits aux regard des normes de commercialisation a été examiné.

- Les issues de centrifugation du lisier de porc et les fumiers de volaille avec litière de paille sont des produits que l'on peut classer en engrais organique sans hésitation, au même titre que les fientes sèches de volailles et le déshydraté de lisier de porc.
- Les composts de lisier de porc sur paille ou déchets verts, et les litières bio maîtrisées sont, comme le compost de fumier de bovin, des produits à classer comme amendement organique.
- Deux produits sont à la frontière entre les classes « engrais organiques » et « amendement organiques » : le compost de fiente de dinde avec litière de copeau, et l'issue de centrifugation de lisier compostée avec du déchet vert. Pour ces deux produits un choix stratégique doit être fait. Le procédé de fabrication doit être adapté pour les positionner clairement dans l'une ou l'autre catégorie. C'est indispensable afin que ces produits trouvent une place sur le marché.

Des données sur l'innocuité, principalement micro biologiques, et ETM permettent de voir dans quelle mesure ces produits pourraient être, ou non, conformes à des normes existantes (NFU 44051, NFU 44095) ou correspondre aux critères demandés dans les dossiers d'homologation, ou être conforme au règlement CE n° 1774 /2002 (si les sous produits issus de déjections animales sont considérés à terme comme des produits transformés au sens de ce règlement) ou si l'hypothèse d'appliquer ce type de critère d'innocuité était envisagée dans le cadre de la révision de la norme NFU 42 001.

Il importe de poursuivre ce travail de référence et de suivi des procédés de fabrication sur les produits qui ne satisfont pas aux exigences de la réglementation, normalisation ou homologation actuelle ou à venir.

Cette nouvelle action est déjà engagée. Une étude est en cours (2006-2008). Elle a pour objet : L'évaluation et l'adaptation des procédés de fabrication des produits organiques issus d'effluents d'élevage au regard des exigences de mise sur le marché à venir

Enfin, les résultats de cette étude de caractérisation seront utilisés pour améliorer le positionnement et la mise en marché des produits organiques issus d'élevage. Il est notamment prévu d'établir des fiches produits destinées à mieux informer et conseiller les utilisateurs.